

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

FARKLI YÖNTEMLER KULLANILARAK KARABUĞDAY ÇAYININ
ÜRETİMİ, FİZİKOKİMYASAL, DUYUSAL VE ANTİOKSİDAN
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS

Uğur ÜLKER

TEMMUZ-2024
GÜMÜŞHANE



T.C.

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**FARKLI YÖNTEMLER KULLANILARAK KARABUĞDAY ÇAYININ
ÜRETİMİ, FİZİKOKİMYASAL, DUYUSAL VE ANTİOKSİDAN
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**PRODUCTION OF BUCKWHEAT TEA USING DIFFERENT METHODS,
INVESTIGATION OF PHYSICOCHEMICAL, SENSORY AND ANTIOXIDANT
PROPERTIES**

YÜKSEK LİSANS

Uğur ÜLKER

TEMMUZ-2024

GÜMÜŞHANE



T.C.

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**FARKLI YÖNTEMLER KULLANILARAK KARABUĞDAY ÇAYININ
ÜRETİMİ, FİZİKOKİMYASAL, DUYUSAL VE ANTİOKSİDAN
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**PRODUCTION OF BUCKWHEAT TEA USING DIFFERENT METHODS,
INVESTIGATION OF PHYSICOCHEMICAL, SENSORY AND ANTIOXIDANT
PROPERTIES**

YÜKSEK LİSANS

Uğur ÜLKER

Danışman: Prof. Dr. Cemalettin BALTACI

**TEMMUZ-2024
GÜMÜŞHANE**

KABUL VE ONAY



BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlamış olduğum “**Farklı Yöntemler Kullanılarak Karabuğday Çayının Üretimi, Fizikokimyasal, Duyusal ve Antioksidan Özelliklerinin İncelenmesi**” isimli bu tezimin, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, alıntı yaptığım tüm çalışmaları kaynakçada belirttiğimi ve Gümüşhane Üniversitesi’nin lisanslı kullanıcısı olduğu intihal yazılım programı ile Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlediği kıstaslara uygun olarak raporladığımı taahhüt ederim. Tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivinde saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

18/07/2024

.....

Uğur ÜLKER

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmamın planlanmasında, yürütülmesinde ve sonuçların değerlendirilmesinde yardımlarını, anlayış ve ilgisini hiçbir zaman esirgemeyen, sabrı, tecrübesi ve desteğiyle her zaman yanımda olan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Cemalettin BALTACI 'ya katkılarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca hayatım boyunca varlıkları bana güven veren, üzerimde sonsuz emekleri olan ailemin her bir üyesine de teşekkürlerimi sunarım.

Uğur ÜLKER
GÜMÜŞHANE-2024

ÖZET

Ülkemizde karabuğday tarımı yeni yeni yapılmaya başlamıştır. Karabuğday çayının üretimini yapmak, referans sağlamak ve tüketiciye bazı yararlı bilgiler vermek amacıyla farklı yöntemler kullanılarak, kavurma, basınçlı buhar işlemi kullanılarak üretimi yapılmıştır. Bu çalışmada, üretilen karabuğday çayının çeşitli fiziksel, kimyasal ve duyuşsal değişimlerinin tamamının karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Değerlendirdiğimiz parametreler ile hem üreticinin hem de tüketicinin faydalanabileceği bilgiler ortaya çıkmıştır. Ayrıca ülkemizde araştırılmamış bir konu olması sebebiyle literatüre fayda sağlaması amaçlanmıştır.

İki farklı yöntemle ürettiğimiz karabuğday çayı örneklerine rutubet, su ekstraktı, kül, suda çözünen ve çözünmeyen kül, suda çözünen külde alkalilik, selüloz, toplam fenolik kapasite (TAK), toplam flavanoid kapasite (TFLK) ve toplam antioksidan kapasite (TAK), DPPH serbest radikal temizleme aktivitesi, FRAP toplam demir indirgeme antioksidan kapasite, ABTS radikal katyonu süpürücü etki ve fenolik bileşiklerin LC-MS/MS analizleri uygulanmıştır.

KB11, KB12 ve KB13 örneklerinin nem %0.42 ile %5.84, su ekstraktı %5.91 ile %11.46, suda çözünmeyen kül %41.85 ile %52.65 ve ABTS değerleri diğer örneklerle göre daha yüksek çıkarken toplam kül, ham selüloz, %10 HCl'de çözünmeyen kül, TFLK, TAK ve FRAP analiz sonuçları düşük çıkmıştır. En yüksek nem oranı ve su ekstraktı oranı KB13 örneğinde çıkmıştır. KB2, KB5, KB6, KB10 ve KB12 örneklerinde toplam kül, suda çözünmeyen kül, alkalilik, TFK, TFLK, TAK analiz sonuçları yüksek çıkmıştır. KB1, KB5, KB9 ve KB10 numaralı örneklerde alkalilik, DPPH, % DPPH inhibisyon, ABTS ve % ABTS analiz sonuçları diğer örneklerle göre daha yüksektir. Karabuğday kabuğu çayı üretim prosesine uygulanan bazı faktörlerin analiz sonuçlarını etkileyebileceğini görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bitki çayı, Karabuğday, Karabuğday çayı, Rutin, Antioksidan

SUMMARY

Buckwheat farming has just started to be practiced in our country. In order to produce buckwheat tea, to provide reference and to give some useful information to the consumer, it has been produced using different methods, roasting and pressurized steam process. In this study, a comparative evaluation of all the various physical, chemical and sensory changes of produced buckwheat tea was made. With the parameters we evaluated, information that both the producer and the consumer can benefit from has emerged. In addition, it is aimed to benefit the literature since it is a subject that has not been researched in our country.

Moisture, water extract, ash, water-soluble and insoluble ash, alkalinity in water-soluble ash, cellulose, total phenolic capacity (TAK), total flavonoid capacity (TFLK) and total antioxidant capacity (TAK), DPPH release were analyzed in the buckwheat tea samples produced by two different methods. Radical scavenging activity, FRAP total iron reduction antioxidant capacity, ABTS radical cation scavenging effect and LC-MS/MS analyzes of phenolic compounds were applied.

Moisture values of KB11, KB12 and KB13 samples are 0.42% to 5.84%, water extract is 5.91% to 11.46%, water insoluble ash is 41.85% to 52.65% and ABTS values are higher than other samples, while total ash, crude fiber, insoluble in 10% HCl Ash, TFLK, TAK and FRAP analysis results were low. The highest moisture content and water extract rate were found in the KB13 sample. Total ash, water insoluble ash, alkalinity, TFK, TFLK, TAK analysis results were high in KB2, KB5, KB6, KB10 and KB12 samples. In samples numbered KB1, KB5, KB9 and KB10, alkalinity, DPPH, % DPPH inhibition, ABTS and % ABTS analysis results are higher than other samples. It has been observed that some factors applied to the buckwheat husk tea production process may affect the analysis results.

Key Words: Herbal tea, Buckwheat, Buckwheat tea, Routine, Antioxidant

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	III
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI.....	IV
TEŞEKKÜR.....	V
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
TABLOLAR DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
EKLER DİZİNİ.....	XIII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	3
1.3. Çalışmanın Kapsamı	3
2. MATERYAL VE METOT.....	4
2.1. Cihazlar	4
2.2. Deneysel Çalışmada Kullanılmış Olan Kimyasallar	4
2.3. Çözeltilerin Hazırlanması	4
2.4. Karabuğday Çayı Üretimi.....	4
2.4.1. Kavurma Yöntemiyle Çay Eldesi.....	5
2.4.2. Basınçlı Buhar Isıtmalı İşlem ile Çay eldesi	5
2.5. Üretilen Karabuğday Çayında Yapılacak Fiziksel, Kimyasal ve Fonksiyonel Analiz Çalışmaları.....	5
2.5.1. Rutubet Tayini.....	5
2.5.2. Su Ekstraktı Tayini.....	6
2.5.3. Kül Tayini	7
2.5.4. Suda Çözünen ve Suda Çözünmeyen Kül Tayini	7
2.5.5. Asitte Çözünmeyen Kül Tayini.....	8
2.5.6. Suda Çözünen Külde Alkalilik	9
2.5.7. Ham Selüloz Tayini	10
2.5.8. Toplam Fenolik, Flavanoid ve Antioksidan Kapasite Tayini	11

2.5.8.1. Toplam Antioksidan Kapasite (TAK) Tayini	11
2.5.8.2. Toplam Fenolik Kapasite Tayini.....	12
2.5.8.3. DPPH Serbest Radikal Temizleme Aktivitesi Tayini	12
2.5.8.4. FRAP Toplam Demir İndirgeme Antioksidan Kapasitesi Tayini	13
2.5.8.5. Toplam Flavonoid Madde İçeriği	14
2.5.8.6. ABTS Radikal Katyonu Süpürücü Etki Tayini	15
2.6. Fenolik Bileşiklerin LC-MS/MS Analizleri	15
2.7. Duyusal Analiz.....	19
2.8. İstatiksel Analiz.....	21
3. BULGULAR ve TARTIŞMA	22
3.1. Nem Oranı ve Kuru Madde Analiz Sonuçları.....	22
3.2. Toplam Kül Analiz Sonuçları	26
3.3. Suda Çözünen Kül Analiz Sonuçları	27
3.4. Suda Çözünmeyen Kül Analiz Sonuçları.....	28
3.5. Su Ekstraktı Analiz Sonuçları	29
3.6. Ham Selüloz Analiz Sonuçları	30
3.7. Alkalilik Analiz Sonuçları	32
3.8. %10 Hidroklorik Asitte Çözünmeyen Kül Analiz Sonuçları.....	34
3.9. Antioksidan ve Biyoaktif Bileşenlere Ait Bulgular	35
3.9.1. Toplam Fenolik Kapasite (TFK) Analiz Sonuçları.....	35
3.9.2. Toplam Flavonoid Kapasite (TFLK) Analiz Sonuçları.....	38
3.9.3. Toplam Antioksidan Kapasite (TAK) Analiz Sonuçları.....	39
3.9.4. DPPH Kapasite Analiz Sonuçları	41
3.9.5. ABTS Kapasite Analiz Sonuçları	43
3.9.6. FRAP Kapasite Analiz Sonuçları.....	45
3.10. Fenolik Bileşikleri LC-MS/MS Analiz Sonuçları.....	46
3.11. Fiziksel, Kimyasal ve Antioksidan Sonuçların PCA Analizi	53
3.12. Duyusal Analizler.....	56
4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	59
KAYNAKÇA	60
EKLER	69
ÖZGEÇMİŞ	70

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Örneklere ait üretim yöntemi ve kodlamaları	4
Tablo 2. LC-MS/MS yöntemine ait analitik yöntem doğrulama parametreleri	17
Tablo 3. Duyusal analiz puanlama tablosu	20
Tablo 4. Örneklere ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları	24
Tablo 5. Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarına korelasyonlar	25
Tablo 6. Antioksidan analiz sonuçları	36
Tablo 7. Fenolik bileşikler LC-MS/MS analiz sonuçları (µg/mL)	49
Tablo 8. PCA yükleme ve skor tablosu	55
Tablo 9. Karabuğday çayı duyusal analizler tablosu	56

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Çayların rutubet analizi.....	5
Şekil 2. Çayların su ekstraktı analizi.....	6
Şekil 3. Çayların kül analizi.....	7
Şekil 4. Çayların suda çözünen ve suda çözünmeyen kül tayini.....	8
Şekil 5. Çayların asitte çözünmeyen kül tayini.....	8
Şekil 6. Çayların Suda Çözünen Külde Alkalilik tayini	9
Şekil 7. Çayların selüloz tayini	10
Şekil 8. Toplam antioksidan kapasite analizi kalibrasyon grafiği.....	11
Şekil 9. Toplam fenolik kapasite analizi kalibrasyon grafiği.....	12
Şekil 10. DPPH kapasite analizi kalibrasyon grafiği	13
Şekil 11. FRAP kapasite analizi kalibrasyon grafiği	14
Şekil 12. Toplam flavonoid kapasite analizi kalibrasyon grafiği.....	14
Şekil 13. ABTS kapasite analizi kalibrasyon grafiği	15
Şekil 14. Karabuğday çaylarının duyu analizinden bir görünüm	19
Şekil 15. Nem analizlerine ait sütun grafiği.....	22
Şekil 16. Kuru madde analizlerine ait sütun grafiği.....	23
Şekil 17. Toplam kül analizlerine ait sütun grafiği	26
Şekil 18. Suda çözünen kül analizlerine ait sütun grafiği	27
Şekil 19. Suda çözünmeyen kül analizlerine ait sütun grafiği	28
Şekil 20. Su ekstraktı analizlerine ait sütun grafiği.....	29
Şekil 21. Ham selüloz analizlerine ait sütun grafiği	31
Şekil 22. Alkalilik analizlerine ait sütun grafiği	33
Şekil 23. %10 Hidroklorik asitte çözünmeyen kül analizlerine ait sütun grafiği.....	34
Şekil 24. Toplam fenolik kapasite analizi sütun grafiği.....	36
Şekil 25. Toplam flavonoid kapasite analizi sütun grafiği.....	38
Şekil 26. Toplam antioksidan kapasite analizi sütun grafiği	39
Şekil 27. DPPH kapasite analizi sütun grafiği	41
Şekil 28. % DPPH kapasite analizi sütun grafiği.....	42
Şekil 29. ABTS kapasite analizi sütun grafiği	43
Şekil 30. % ABTS kapasite analizi sütun grafiği.....	44
Şekil 31. FRAP kapasite analizi sütun grafiği	45
Şekil 32. LC-MS/MS kromatogramı.....	52

Şekil 33. PCA analiz grafiği	53
------------------------------------	----



EKLER DİZİNİ

Ek 1. LC-MS/MS cihazından 56 adet bileşğin kromatogramı.....	69
--	----



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
µL	: Mikrolitre
µmol	: Mikromol
AA	: Askorbik asit
ABTS	: 2,2'-Azino-bis (3-etilbenzotiyazolin- 6-sülfonat)
atm	: Atmosferik basınç
dk	: Dakika
DPPH	: 2,2 diphenyl 1-picpylhrazyl
DW	: Kuru ağırlık (dry weight)
FeSO ₄	: Demir sülfat
FRAP	: Demir indirgeyici antioksidan güç
g	: Gram
GA	: Gallik asit
H ₂ SO ₄	: Sülfürik asit
HCl	: Hidroklorik asit
HPLC	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
KBÇ	: Karabuğday çayı
kg	: Kilogram
KM	: Kuru madde
LC	: Sıvı kromatografisi (Liquid chromatography)
LC-MS/MS	: Tandem kütle spektrometrisi ile sıvı kromatografisi
M	: Molarite
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mM	: Milimolar
MS	: Kütle spektrometresi (Mass spectrometry)
N	: Normalite
Na ₂ CO ₃	: Sodyum karbonat
nm	: Nanometre
NMR	: Nükleer manyetik rezonans
PCA	: Temel bileşenler analizi (Principal component analysis)

pH	: Hidrojenin gücü (power of hydrogen)
QE	: Quercetin eşdeğeri
TAK	: Toplam antioksidan kapasite
TBÇ	: Tatar karabuğday çayı
TE	: Troloks eşdeğeri
TFK	: Toplam fenolik kapasite
TFLK	: Toplam flavanoid kapasite
TS	: Türk standardı
TSE	: Türk standartları enstitüsü
UHPLC	: Ultra yüksek performanslı sıvı kromatografisi
UV	: Ultraviyole
vd	: Ve diğerleri

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Karabuğday, Polygonaceae familyasının tek veya çok yıllık iki çenekli, hızlı büyüme, kısa büyüme döngüsüne sahip ve geniş alanlarda yetiştirilebilirliği olan bir bitkidir (Huda vd., 2021). Karabuğday, 2000 yıldan fazla bir süre boyunca yetiştirilmektedir. Başlıca türleri Karabuğday (*Fagopyrum esculentum Moench.*) ve Tatar karabuğday (*Fagopyrum tataricum Gaertn.*) dır (Zhang vd., 2021). Son yıllarda tüketiciler tarafından ilgi görmesi ve giderek artan talep neticesinde, karabuğday ürünlerinin geliştirilmesine büyük çaba sarf edilmektedir. Çay, ekmek, kraker, erişte, şarap, sos ve sirke gibi pek çok yeni karabuğday ürünü her yıl piyasaya çıkmaktadır. Bu ürünler arasında tatar karabuğday çayı, Çin, Japonya, Güney Kore ve Avrupa ülkelerinde en popüler karabuğday ürünlerinden birisidir (Huang vd., 2013). Karabuğdayın besinsel ve fonksiyonel bileşenleri mükemmel bir şekilde içermesi gıda ve tıp alanlarındaki talebi etkilemektedir. Karabuğday proteini, iyi dengelenmiş amino asitleri ve hipolipidemik aktivitesi nedeniyle birçok tahıl tanesinden üstündür (Pomeranz ve Robbins 1972; Kato vd., 2000).

Karabuğday sadece besleyici bileşenleri (nişasta, protein, diyet lifi, mineraller gibi) değil aynı zamanda birçok aktif maddeyi de (rutin ve kuersetin gibi) de içermektedir (Bai vd., 2015; Huda vd., 2021). Tatar karabuğday çayı flavonoidler, vitaminler, amino asitler ve polifenoller, selenyum, çinko ve diğer temel besinler açısından zengindir ve kan şekerinin yanı sıra kan basıncını ve kolesterol seviyelerini düşürmeye yardımcı olabilmektedir (Zhao 2010). Tatar karabuğday tanesi, özellikle rutin ve kuersetin-3-O-rutinosid olmak üzere belirgin şekilde yüksek seviyelerde biyoaktif bileşenler içeren benzersiz bir kimyasal profile sahiptir. Rutinin antioksidatif (Jiang vd., 2007; Lee vd., 2016), anti-hipertansif (Matsubara vd., 1985) ve α -glukozidaz inhibitör aktivitelerine (Li vd., 2009) sahip olduğu bilinmektedir. Karabuğdaydaki flavonoidler, hipokolesterolemik, hipoglisemik ve antibakteriyel etkiler gibi önemli sağlık yararları göstermiştir (Oomah ve Mazza 1996; Wang vd., 2013; Gimenez-Bastida ve Zieliński 2015). Karabuğdaydaki protein ve esansiyel amino asit seviyeleri pirinç, mısır, buğday veya sorgumdan daha yüksektir (Pomeranz ve Robbins 1972; Wei vd., 2003). Tatar karabuğday tohumlarındaki rutin içeriği, sıradan karabuğday tohumlarınınkinden yaklaşık 100 kat daha fazladır (Morishita vd., 2007). Öte yandan karabuğday ve ürünlerinin kimyasal bileşimi farklı

işleme yöntemlerinden etkilenmektedir (Dietrych-Szostak ve Oleszek 1999; Vogrincic vd., 2010).

Besleyici ve aktif bileşenlerin yüksek içeriği, karabuğdayın beslenmeyi sağlıklı bütünleştiren bir gıda maddesi olduğu anlamına gelmektedir (Giménez-Bastida ve Zieliński, 2015; Zhu, 2016). Karabuğday, nutriolojik ve farmakolojik olarak oldukça değerli bir gıdadır (Christa ve Soral-Smietana, 2008). Ayrıca karabuğday antioksidan, antitümör aktiviteye sahiptir (Zhao vd., 2012; Guo vd., 2007).

Araştırmalar, karabuğday ve ürünlerinin diyabet, hiperlipidemi ve koroner kalp hastalığı üzerinde belirli yardımcı tedavi etkileri ile serbest radikalleri temizleyebildiğini, yaşlanmayı geciktirebildiğini ve insan bağışıklığını artırabildiğini ortaya koymuştur (Peng vd., 2019; Yao vd., 2020).

Karabuğday yaygın olarak dünyanın dört bir yanında yiyecek ve içecek olarak kullanılmaktadır. Her yıl çay, şarap, kraker, sos, erişte, sirke ve kapsül gibi birçok yeni karabuğday ürünü tanıtılmaktadır. Bu ürünler arasında tatar karabuğday çayı, Çin, Japonya, Güney Kore ve Avrupa ülkelerinde en popüler karabuğday ürünlerinden birisidir. Tatar karabuğday çayı (TBC), eşsiz lezzeti ve sağlık yararları nedeniyle giderek daha popüler hale gelmektedir. İki çeşit TBC örneği, tam tahıllı çay ve bütün bitki çayı biçiminde türleri Çin marketlerinde satılmaktadır. Hammadde farkına göre, karabuğday çayı esas olarak karabuğday kepekli çay, karabuğday bütün bitki çayı ve karabuğday bütün embriyo çayını içerir. Karabuğday çayı karabuğday kepeğinden yapılır; bütün bitki çayının malzemesi esas olarak karabuğday kepeği, un, çiçek ve kökü içerir. Rutin ve kuersetin, karabuğday çayında bulunan 2 ana flavonoid bileşenidir. Karabuğdayda flavonoidler, fenolik bileşikler, fagopirinler, D-fagomin ve D-chiro-inositol gibi çok sayıda sağlıklı madde bulunabilir (Ikeda, 2002; Amézqueta vd., 2013; Yang ve Ren, 2008). Daha önceki yapılan çalışmalara göre tatar karabuğdayı ve ürünlerinin eser miktarda emodin içerdiği keşfedilmişti (Peng vd. 2013). Bu bileşenlerin kan basıncına ve kan şekerinin düzenlenmesine yardımcı olduğu gözlemlenmiştir. Karabuğday ayrıca antikanser ve antioksidan özelliklere de sahiptir. Karabuğday ürünlerinin geliştirilmesi, son zamanlarda müşterilerin karabuğdayın faydalarının daha fazla farkına varmasıyla büyük ilgi görüyor (Lin vd., 2008; Yao vd., 2008).

Erişte, ekmek, krep, sirke ve çay dahil pek çok yemek karabuğdaydan yapılmaktadır. Tatar karabuğday çayı, eşsiz aroması, faydalı etkileri ve rahatlatıcı etkisi bulunmaktadır. Bunlar arasında belirgin malt aroması, sağlık açısından faydaları ve kullanım kolaylığı ile karabuğday çayı (KBC) Asya ve Avrupa'da popülerlik

kazanmaktadır. Yüzlerce KBÇ ürünü geleneksel ve çevrimiçi mağazalarda satışa sunulmaktadır (Qin vd., 2013).

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada, farklı biçimde üretilen karabuğday çayının çeşitli fiziksel, kimyasal, duyuşal ve fonksiyonel değışimlerinin karşılaştırmalı olarak değlendirilmesi amaçlanmıştır. Değlendirdiğimiz parametreler ile hem üreticiye hem de tüketiciye faydalı bilgiler sunmak amaçlanmıştır. Ayrıca araştırılmamış bir konu olması sebebiyle literatüre fayda sağlaması amaçlanmıştır. Özellikle sağlık açısından faydalı bir ürün olan karabuğday çayının tercihinin ve üretiminin artırılması amaçlanmıştır.

1.3. Çalışmanın Kapsamı

Karabuğday çayı, Uzakdoğu ve Avrupa ülkelerinde en popüler karabuğday ürünlerinden birisidir. Karabuğday çayının kimyasal bileşimi farklı işleme yöntemlerine göre değışmektedir. Ülkemizde karabuğday tarımı yeni yeni yapılmaya başlamıştır. Bu nedenle de rutin, kuarsetin içeriğı, antioksidan aktivite ve aroma bileşiklerinin zenginliğı nedeniyle karabuğday çayının üretimini yapmak, referans sağlamak ve tüketiciye bazı yararlı bilgiler vermek amacıyla farklı yöntemler kullanılarak, kavurma ve basınçlı buhar işlemleri kullanılarak üretilecektir. Bu çalışmada üretilen karabuğday çaylarında rutin, su ekstraktı, nem, kül, ham selüloz ve duyuşal analizleri ile fenolik kapasite, flavonoid ve antioksidan analizleri yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Cihazlar

Yapmış olduğum çalışmada analiz aşamasında kullanılan cihazlar her analizde belirtilmiştir.

2.2. Deneysel Çalışmada Kullanılmış Olan Kimyasallar

Araştırmanın deneysel çalışma kısmında kullandığım kimyasal madde ve çözeltiler analitik saflıktadır. Bu kimyasalları Merck ve Sigma firmaları üretmiştir.

2.3. Çözeltilerin Hazırlanması

Bu çalışmada kullanılan çözeltiler TS 545'e göre hazırlanmıştır (TS 545, 2020).

2.4. Karabuğday Çayı Üretimi

Üretim amacıyla kullanılan olan karabuğday (*Fagopyrum esculentum moench*) kabuğu Tam Tarım İşletmesi Esentepe Mah. Kaplan Sok, 29602 Öbektaş/Kelkit/Gümüşhane tedarik edildi. Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölüm Laboratuvarında gerçekleştirildi. Tez çalışmasında üretilen karabuğday çayları kavurma ve basınçlı buhar yöntemi uygulanarak gerçekleştirildi. Kontrol örneği olarak kullanılan KB1 kodlu örneğe herhangi bir muamele yapılmamıştır.

Tablo 1. Örneklere ait üretim yöntemi ve kodlamaları

Karabuğday Çayı Üretimi				
Numune No	Kodu	Süre (Dakika)	Sıcaklık	Yöntem
1	KB1	-	-	Kontrol örneği
2	KB2	30	80 °C	Kavurma Yöntemi
3	KB3	60		
4	KB4	90		
5	KB5	30	100 °C	
6	KB6	60		
7	KB7	90		
8	KB8	30	120 °C	Basınçlı Buhar Yöntemi
9	KB9	60		
10	KB10	90		
11	KB11	30	1.2 atm 121 °C	
12	KB12	60		
13	KB13	90		

2.4.1. Kavurma Yöntemiyle Çay Eldesi

Nemlendirilmiş yüz gram karabuğday kabuğu, bir miktar nemlendirilerek kavurma fırınına yerleştirildi. Sırasıyla 80°C, 100°C ve 120°C'de 30 dakika, 60 dakika ve 90 dakika kavruldu. Bu yöntemde ± 0.1 °C hassasiyetli doğal hava sirkülasyonlu Etüv cihazı (Samheung Energy, Sejong, Korea) kullanıldı.

2.4.2. Basınçlı Buhar Isıtmalı İşlem ile Çay eldesi

Yüz gram karabuğday kabuğu 600 mL'lik beher içine konulduktan sonra üzeri alüminyum folyo ile kapatıldı. 1.2 atm ve 121°C'de 30 dakika, 60 dakika ve 90 dakika tutuldu. Bu yöntemde elektrikli buhar basınçlı sterilizatör (otoklav) cihazı (All American Steam Sterilizer, Model 25X, Maintowoc, USA) kullanıldı.

2.5. Üretilen Karabuğday Çayında Yapılacak Fiziksel, Kimyasal ve Fonksiyonel Analiz Çalışmaları

2.5.1. Rutubet Tayini

Çay örneklerinde rutubet tayini, örneklerin $103 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de sabit tartıma ulaşınca kadar kurutma dolabında kurutulmasıyla belirlendi. Bu amaçla öğütülen örneklerden kuru madde kaplarına 5 ± 0.0001 g tartıldı ve 103 ± 2 °C sıcaklıkta 6 saat süreyle kurutma dolabında kurutuldu (Samheung Energy, Sejong, Korea) (Şekil 1). Isıtma işlemi sabit tartım elde edilinceye kadar devam etti ve kurutma işleminden sonra desikatörde soğutulan örnekler tartılarak ağırlık kaybı esasına göre rutubet miktarı % olarak (Eşitlik 1) belirlendi (TSE, 1990a).



Şekil 1. Çayların rutubet analizi

$$\%Rutubet=(m_0-m_1)\times\frac{100}{m_0}$$

Eşitlik 1

m_0 = Deney numunesi

m_1 = Kurutulmuş deney numunesi

2.5.2. Su Ekstraktı Tayini

500 mL'lik bir kaynatma kabına 2 g çay numunesi ± 0.0001 g hassasiyetle tartıldı. Daha sonra 200 mL sıcak damıtılmış su ilave edildi ve karışımın geri akışta bir saat kaynamaya bırakıldı (Simsek Laborteknik, Ankara Turkey) (Şekil 2). Karışım henüz sıcakken vakum altında süzüldükten sonra balon sıcak distile su ile yıkanarak çözünmeyen tüm kalıntılar kroze aktarıldı. Son olarak, kalıntıyı yıkamak için 200 mililitre sıcak, damıtılmış su kullanıldı ve bunu kurutmak için vakum kullanıldı.



Şekil 2. Çayların su ekstraktı analizi

Kurutma odasında 103°C 'de 16 saat kurutulduktan sonra kroze ve içeriği desikatörde soğutularak 0.0001 g hassasiyetle tartıldı. Tartım miktarları su ekstraktı miktarlarını hesaplamak için (Eşitlik 2) kullanıldı (TSE, 1997).

$$\frac{(m_0 \times w) - (m_1 \times 100)}{m_0 \times w} \times 100$$

Eşitlik 2

m_0 = Alınan numune kütlesi, g

m_1 = Kurutulmuş çözünmeyen kısım (kalıntı), g

w= Numunenin kütlege yüzde olarak ifade ettiği kuru madde muhtevası

2.5.3. Kül Tayini

Metodun prensibi, çay numunelerindeki suyun uçurulması ve organik unsurların 525±25  C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar yakılarak tamamen uzaklaştırılmasıyla elde edilen kalıntı miktarının belirlenmesidir. Kül tayininde, porselen krozelere 5±0.001 g hassasiyetle tartılan örnekleri kül fırınında 1 saat süre ile 525±25  C’de yakıldı (Thermnevo, Nevola, Ankara, Turkey) ( ekil 3). Desikatör içerisinde soğumaya bırakılan numuneler daha sonra 30 dakika süre ile tekrar yakıldı .



Şekil 3. ayların kül analizi

Sabit tartıma gelinceye kadar (iki tartım arasındaki fark 0.001 g) organik maddeler yakıldı. Böylelikle örneklerdeki toplam kül miktarı kuru maddede yüzde (%) olarak hesaplandı (Eşitlik 3, 4, 5 ve 6) (TSE, 1990b).

$$\text{Toplam Kül (\%)} = 100 \times \frac{\text{Külün ağırlığı}}{\text{Kurumadde}} \quad \text{Eşitlik 3}$$

$$\text{Külün Ağırlığı} = (\text{Kroze Darası} + \text{Numune}) - \text{Kroze Darası} \quad \text{Eşitlik 4}$$

$$\text{Kurumadde} = \text{Başlangıç Numunesinin Ağırlığı} \times \% \text{Kurumadde} \quad \text{Eşitlik 5}$$

$$\text{Kurumadde(\%)} = 100 - \text{Rutubet} \quad \text{Eşitlik 6}$$

2.5.4. Suda     nen ve Suda     nmeyen Kül Tayini

Suda     nen ve     nmeyen k l tayinleri TS 1565’e göre 525±25  C’de yakılarak elde edilen toplam külün sıcak su ile ekstrakte edilmesi, külsüz filtre kağıdından süzülmesi, yakılması ve     nmeyen kül tayini için kalıntının tartılması ve aradaki farktan da     nen külün hesaplanması (Eşitlik 7 ve 8) prensibine göre belirlenmiştir ( ekil 4) (TSE, 1990c).



Şekil 4. Çayların suda çözünen ve suda çözünmeyen kül tayini

$$\text{Suda Çözünen Kül (\% KM)} = (m_1 - m_2) \times \frac{100}{m_0} \times \frac{100}{\text{KM}}$$

Eşitlik 7

$$\text{Suda Çözünmeyen Kül (\% KM)} = m_2 \times \frac{100}{m_0} \times \frac{100}{\text{KM}}$$

Eşitlik 8

m_0 = Numune miktarı (g)

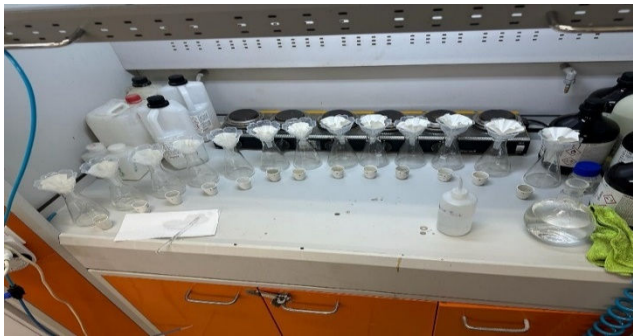
m_1 = Toplam kül (g)

m_2 = Suda çözünmeyen kül (g)

KM = Kurutulmuş numunenin ağırlıkça % kuru maddesi

2.5.5. Asitte Çözünmeyen Kül Tayini

Porselen krozedeki toplam külün üzerine 25 mL HCl çözeltisi ilave edilerek, hafif alev üzerinde 10 dakika süre ile kaynatıldı. Soğuduktan sonra kroze içeriği süzgeç kâğıdından süzüldü (Şekil 5). Kroze ve süzgeç kâğıdı sıcak damıtık su ile yıkandıktan sonra süzgeç kâğıdı içindekilerle birlikte kroze konularak hot plate üzerinde bir süre ısıtılarak suyu uçurulmuştur.



Şekil 5. Çayların asitte çözünmeyen kül tayini

Kalıntı 525 °C'deki kül fırınında 60 dakika süre ile yakıldı. Daha sonra kroze desikatörde soğutulularak, hassas terazide tartılarak asitte çözünmeyen kül miktarı kuru madde esasına göre kütlece % olarak (Eşitlik 9) bulundu (TSE, 2001).

$$\text{Asitte Çözünmeyen Kül (\%)} = m_3 \times \frac{100}{m_3} \times \frac{100}{K} \quad \text{Eşitlik 9}$$

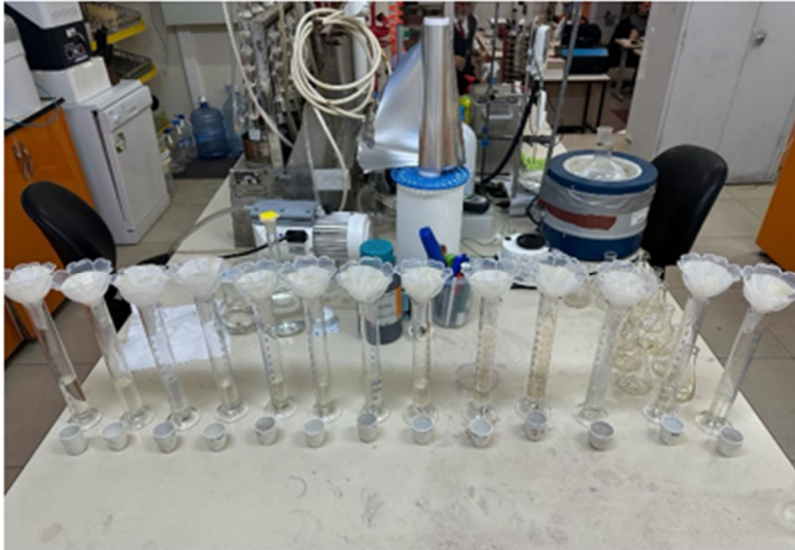
m_0 = Toplam küldde kullanılan öğütülmüş numuneden alınan deney numunesi ağırlığı (g)

m_3 = Asitte çözünmeyen külün ağırlığı, g

K = Öğütülmüş numunenin ağırlığa göre yüzde kuru madde miktarı

2.5.6. Suda Çözünen Külde Alkalilik

Suda çözünebilen külün alkalinitesi TS 1567 kullanılarak değerlendirilmiştir (TSE, 1990d). Suda çözünür külün belirlenmesinden elde edilen filtratın ayarlanmış hidroklorik asit çözeltisi ile titre edilmesi için metiloranj göstergesinin kullanılması, yöntemin prensibidir. Soğutulduktan sonra, suda çözünür kül belirleme işleminden elde edilen süzüntüden 60 mililitre çıkarıldı ve karışımı, hafif pembeye dönene kadar 0.1 N HCl çözeltisi ile titre etmek için metiloranj gösterge kullanıldı (Şekil 6) (TSE, 1990d).



Şekil 6. Çayların Suda Çözünen Külde Alkalilik tayini

Suda çözünen külün alkaliliği (A_1) 100 g öğütülmüş numune (kuru madde esasından) için miliekiveler olarak şu formülle hesaplandı:

$$A_1 = \frac{V}{10} \times \frac{100}{m_0} \times \frac{100}{KM}$$

Eşitlik 10

$$A_2 = \frac{56 \times V}{10000} \times \frac{100}{m_0} \times \frac{100}{KM}$$

Eşitlik 11

A_1 = Suda çözünen külün alkaliliği

A_2 = Kuru madde esasından suda çözünen külün alkaliliği

V = Kullanılan 0.1 N HCl çözeltisinin hacmi, (mL)

m_0 = Toplam kül tayini için kullanılan öğütülmüş deney numunesinin ağırlığı, (g)

K = Öğütülmüş numunenin ağırlık olarak kuru madde miktarı (%)

2.5.7. Ham Selüloz Tayini

Yöntemin temel ilkesi, numuneleri öğütme işlemi ve yağın uzaklaştırılmasından sonra standart derişimdeki bir sülfürik asit çözeltisinde kaynatmak, çözünmeyen kalıntıyı ayırmak ve yıkamak ve daha sonra bu kalıntıyı standart konsantrasyondaki bir sodyum hidroksit çözeltisinde kaynatmak, ayırmak, yıkamak, kurutarak tartmak ve yanmadan kaynaklanan kütle kaybını hesaplamaktır.

Her 2 g'lık numune, 500 mL'lik balonlara 0.0001 g'a kadar hassas bir şekilde tartıldı ve 200 mL 0.255 N sülfürik asit çözeltisi ilave edildi. Numuneler daha sonra 30 dakika süreyle kaynatıldı. Kaynaması bittikten sonra huniden süzüldü ve balonda kalan kısımlar kaynar su ile yıkanarak tekrar süzüldü. 200 mL 0.313 N sodyum hidroksit çözeltisi ilave edildikten sonra karışım 30 dakika tekrar kaynatıldı. Karışımların süzülmesi (Şekil 7) ve yıkanmasının ardından, ilk ve son tartım arasındaki ağırlık farkının 0.001 gramı geçmeyecek şekilde kalıntı ve kroze 103°C'ye ayarlanmış fırında tutuldu.



Şekil 7. Çayların selüloz tayini

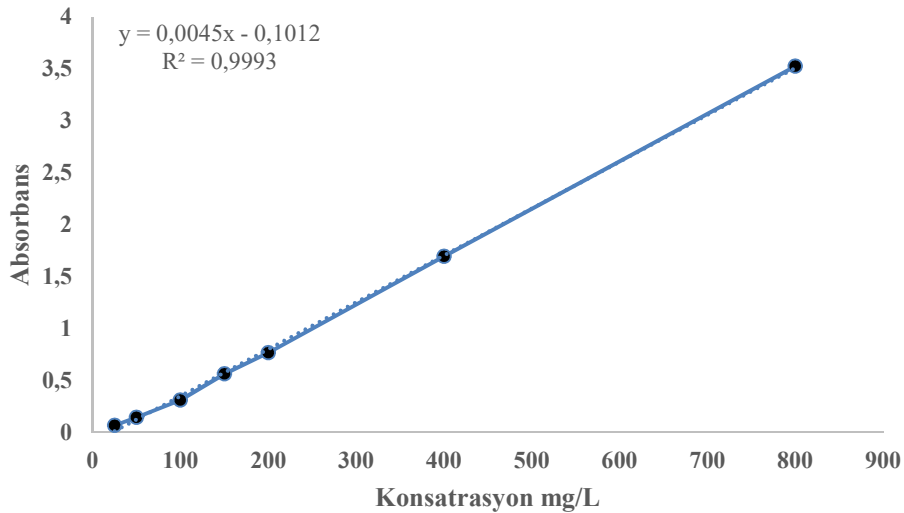
Daha sonra kroze ve kalıntı, sıcaklığı 550 °C'ye ayarlanabilen kül fırınında en az 1 saat süreyle bekletildi. Ardından desikatörde soğutuldu ve 0.001 g hassasiyetle tartıldı. Ham lif içeriği kütle esasına göre yüzde (%) olarak hesaplandı (TSE, 2003).

2.5.8. Toplam Fenolik, Flavanoid ve Antioksidan Kapasite Tayini

Fonksiyonel analizlerde Shimadzu UV 1800 (Shimadzu, Japan) marka spektrofotometre kullanıldı. Çay örnekleri Shimadzu ATX224R serisi terazi kullanılarak 10.0 g tartıldı. Tartılan örneklerin üzerine 25 mL %20'lik metanol çözeltisi eklenerek ultrasonik banyoda 30 dakika bekletildi. Çözeltiler filtreden (0.45 mikron) geçirildi.

2.5.8.1. Toplam Antioksidan Kapasite (TAK) Tayini

Toplam antioksidan kapasite çözeltisi: $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4 \text{ H}_2\text{O}$ bileşiği 25 mL metanole 1.6 mL H_2SO_4 eklendikten sonra 50 mL'ye konularak üzerine 28 mM (0.2295 g) amonyum molibdat ($\text{H}_24\text{Mo}_7\text{N}_6\text{O}_{24} \cdot 4 \text{ H}_2\text{O}$) ve 4 mM (0.2472 g) monobazik sodyumfosfat ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) ilave edilerek ultrasonik banyoda çözüldü ve hacmi metanol ile 50 mL'ye tamamlandı. Numuneden 500 μL alınarak üzerine saf su (2500 μL) eklendi. Karışıma 1000 μL molybdate TAK çözeltisi eklendi. Karışım 10 dakika vorteksledikten sonra su banyosunda 90 dakika süreyle 95°C'de ağzı kapalı biçimde inkübasyona bırakıldı. Ardından karışım su altında soğutuldu. Şekil 8'de TAK analizi kalibrasyon grafiği verilmiştir.

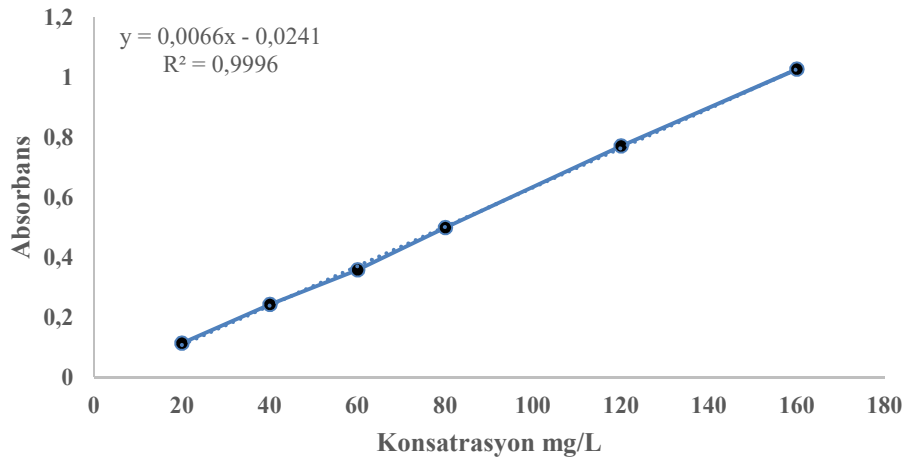


Şekil 8. Toplam antioksidan kapasite analizi kalibrasyon grafiği

Ardından, 500 µL saf su kör analiz için örnek yerine kullanıldı. Son olarak elde edilen karışımların absorbansı 695 nm spektrofotometre cihazında okundu (Kasangana vd., 2015). TAK analiz sonuçları mg AA Eşdeğeri/100 g olarak verildi.

2.5.8.2. Toplam Fenolik Kapasite Tayini

İlk olarak numuneden 300 µL alınıp ve üzerine 3.4 mL saf su eklendi. Ardından karışıma 500 µL metanol ve 200 µL folin-ciocalteu's reaktifi eklendi. Karışım vortekslenip oda koşullarında 10 dakika boyunca inkübasyona bırakıldıktan sonra 600 µL %10'luk Na₂CO₃ çözeltisi üzerine eklendi. Şekil 9'da TFK analizi kalibrasyon grafiği verilmiştir.



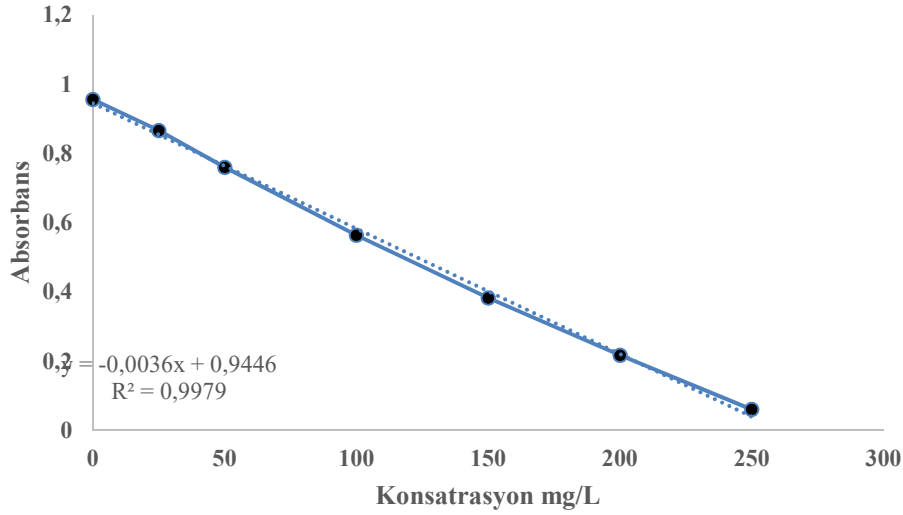
Şekil 9. Toplam fenolik kapasite analizi kalibrasyon grafiği

Son olarak, karışımlar oda sıcaklığında 120 dakika inkübe edilmeden önce karışım bir kez daha vortekslendi ve karışımın 760 nm'deki absorbansı ölçüldü. Kör oluşturmak için 500 µL metanol, 100 µL folin-ciocalteu'us reaktifini, 600 µL Na₂CO₃ kombinasyonunu ve 3.7 mL su karıştırıldı. Numunelerdeki fenolik bileşik miktarları; toplam fenolik mg GA Eşdeğeri/100g olarak gallik asidin (20, 40, 60, 80, 120, 160 ve 250 µg/mL) çözeltisiyle elde edilen kalibrasyon grafiğinin doğru denklemi kullanılarak hesaplandı (Kasangana vd., 2015).

2.5.8.3. DPPH Serbest Radikal Temizleme Aktivitesi Tayini

Ana stok DPPH (10 mM) reaktifinin hazırlanması: Reaktif hazırlamada 10 mL metanol içinde 39.5 mg DPPH (2,2 diphenyl 1-picpylhrazyl) çözüldü. DPPH çalışma çözeltisinin hazırlanması: İlk olarak, ana stok çözeltisinden 2.5 mL alınıp metanol ile 250 mL'ye tamamlandı. Bu karışımın absorbansı 517 nm'de okunarak absorbansı 0.980±0.02

değere ayarlandı. Ardından 100 µL karabuğday çayı ekstraktı alınarak 3000 µL DPPH çalışma çözeltisi eklendi. Karışım vortekslenip 30 dakika süresince beklenildi. Oluşan bu çözelti daha sonra 517 nm’de spektrofotometre absorbansı okuması yapıldı. Şekil 10’da DPPH kapasite analizi kalibrasyon grafiği verilmiştir.

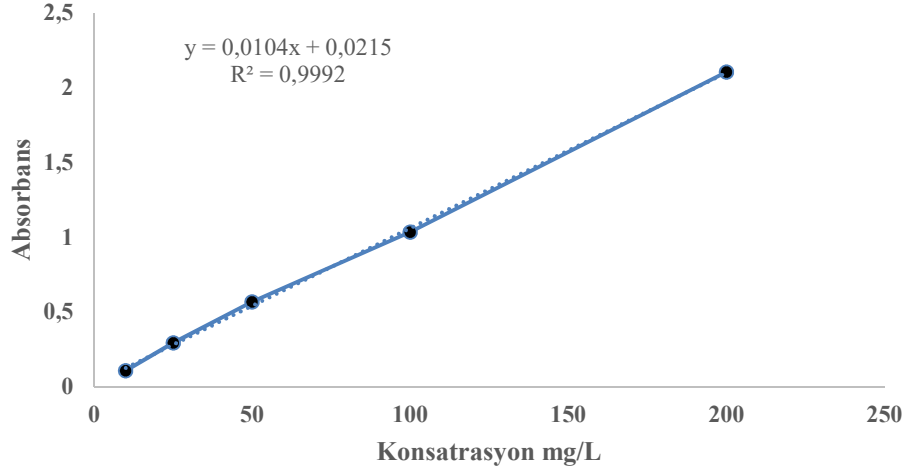


Şekil 10. DPPH kapasite analizi kalibrasyon grafiği

100 µL metanol kör olarak kullanıldı. Standartlardan (askorbik asit ve troloks) 100 µL alınıp aynı işlemler tekrarlandı (Ahmed vd., 2015). Sonuçlar mg AA eşdeğeri/100 g olarak ayrı ayrı verilmiştir.

2.5.8.4. FRAP Toplam Demir İndirgeme Antioksidan Kapasitesi Tayini

İlk olarak, 250 µL karabuğday çayı alınıp 2750 µL FRAP çözeltisi eklendi. Karışım vortekslenip 30 dakika boyunca bekletildi. Bu deneyde kör olarak 250 µL saf su kullanılmıştır. Aynı işlemler standartlar için tekrar edildi. FRAP madde miktarları; FeSO₄ (25, 50, 100, 200 ve 400 µg/mL) çözeltisi ile elde edilen kalibrasyon grafiğinin doğru denklemi kullanılarak toplam demir indirgeme antioksidan kapasitesi mg FeSO₄ Eşdeğeri/100 g olarak verilmiştir (Ahmed vd., 2015). Şekil 11’de FRAP kapasite analizi kalibrasyon grafiği verilmiştir.

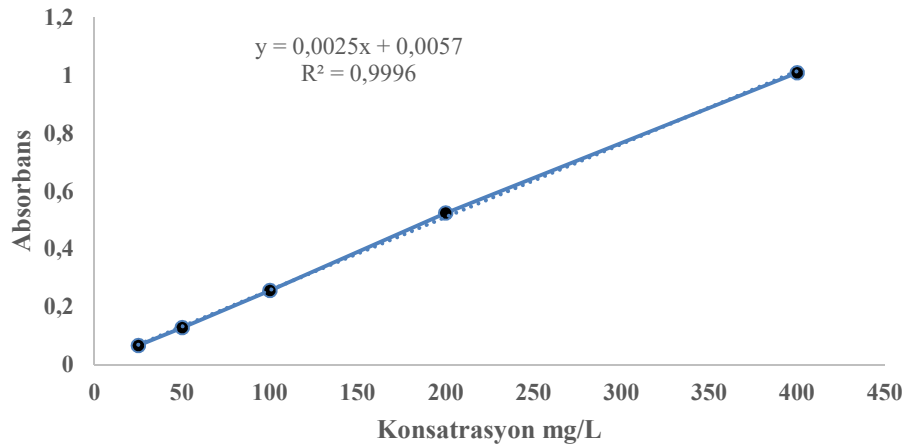


Şekil 11. FRAP kapasite analizi kalibrasyon grafiği

2.5.8.5. Toplam Flavonoid Madde İçeriği

500 µL karabuğday çayı numunesi alınarak 3200 µL metanol (%30 v/v) eklendi. Karışımı vortekslendikten sonra, 150 µL 0.5 M sodyum Nitrit çözeltisi ve 150 µL 0.3 M alüminyum klorür çözeltisi ilave edildi. 5 dakika bekledikten sonra 1 mililitre 1 M NaOH çözeltisi ilave edildi. Karışım bir kez daha vortekslendi ve 506 nm'de absorbans okuması spektrofotometre kullanılarak kaydedilmeden önce 10 dk beklemeye bırakıldı. 500 µL saf su, kör olarak kullanıldı. Standartlardan 500 µL alınıp aynı adımlar tekrarlandı.

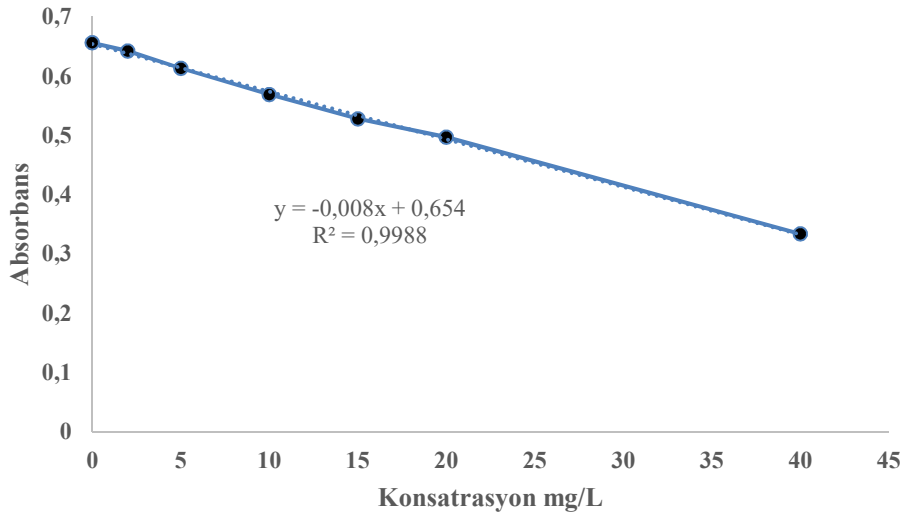
Toplam flavonoid madde miktarları; kuersetin (etanolda çözüldü) (25, 50, 100, 200, ve 400 µg/mL) çözeltisi ile elde edilen kalibrasyon grafiğinin doğru denklemi kullanılarak toplam flavonoid mg kuersetin eşdeğeri (QE)/100 g olarak verilmiştir (Kasangana vd., 2015). Şekil 12'de TFLK analizi kalibrasyon grafiği verilmiştir.



Şekil 12. Toplam flavonoid kapasite analizi kalibrasyon grafiği

2.5.8.6. ABTS Radikal Katyonu Süpürücü Etki Tayini

Ana stok ABTS çözeltisi reaktifinin hazırlanması: 10 mL saf su içinde 0.0134 g ve potasyumpersulfat 0.0384 mg ABTS çözüldü. Oluşan çözeltiden 10 mL 100 mL'lik balon jojede saf su ile sulandırıldı (1:9 v/v). Çözeltinin kararlı hale gelmesi için çözelti 12 saat boyunca karanlıkta saklandı.



Şekil 13. ABTS kapasite analizi kalibrasyon grafiği

ABTS Çalışma Çözeltisinin Hazırlanması: İlk adımda ana stok çözeltisinden 1mL alındı ve 60 mL metanol ile seyreltilti. Çözeltinin absorbansı 734 nm de okunarak absorbansı 0.706 ± 0.001 değere ayarlandı. 150 µL karabuğday çayı numunesinden alınıp 2850 µL ABTS çalışma çözeltisi ilave edildi. Karışım vortekslenip 10 dk boyunca karanlıkta bekletildi. Oluşan çözelti sonra 734 nm'de spektrofotometrede absorbansı okundu. Kör olarak 150 µL metanol kullanılmıştır. Standartlardan (askorbik asit ve troloks) 150 µL alınıp aynı işlemler tekrarlandı (Ahmed vd., 2015; Yılmaz vd., 2023). Sonuçlar mg AA ve troloks mg/100 g olarak ayrı ayrı verilmiştir. Şekil 13'de ABTS kapasite analizi kalibrasyon grafiği verilmiştir.

2.6. Fenolik Bileşiklerin LC-MS/MS Analizleri

LC-MS/MS deneyleri Dicle Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirildi. 53 adet fitokimyasalın miktarını belirlemek için tandem kütle spektrometresine bağlanan bir Shimadzu-Nexera modeli ultra yüksek performanslı sıvı kromatografisi (UHPLC) (Shimadzu, Japonya) kullanıldı. Ters fazlı Agilent Poroshell 120 EC-C18 model analitik kolon üzerinde kromatografik ayırma gerçekleştirildi. Kolon

sıcaklığı 40 °C'ye ayarlandı. Elüsyon gradyanı, elüent A (su + 5 mM amonyum format + %0,1 formik asit) ve elüent B'yi (metanol + 5 mM amonyum format + %0,1 formik asit) içermektedir. %20–100 B (0–25 dakika), %100 B (25–35 dakika) ve %20 B (35–45 dakika). Çözücü akış hızı ve enjeksiyon hacmi sırasıyla 0.5 mL/dk ve 5 µL'ye ayarlandı. Kütle spektrometrik tespiti, hem negatif hem de pozitif iyonizasyon modlarında çalışan bir elektrosprey iyonizasyon (ESI) kaynağı ile donatılmış bir Shimadzu LCMS-8040 model tandem kütle spektrometresi kullanılarak gerçekleştirildi. LC-ESI-MS/MS verileri LabSolutions yazılımı (Shimadzu) kullanılarak elde edildi ve işlendi. Fitokimyasalların miktarının belirlenmesi için çoklu reaksiyon izleme (MRM) modu kullanıldı (Perwez vd., 2017). MS çalışma koşulları şu şekilde uygulandı: kurutma gazı (N₂) akışı, 15 L/dk; nebulizasyon gazı (N₂) akışı, 3 L/dk; DL sıcaklığı, 250°C; ısı bloğu sıcaklığı, 400°C; ve arayüz sıcaklığı, 350°C. Yönteme ait validasyon parametreleri Tablo 2'de verilmiştir. LC-MS/MS cihazında 56 adet bileşiğin kromatogramı Ek 1 'de verilmiştir.

Tablo 2. LC-MS/MS yöntemine ait analitik yöntem doğrulama parametreleri

Numara	Analizler	RT ^a	M.I. (m/z) ^b	F.I. (m/z) ^c	İyon. modu	Eşitlik	r^{2d}	RSD% ^e Günlerarası	Gün içi	Doğrusallık Aralığı (mg/L)	LOD/LOQ (µg/L) ^f	İyileştirme (%)		U ^g	Gr. No ^h
1	Kinik asit	3.0	190.8	93.0	Neg	$y = -0.0129989 + 2.97989 \times$	0.996	0.69	0.51	0.1-5	25.7/33.3	1.0011	1.0083	0.0372	1
2	Fumarik asit	3.9	115.2	40.9	Neg	$y = -0.0817862 + 1.03467 \times$	0.995	1.05	1.02	1-50	135.7/167.9	0.9963	1.0016	0.0091	1
3	Akonitik asit	4.0	172.8	129.0	Neg	$y = -0.7014530 + 32.9994 \times$	0.971	2.07	0.93	0.1-5	16.4/31.4	0.9968	1.0068	0.0247	1
4	Gallik asit	4.4	168.8	79.0	Neg	$y = 0.0547697 + 20.8152 \times$	0.999	1.60	0.81	0.1-5	13.2/17.0	1.0010	0.9947	0.0112	1
5	Epigallokateşin	6.7	304.8	219.0	Neg	$y = -0.00494986 + 0.0483704 \times$	0.998	1.22	0.73	1-50	237.5/265.9	0.9969	1.0040	0.0184	3
6	Protokatekuik asit	6.8	152.8	108.0	Neg	$y = 0.211373 + 12.8622 \times$	0.957	1.43	0.76	0.1-5	21.9/38.6	0.9972	1.0055	0.0350	1
7	Kateşin	7.4	288.8	203.1	Neg	$y = -0.00370053 + 0.431369 \times$	0.999	2.14	1.08	0.2-10	55.0/78.0	1.0024	1.0045	0.0221	3
8	Gentisik asit	8.3	152.8	109.0	Neg	$y = -0.0238983 + 12.1494 \times$	0.997	1.81	1.22	0.1-5	18.5/28.2	0.9963	1.0077	0.0167	1
9	Klorojenik asit	8.4	353.0	85.0	Neg	$y = 0.289983 + 36.3926 \times$	0.995	2.15	1.52	0.1-5	13.1/17.6	1.0000	1.0023	0.0213	1
10	Protokatekuik aldehit	8.5	137.2	92.0	Neg	$y = 0.257085 + 25.4657 \times$	0.996	2.08	0.57	0.1-5	15.4/22.2	1.0002	0.9988	0.0396	1
11	Tanik asit	9.2	182.8	78.0	Neg	$y = 0.0126307 + 26.9263 \times$	0.999	2.40	1.16	0.05-2.5	15.3/22.7	0.9970	0.9950	0.0190	1
12	Epigallokatekin galat	9.4	457.0	305.1	Neg	$y = -0.0380744 + 1.61233 \times$	0.999	1.30	0.63	0.2-10	61.0/86.0	0.9981	1.0079	0.0147	3
13	1,5-dikaffeoilkinik asit	9.8	515.0	191.0	Neg	$y = -0.0164044 + 16.6535 \times$	0.999	2.42	1.48	0.1-5	5.8/9.4	0.9983	0.9997	0.0306	1
14	4-OH Benzoik asit	10.5	137.2	65.0	Neg	$y = -0.0240747 + 5.06492 \times$	0.999	1.24	0.97	0.2-10	68.4/88.1	1.0032	1.0068	0.0237	1
15	Epikateşin	11.6	289.0	203.0	Neg	$y = -0.0172078 + 0.0833424 \times$	0.996	1.47	0.62	1-50	139.6/161.6	1.0013	1.0012	0.0221	3
16	Vanilik asit	11.8	166.8	108.0	Neg	$y = -0.0480183 + 0.779564 \times$	0.999	1.92	0.76	1-50	141.9/164.9	1.0022	0.9998	0.0145	1
17	Kafeik asit	12.1	179.0	134.0	Neg	$y = 0.120319 + 95.4610 \times$	0.999	1.11	1.25	0.05-2.5	7.7/9.5	1.0015	1.0042	0.0152	1
18	Sirinik asit	12.6	196.8	166.9	Neg	$y = -0.0458599 + 0.663948 \times$	0.998	1.18	1.09	1-50	82.3/104.5	1.0006	1.0072	0.0129	1
19	Vanillin	13.9	153.1	125.0	Poz	$y = 0.00185898 + 20.7382 \times$	0.996	1.10	0.85	0.1-5	24.5/30.4	1.0009	0.9967	0.0122	1
20	Sirinik aldehit	14.6	181.0	151.1	Neg	$y = -0.0128684 + 7.90153 \times$	0.999	2.51	0.77	0.4-20	19.7/28.0	1.0001	0.9964	0.0215	1
21	Daidzin	15.2	417.1	199.0	Poz	$y = 9.45747 + 152.338 \times$	0.996	2.25	1.32	0.05-2.5	7.0/9.5	0.9955	1.0017	0.0202	2
22	Epikateşin galat	15.5	441.0	289.0	Neg	$y = -0.0142216 + 1.06768 \times$	0.997	1.63	1.28	0.1-5	19.5/28.5	0.9984	0.9946	0.0229	3
23	Piceid	17.2	391.0	135/106.9	Poz	$y = 0.00772525 + 25.4181 \times$	0.999	1.94	1.16	0.05-2.5	13.8/17.8	1.0042	0.9979	0.0199	1
24	p-Kumarik asit	17.8	163.0	93.0	Neg	$y = 0.0249034 + 18.5180 \times$	0.999	1.92	1.43	0.1-5	25.9/34.9	1.0049	1.0001	0.0194	1
25	Ferulik asit--D3-IS ^h	18.8	196.2	152.1	Neg	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0.0170	1
26	Ferulik asit	18.8	192.8	149.0	Neg	$y = -0.0735254 + 1.34476 \times$	0.999	1.44	0.53	1-50	11.8/15.6	0.9951	0.9976	0.0181	1
27	Sinapik asit	18.9	222.8	193.0	Neg	$y = -0.0929932 + 0.836324 \times$	0.999	1.45	0.52	0.2-10	65.2/82.3	1.0031	1.0037	0.0317	1
28	Kumarin	20.9	146.9	103.1	Poz	$y = 0.0633397 + 136.508 \times$	0.999	2.11	1.54	0.05-2.5	214.2/247.3	0.9950	0.9958	0.0383	1

Tablo 2. (Devamı)

Numara	Analizler	RT ^a	M.I. (m/z) ^b	F.I. (m/z) ^c	İyon. modu	Eşitlik	r ^{2d}	RSD% ^e Günlerarası	Gün içi	Doğrusallık Arahğı (mg/L)	LOD/LOQ (µg/L) ^f	İyileştirme (%) Günlerarası	Gün içi	U ^g	Gr. No
29	Salisilik asit	21.8	137.2	65.0	Neg	y=0.239287+153.659×	0.999	1.48	1.18	0.05-2.5	6.0/8.3	0.9950	0.9998	0.0158	1
30	Cyranosid	23.7	447.0	284.0	Neg	y=0.280246+6.13360×	0.997	1.56	1.12	0.05-2.5	12.1/16.0	1.0072	1.0002	0.0366	2
31	Miquelianin	24.1	477.0	150.9	Neg	y=-0.00991585+5.50334×	0.999	1.31	0.95	0.1-5	10.6/14.7	0.9934	0.9965	0.0220	2
32	Rutin-D3-IS ^h	25.5	612.2	304.1	Neg	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	2
33	Rutin	25.6	608.9	301.0	Neg	y=-0.0771907+2.89868×	0.999	1.38	1.09	0.1-5	15.7/22.7	0.9977	1.0033	0.0247	2
34	İzokersitrin	25.6	463.0	271.0	Neg	y=-0.111120+4.10546×	0.998	2.13	0.78	0.1-5	8.7/13.5	1.0057	0.9963	0.0220	2
35	Hesperidin	25.8	611.2	449.0	Poz	y=0.139055+13.2785×	0.999	1.84	1.35	0.1-5	19.0/26.0	0.9967	1.0043	0.0335	2
36	o-Kumarik asit	26.1	162.8	93.0	Neg	y=0.00837193+11.2147×	0.999	2.11	1.46	0.1-5	31.8/40.4	1.0044	0.9986	0.0147	1
37	Genistin	26.3	431.0	239.0	Neg	y=1.65808+7.57459×	0.991	2.01	1.28	0.1-5	14.9/21.7	1.0062	1.0047	0.0083	2
38	Rosmarinik asit	26.6	359.0	197.0	Neg	y=-0.0117238+8.04377×	0.999	1.24	0.86	0.1-5	16.2/21.2	1.0056	1.0002	0.0130	1
39	Ellagik asit	27.6	301.0	284.0	Neg	y=0.00877034+0.663741×	0.999	1.57	1.23	0.4-20	56.9/71.0	1.0005	1.0048	0.0364	1
40	Kozmosin	28.2	431.0	269.0	Neg	y=-0.708662+8.62498×	0.998	1.65	1.30	0.1-5	6.3/9.2	0.9940	0.9973	0.0083	2
41	Kuersitrin	29.8	447.0	301.0	Neg	y=-0.00153274+3.20368×	0.999	2.24	1.16	0.1-5	4.8/6.4	0.9960	0.9978	0.0268	2
42	Astragalin	30.4	447.0	255.0	Neg	y=0.00825333+3.51189×	0.999	2.08	1.72	0.1-5	6.6/8.2	0.9968	0.9957	0.0114	2
43	Nikotiflorin	30.6	592.9	255.0/284.0	Neg	y=0.00499333+2.62351×	0.999	1.48	1.23	0.05-2.5	11.9/16.7	0.9954	1.0044	0.0108	2
44	Fisetin	30.6	285.0	163.0	Neg	y=0.0365705+8.09472×	0.999	1.75	1.19	0.1-5	10.1/12.7	0.9980	1.0042	0.0231	3
45	Daidzein	34.0	253.0	223.0	Neg	y=-0.0329252+6.23004×	0.999	2.18	1.73	0.1-5	9.8/11.6	0.9926	0.9963	0.0370	3
46	Quercetin-D3-IS ^h	35.6	304.0	275.9	Neg	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	3
47	Quercetin	35.7	301.0	272.9	Neg	y=+0.00597342+3.39417×	0.999	1.89	1.38	0.1-5	15.5/19.0	0.9967	0.9971	0.0175	3
48	Naringenin	35.9	270.9	119.0	Neg	y=-0.00393403+14.6424×	0.999	2.34	1.69	0.1-5	2.6/3.9	1.0062	1.0020	0.0392	3
49	Hesperetin	36.7	301.0	136.0/286.0	Neg	y=+0.0442350+6.07160×	0.999	2.47	2.13	0.1-5	7.1/9.1	0.9998	0.9963	0.0321	3
50	Luteolin	36.7	284.8	151.0/175.0	Neg	y=-0.0541723+30.7422×	0.999	1.67	1.28	0.05-2.5	2.6/4.1	0.9952	1.0029	0.0313	3
51	Genistein	36.9	269.0	135.0	Neg	y=-0.00507501+12.1933×	0.999	1.48	1.19	0.05-2.5	3.7/5.3	1.0069	1.0012	0.0337	3
52	Kaempferol	37.9	285.0	239.0	Neg	y=-0.00459557+3.13754×	0.999	1.49	1.26	0.05-2.5	10.2/15.4	0.9992	0.9990	0.0212	3
53	Apigenin	38.2	268.8	151.0/149.0	Neg	y=0.119018+34.8730×	0.998	1.17	0.96	0.05-2.5	1.3/2.0	0.9985	1.0003	0.0178	3
54	Amentoflavon	39.7	537.0	417.0	Neg	y=0.727280+33.3658×	0.992	1.35	1.12	0.05-2.5	2.8/5.1	0.9991	1.0044	0.0340	3
55	Krizin	40.5	252.8	145.0/119.0	Neg	y=-0.0777300+18.8873×	0.999	1.46	1.21	0.05-2.5	1.5/2.8	0.9922	1.0050	0.0323	3
56	Akasetin	40.7	283.0	239.0	Neg	y=-0.559818+163.062×	0.997	1.67	1.28	0.02-1	1.5/2.5	0.9949	1.0011	0.0363	3

R.T.: Alıkonma süresi, b) MI (m/z): Standart analitlerin moleküler iyonları (m/z oranı), c) FI (m/z): Parça iyonları d)r²: Belirleme katsayısı, e)RSD: Bağlı standart sapma, f)LOD /LOQ (µg/L): Tespit/kantifikasyon sınırı, g)U (%): %95 güven seviyesinde bağlı belirsizlik yüzdesi (k = 2), h)S: Dahili standart, iGr. Hayır: Dahili standartların gruplandırılmasını temsil eder; bu sayılar hangi IS'nin hangi fenolik bileşiği temsil ettiğini gösterir.

2.7. Duyusal Analiz

Duyusal analiz, tüketici beklentilerini karşılayan ürünlerin geliştirilmesinin ayrılmaz bir parçasıdır ve genellikle eğitilmiş kişiler veya tüketici heyetlerinin dahil olduğu standartlaştırılmış prosedürler yoluyla görünüm, aroma, tat ve doku ile genel kalitenin değerlendirilmesiyle tamamlanmaktadır (Starowicz vd., 2017).

Üretilen karabuğday çaylarının birbirinden farklı numuneleriyle duyu özelliklerini karşılaştırma yapıldı. 13 eğitilmiş panelist ile hazırlanan karabuğday çayı örneklerini kuru çayın görünüşü, dem rengi, demin aroması, burukluk, dolgunluk, genel kabul açısından aşağıda tabloda verilen puanlama arası değer skalasının bulunduğu testler ile duyu analiz yapıldı. Duyusal analizlere ait bir kesit Şekil 14’de verilmiştir. Analiz öncesi panelistlere değerlendirme kriterleri ayrıntılı bir şekilde anlatıldı. Panelistler değerlendirme puanlarını Tablo 3’de vermişlerdir.



Şekil 14. Karabuğday çaylarının duyu analizinden bir görünüm

Tablo 3. Duyusal analiz puanlama

PUANLAMA TESTİ														
Panelist Adı-Soyadı										Saat	:	Tarih	../02/2024	
Açıklama: Aşağıda verilmiş olan kalite kriterleri açısından size verilen kodlu örnekleri ayrı ayrı beğeni ile ilgili puan skalasını kullanarak 9 puan üzerinden değerlendiriniz.														
	Kalite Kriterleri/ Kod	942	428	9	312	719	528	782	569	452	385	678	112	873
1	Kuru çayın görünüşü													
2	Dem rengi													
3	Demin aroması													
4	Burukluk, dolgunluk													
5	Genel kabul													
6	Toplam Puan													
Beğeni İle İlgili Puan Skalası														
• Mükemmel / Fevkalade beğendim		9 puan		• Ortanın altı kötünün üstü / Hafif beğenmedim		4 puan								
• Çok iyi / Pek çok beğendim		8 puan		• Kötü / Orta derecede beğenmedim		3 puan								
• İyi / Az beğendim		7 puan		• Çok kötü / Beğenmedim		2 puan								
• İyinin altı ortanın üstü / Orta derecede beğendim		6 puan		• Aşırı kötü / Hiç beğenmedim		1 puan								
• Orta / Ne beğendim, ne beğenmedim		5 puan												

2.8. İstatiksel Analiz

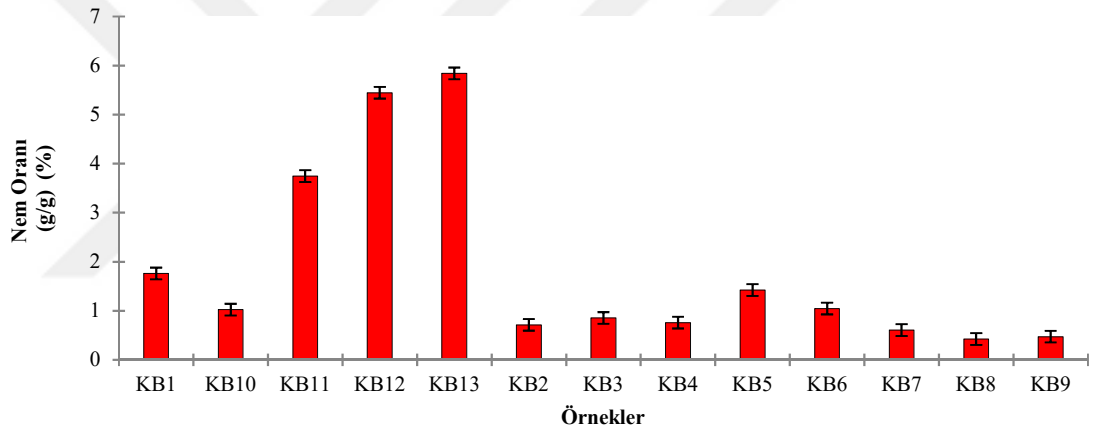
İstatistiksel analizler, XLSTAT (Addinsoft, Versiyon 2020 New York, NY, ABD) içeren Microsoft Excel yazılımı kullanılarak belirlenmiştir. Analizlerden elde edilen veriler programda, varyans analizi (ANOVA) ile karşılaştırılmıştır ve anlamlı bulunan farklılıklara Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır ve anlamlılık düzeyleri değerlendirilmiştir. İstatistiki analizde anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak alınmıştır.



3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Nem Oranı ve Kuru Madde Analiz Sonuçları

Nem ve kuru madde analiz sonuçlarına ait değerler Tablo 4’de, Şekil 15 ve Şekil 16’da verilmiştir. Bu değerler, her numunedeki nem ve kuru madde oranını, toplam ağırlığın yüzdesini ifade etmektedir. Çay ürünlerinin kalitesini ve stabilitesini değerlendirmede nem içeriği çok önemlidir ve karabuğday çayı numunelerinde bulunan su miktarını ifade eder. Yapılan çalışmada nem değerleri örneklerde %0.42 ile %5.84 arasında değişmiştir. İşleme yöntemlerine bağlı faktörlerden etkilenerek numuneler arasındaki su içeriği farklılıklar göstermiştir (Şekil 15).

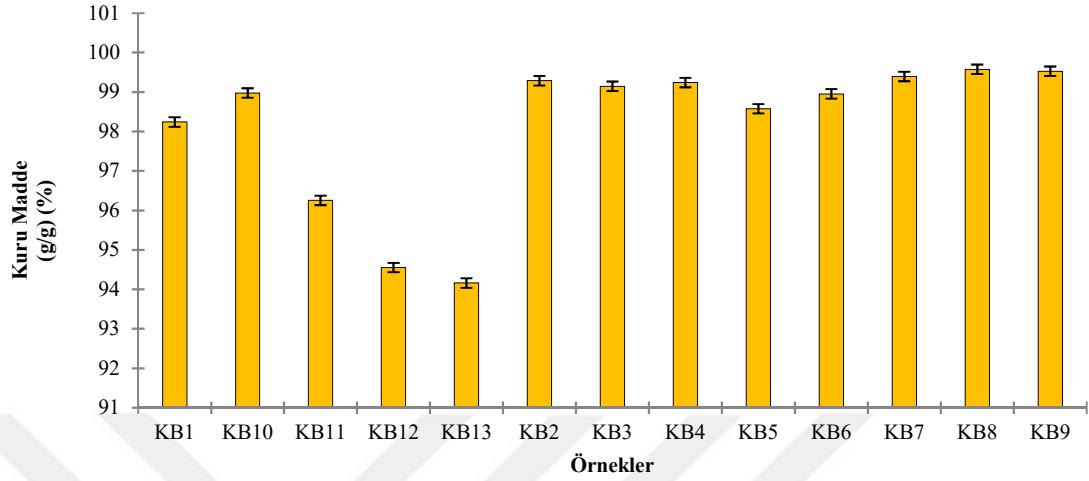


Şekil 15. Nem analizlerine ait sütun grafiği

KB11, KB12 ve KB13 örneklerinde diğer numunelere kıyasla daha yüksek nem oranları tespit edildi. Bu, belirli örneklerin, diğer örneklerle karşılaştırıldığında tamamen işleme yöntemine bağlı olduğunu göstermektedir. Bu örnekler otoklavda işlenmiştir. KB2, KB3, KB4, KB5, KB6, KB7, KB8, KB9 ve KB10 numuneleri diğer numunelere göre daha düşük nem oranları gösterdi. Nem analizi test edilen diğer numunelerle karşılaştırıldığında bu numunelerin etüvde kurutma işlemi yapılmasından kaynaklandığı görülmüştür. Kontrol örneğinde nem değeri %1.42 olarak bulundu. % Nem ve kuru madde analizleri aralarında -1 oranında güçlü negatif korelasyon göstermiştir (Tablo 5).

Kontrol örneği dahil tüm örneklerin kuru madde değerleri %94.16 ile %99.58 arasında değişmiştir. Kuru madde içeriği, tüm nemin uzaklaştırılmasından sonra

karabuğday çay numunelerinde mevcut olan katıların oranını temsil eder. Çaylardaki besin maddelerinin, biyoaktif bileşiklerin ve diğer bileşenlerin konsantrasyonunun önemli bir göstergesidir.



Şekil 16. Kuru madde analizlerine ait sütun grafiği

Nem içeriği karabuğday çayında bulunan su miktarını ifade eder. Çayın tazeliğini, lezzetini ve bozulmaya karşı duyarlılığını belirlemede kritik bir rol oynar. Yüksek nem içeriği mikrobiyal büyümeye, aroma bileşiklerinin bozulmasına ve raf ömrünün azalmasına neden olabilir. (Kong ve Singh, 2016). Öte yandan aşırı düşük nem içeriği kuru ve bayat bir tada neden olabilir. Bu nedenle karabuğday çaylarının kalitesini korumak için optimum nem seviyesini korumak önemlidir. Çayın tazeliğini, lezzetini ve bozulmaya karşı duyarlılığını belirlemede kritik bir rol oynar.

Yapılan bir çalışmada Çin'deki pazarlardan tam tahıllı karabuğday çayları ve karabuğday tam bitki çayları olmak üzere iki tür karabuğday çayı örneklerinden toplanarak bunların besin bileşimi analizleri yapılmıştır. Bu çalışmada çay örneklerinde nem içeriği %9-12 arasında değişmiştir (Guo vd., 2017).

Nane, ıhlamur, tarçın, kuşburnu, ada çayı, papatya ve benzeri kurutulmuş çeşitli bitkiler ile tekniğine uygun olarak hazırlanan bitkisel çaylarla alakalı TS 12933 standardı bulunmaktadır. Bu standartta kuru maddenin en az %90.00 olabileceği rapor edilmiştir. Mevcut çalışmada üretilen karabuğday çaylarının % kuru madde oranları söz konusu standartta belirtilen değerle uyumludur (TSE, 2024).

Tablo 4. Örneklerle ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Örnekler	Nem Oranı (g/g) (%)	Kuru Madde (g/g) (%)	Toplam Kül (KM) (g/g) (%)	Suda Çözünen Kül (Toplam Küle Göre) (g/g) (%)	Suda Çözünmeyen Kül (Toplam Küle Göre) (g/g) (%)	Su Ekstraktı (KM) (g/g) (%)	Ham Selüloz (KM) (g/g) (%)	Alkalilik (%)	% 10 HCl' de Çözünmeyen Kül (KM) (g/g) (%)
KB1	1.76 ^e ±0.01	98.24 ^d ±0.01	1.53 ^f ±0.03	54.94 ^a ±1.37	45.06 ^c ±1.37	7.27 ^c ±0.32	49.72 ^{abcd} ±1.05	0.80 ^{cde} ±0.10	0.12 ^{ab} ±0.01
KB2	0.71 ^{cd} ±0.05	99.29 ^{gh} ±0.05	1.48 ^{de} ±0.02	48.28 ^a ±1.06	51.72 ^e ±1.06	6.46 ^b ±0.04	49.68 ^{abcd} ±0.30	0.63 ^{ab} ±0.08	0.12 ^{ab} ±0.01
KB3	0.85 ^d ±0.05	99.15 ^g ±0.05	1.49 ^{ef} ±0.02	48.37 ^a ±0.98	51.63 ^e ±0.98	6.26 ^{ab} ±0.52	50.20 ^{bcde} ±0.36	0.66 ^{abc} ±0.08	0.12 ^{ab} ±0.02
KB4	0.76 ^{cd} ±0.12	99.24 ^{gh} ±0.12	1.45 ^{cd} ±0.01	47.73 ^a ±0.50	52.27 ^e ±0.50	6.49 ^b ±0.25	49.40 ^{abc} ±1.13	0.59 ^a ±0.07	0.19 ^d ±0.02
KB5	1.42 ^f ±0.15	98.58 ^e ±0.15	1.59 ^g ±0.01	58.15 ^a ±1.18	41.85 ^a ±1.18	7.72 ^d ±0.12	50.18 ^{bcde} ±0.65	0.83 ^e ±0.10	0.13 ^{ab} ±0.02
KB6	1.05 ^c ±0.07	98.95 ^f ±0.07	1.58 ^g ±0.02	58.10 ^a ±0.12	41.90 ^a ±0.12	7.11 ^d ±0.40	51.33 ^{de} ±2.06	0.70 ^{abcde} ±0.08	0.15 ^{bc} ±0.03
KB7	0.61 ^{bc} ±0.06	99.39 ^{hi} ±0.06	1.44 ^c ±0.01	47.35 ^a ±0.76	52.65 ^e ±0.76	5.91 ^a ±0.19	51.75 ^e ±0.35	0.63 ^{ab} ±0.08	0.25 ^e ±0.03
KB8	0.42 ^a ±0.04	99.58 ⁱ ±0.04	1.53 ^f ±0.01	52.52 ^b ±0.98	47.48 ^d ±0.98	6.46 ^b ±0.14	50.76 ^{cde} ±0.12	0.73 ^{abcde} ±0.09	0.26 ^c ±0.03
KB9	0.47 ^{ab} ±0.01	99.53 ^{ij} ±0.01	1.51 ^{ef} ±0.01	55.47 ^c ±0.44	44.53 ^c ±0.44	6.66 ^b ±0.18	50.99 ^{cde} ±0.17	0.82 ^{de} ±0.10	0.14 ^{abc} ±0.02
KB10	1.02 ^c ±0.09	98.98 ^f ±0.09	1.52 ^f ±0.05	57.78 ^{de} ±0.90	42.22 ^{ab} ±0.90	7.24 ^c ±0.09	49.66 ^{abcd} ±0.48	0.79 ^{bcde} ±0.09	0.11 ^a ±0.01
KB11	3.75 ^h ±0.16	96.25 ^c ±0.16	1.38 ^b ±0.02	56.20 ^{cd} ±0.91	43.80 ^{bc} ±0.91	9.69 ^e ±0.13	48.65 ^{ab} ±0.98	0.67 ^{abcd} ±0.08	0.12 ^{ab} ±0.01
KB12	5.45 ⁱ ±0.19	94.55 ^b ±0.19	1.33 ^a ±0.01	58.02 ^e ±0.88	41.98 ^a ±0.88	10.59 ^f ±0.24	48.77 ^{ab} ±1.32	0.72 ^{abcde} ±0.09	0.17 ^{cd} ±0.02
KB13	5.84 ⁱ ±0.14	94.16 ^a ±0.14	1.35 ^{ab} ±0.03	57.24 ^{de} ±0.95	42.76 ^{ab} ±0.95	11.46 ^g ±0.07	48.35 ^a ±0.15	0.68 ^{abcde} ±0.08	0.12 ^{ab} ±0.01

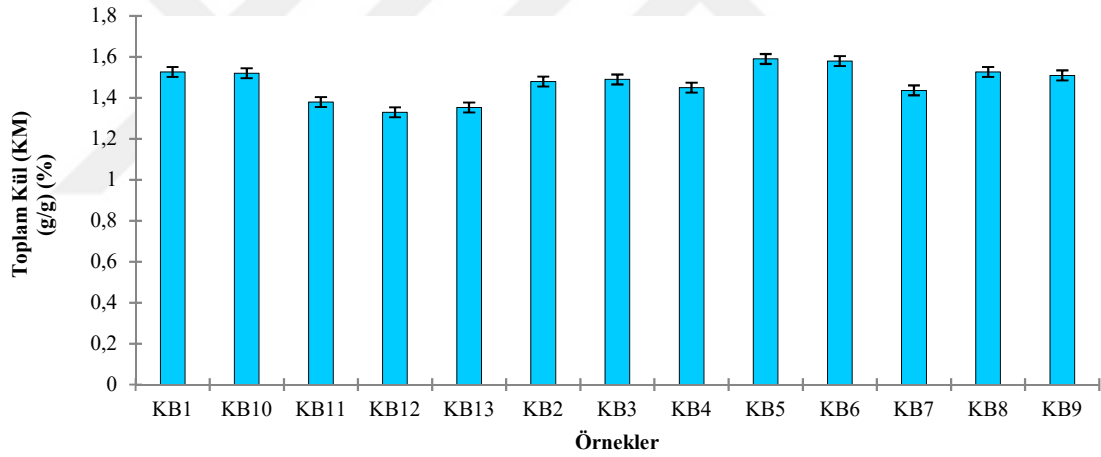
Tabloda bulunan aynı sütundaki farklı harfler ikili karşılaştırmada önemli istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (p<0.05). n:3. Duncan testi uygulanmıştır.

Tablo 5. Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarına korelasyonlar

Değişkenler	Nem Oranı (g/g) (%)	Kuru Madde (g/g) (%)	Toplam Kül (KM) (g/g) (%)	Suda Çözünen Kül (Toplam Küle göre) (g/g) (%)	Suda Çözünmeyen Kül (Toplam Küle Göre) (g/g) (%)	Su Ekstraktı (KM) (g/g) (%)	Ham Selüloz (KM) (g/g) (%)	Alkalilik (%)	% 10 HCl Asitte Çözünmeyen Kül (KM) (g/g) (%)
Nem Oranı (g/g) (%)	1								
Kuru Madde (g/g) (%)	-1.000	1							
Toplam Kül (KM) (g/g) (%)	-0.752	0.752	1						
Suda Çözünen Kül (Toplam Küle Göre) (g/g) (%)	0.497	-0.497	0.043	1					
Suda Çözünmeyen Kül (Toplam Küle Göre) (g/g) (%)	-0.497	0.497	-0.043	-1.000	1				
Su Ekstraktı (KM)(g/g) (%)	0.974	-0.974	-0.658	0.613	-0.613	1			
Ham Selüloz (KM)(g/g) (%)	-0.629	0.629	0.451	-0.218	0.218	-0.669	1		
Alkalilik (%)	-0.046	0.046	0.370	0.457	-0.457	0.002	0.176	1	
% 10 Hidroklorik Asitte Çözünmeyen Kül (KM)(g/g) (%)	-0.266	0.266	-0.018	-0.407	0.407	-0.318	0.416	-0.109	1

3.2. Toplam Kül Analiz Sonuçları

Organik materyalin tümü tamamen yandıktan sonra geriye kalan kalıntıya kül içeriği denir. Çay yapraklarının, özellikle de inorganik mineral tuzlarının mineral bileşimini belirlemeye yönelik popüler bir teknik, toplam kül analizidir. Çay yapraklarının mineral içeriği; çayın türü, yetiştirme ortamı, toprağın türü ve işleme teknikleri gibi bir dizi faktöre bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Bu bileşime ilişkin ayrıntılar toplam kül analizinde bulunabilir. Çay külünde sıklıkla potasyum, kalsiyum, magnezyum, fosfor ve demir, çinko ve manganez gibi eser mineraller bulunur. Kalite kontrol amacıyla, çayların toplam kül içeriğine bakmak kritik öneme sahiptir çünkü bu, yabancı maddelerin, toprağı kirletici maddelerin veya kötü saklama koşullarının varlığını ortaya çıkarabilir. Toplam kül analizi, çay yapraklarının mineral içeriği hakkında bilgi veren, çayın besinsel yapısını ve kalitesini değerlendirmek için yararlı bir yöntemdir (Dawodu vd., 2013).



Şekil 17. Toplam kül analizlerine ait sütun grafiğı

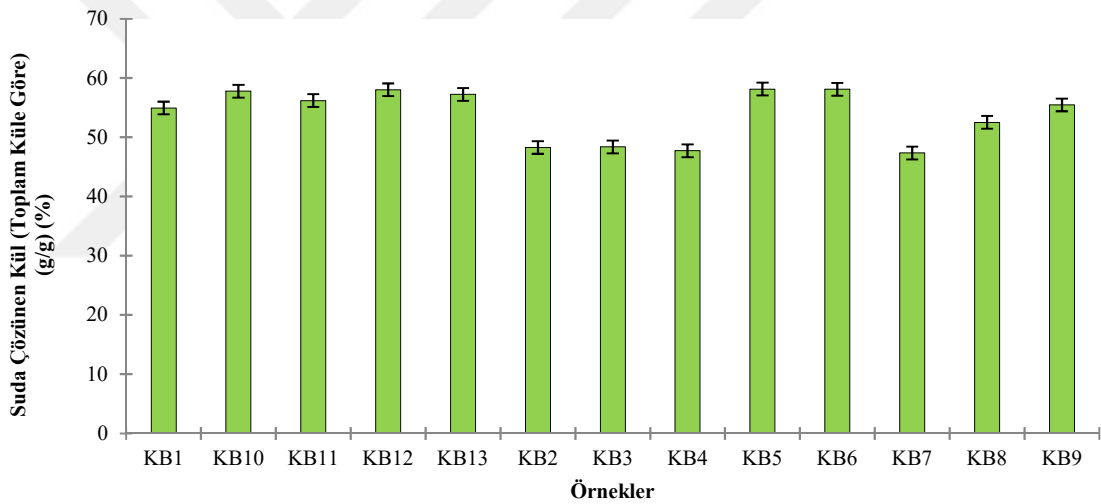
Diğer bitki materyallerine benzer şekilde karabuğday kabuğı da minerallerin varlığından dolayı kül içeriğine sahiptir. Karabuğday kabuğı çayındaki ana kül kaynağı, karabuğday kabuğundan elde edilen inorganik mineral tuzlardır. Karabuğdayın türü, büyüme koşulları, hasat stratejileri ve işleme prosedürleri gibi bir dizi değişken kül miktarını etkileyebilir. Yapılan bu çalışmada kül değerleri örneklerde %1.33 ile %1.59 arasında değişmiştir (Tablo 4, Şekil 17). Genel olarak kül analiz sonuçları örneklerde birbirlerine yakın çıkmıştır. Buhar yöntemi kullanılarak hazırlanan KB11, KB12 ve KB13 örneklerinin kül miktarları düşük çıkmıştır. Yapılan bir çalışmada karabuğday

kabuklarında belirlenen ortalama kül içeriği 1.97g/100 g olarak bulunmuştur (Dziadek vd., 2016).

TS 12933 standardında kül içeriği en fazla %9.00 olabileceği bildirilmiştir. Bu çalışmada üretilen karabuğday çaylarının % kül oranları söz konusu standartta uygun çıkmıştır (TSE, 2024). Toplam kül analizi ile nem analizi arasında önemli bir negatif korelasyon (**-0.752**) tespit edildi (Tablo 5). Bu, daha yüksek nem içeriğine sahip karabuğday çaylarının, daha düşük toplam kül içeriğine sahip olma eğiliminde olduğunu göstermektedir.

3.3. Suda Çözünen Kül Analiz Sonuçları

Suda çözünür kül analizi için çay numunesi genellikle yakılır, kül kalıntısı suda çözülür, kalıntı filtrelenir, kurutulur ve tartılır. Sonuçlar, orijinal numune ağırlığının yüzdesi olarak ifade edilir ve suda çözünebilen mineral içeriğinin oranını gösterir.



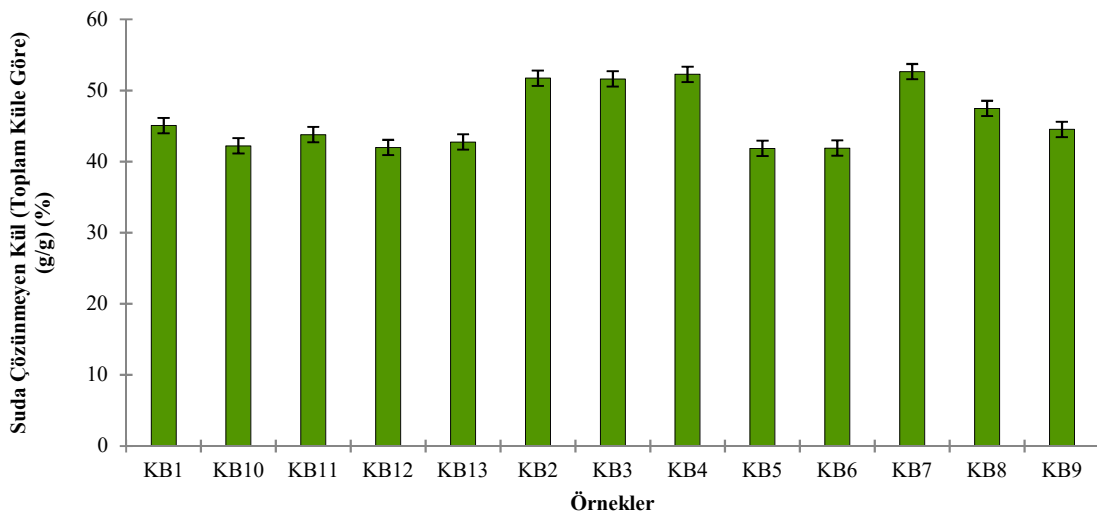
Şekil 18. Suda çözünen kül analizlerine ait sütun grafiği

Suda çözünen kül ile alakalı olarak TS 12933 standardında bir kriter yoktur. Bu çalışmada % suda çözünen kül analizleri %47.35 ile %58.15 aralığında çıkmıştır. Genel olarak yeşil çay siyah çay gibi ürünlerde bu değer en az %45.00 olması gereklidir. Bu açıdan karşılaştırma yaptığımızda karabuğday kabuğu çaylarının suda çözünen kül sonuçları %45.00'den yüksektir (Tablo 4 ve Şekil 18). Otoklav yöntemiyle üretilen KB11, KB12 ve KB13 numaralı çay örneklerinin suda çözünebilir kül analizi sonuçlarının diğer numunelere göre daha yüksek olduğu tespit edildi. Numuneler arasındaki bu değişkenlik, işleme yöntemlerindeki farklılıklara, çay çeşidine veya çayların mineral bileşimini etkileyen diğer faktörlere atfedilebilir.

Suda çözümlü kül analizi ile nem analizi arasında önemli bir pozitif korelasyon (0.497) tespit edildi (Tablo 5). Bu, daha yüksek nem içeriğine sahip karabuğday çayların, daha yüksek suda çözümlü kül içeriğine sahip olma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Bu ilişki, minerallerin su içinde çözünmesi veya neme bağlı bileşiklerin varlığı gibi çeşitli faktörlere bağlı olabilir.

3.4. Suda Çözünmeyen Kül Analiz Sonuçları

Kül analizindeki küllenmeden sonra hala suda çözünmeyen bir çay numunesindeki inorganik mineral içeriğinin miktarı, suda çözünmeyen kül analizi adı verilen bir teknik kullanılarak ölçülür. Hem suda çözümlü hem de suda çözünmeyen mineral bileşenlerini içeren toplam kül analizine ek olarak tamamlayıcı veriler ortaya koyar. Suda çözünmeyen külün analizi, çaydaki ekstraksiyonu veya suda çözünmesi zor olan mineral içeriğinin tanımlanmasını ve ölçülmesini kolaylaştırır (Wu ve Huang 2013). Bu, silika gibi bitki materyallerinde yaygın olarak bulunan ancak suda kolayca çözünmeyen mineralleri içerir. Suda çözünmeyen kül içeriği analizi, çay numunesinin genel mineral yapısına ilişkin daha fazla ayrıntı sağlar. Suda çözünmeyen külün analiz edilmesi çay kalite kontrolünün çok önemli bir parçasıdır. Çayın orijinalliğini ve saflığını tehlikeye atan kirleticilerin, katkı maddelerinin veya safsızlıkların varlığını ortaya çıkarabilir. Aşırı miktarda suda çözünmeyen kül, yanlış işleme tekniklerinin veya yabancı kirletici maddelerin varlığının bir göstergesi olabilir.



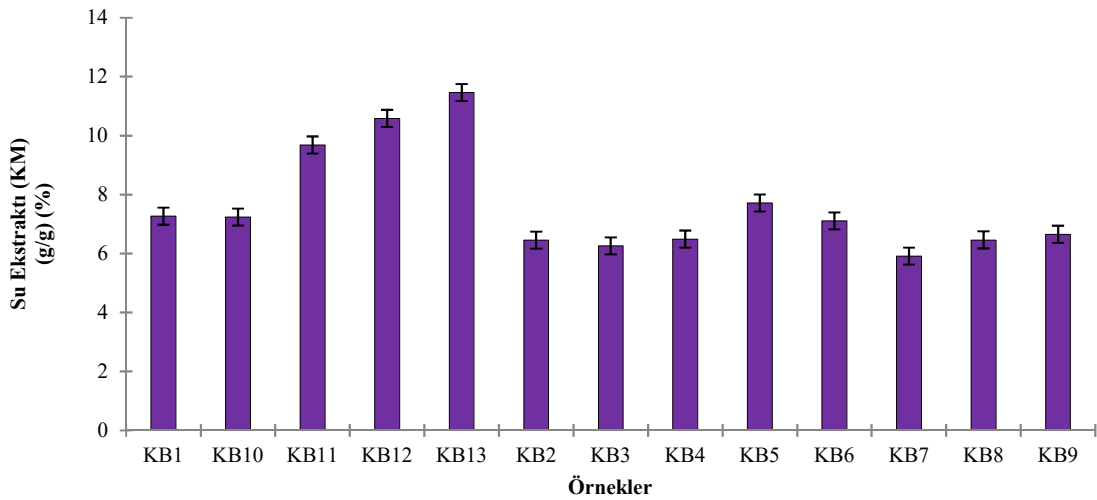
Şekil 19. Suda çözünmeyen kül analizlerine ait sütun grafiği

Genel olarak toplam kül analizi ve suda çözünmeyen kül analizi birlikte çalışarak çayların mineral içeriğinin kapsamlı bir değerlendirmesini sağlar. Çay sektöründe kalite güvencesi, yasal uyumluluk ve araştırma için çok önemli bir araçtır.

Bu çalışmada % suda çözünmeyen kül analizi analizleri %41.85- %52.65 aralığında çıkmıştır. Suda çözünmeyen kül analizi ile nem analizi arasında önemli bir negatif korelasyon (**-0.497**) tespit edildi (Tablo 5). Negatif korelasyon, nem içeriği ile suda çözünmeyen kül içeriği arasında ters bir ilişki olduğu anlamına gelir. Bu durumda, nem içeriği azaldıkça (yani çaylar kurudukça), suda çözünmeyen kül içeriği artma eğilimi gösterir. Bu, daha düşük nem içeriğine sahip çaylarda suda çözünmeyen mineral konsantrasyonunun daha yüksek olabileceğini düşündürmektedir. Suda çözünmeyen kül ve suda çözünen kül arasında güçlü negatif korelasyon (**-1.0**) bulunmaktadır (Tablo 5). Bu durum Şekil 33 PCA analiz grafiğinde de açık biçimde görülmektedir.

3.5. Su Ekstraktı Analiz Sonuçları

Bitkisel çaylardaki su ekstraktı, çay yapmak için sıcak suda demlendiklerinde bitkilerden ekstrakte edilen çözünebilir bileşiklerin kısmını ifade eder. Bitki çayı demlediğimizde, sıcak su bitkilere nüfuz ederek uçucu yağlar, antioksidanlar, polifenoller, flavonoidler, vitaminler, mineraller ve diğer biyoaktif maddeler gibi çeşitli bileşikler çıkarır (Chandrasekara ve Shahidi 2018). Bitkilerde bulunan pek çok faydalı bileşik suda çözünür ve çayın bir parçası haline gelir. Bu bileşikler bitki çayının lezzetine, aromasına, rengine ve sağlık yararlarına katkıda bulunur.



Şekil 20. Su ekstraktı analizlerine ait sütun grafiği

Bitkisel çayların su ekstraktı genellikle antioksidan, anti-inflamatuar, antimikrobiyal ve rahatlatıcı özellikler dahil olmak üzere çeşitli sağlık yararlarına sahip biyoaktif bileşikler içerir (Chandrasekara ve Shahidi 2018).

Bitkisel çayların düzenli tüketimi, sindirimin iyileştirilmesi, stresin hafifletilmesi, bağışıklık desteği ve sıvı alımının iyileştirilmesi dahil olmak üzere çok sayıda sağlık yararıyla ilişkilendirilmiştir.

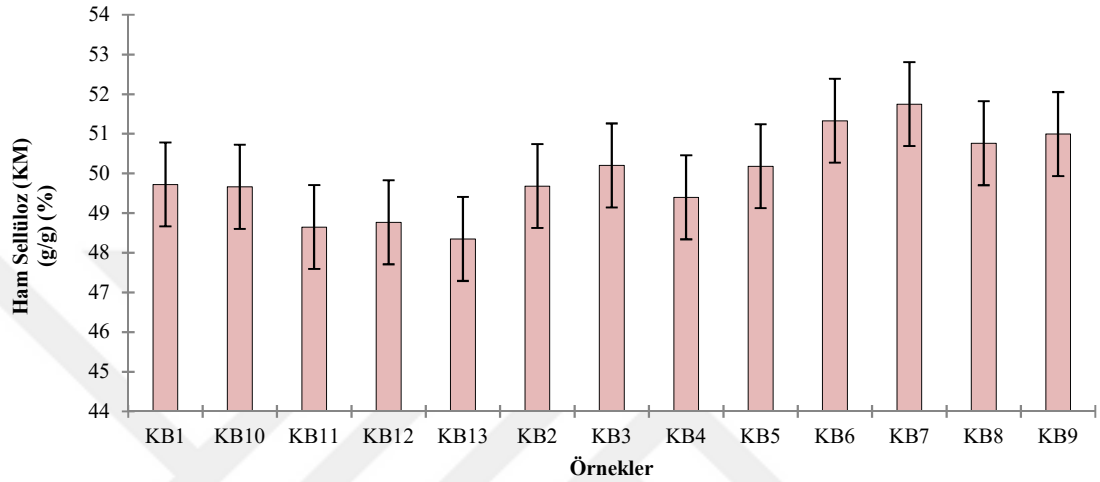
Yapılan bu çalışmada su ekstraktı örneklerde %5.91 ile %11.46 arasında değişmiştir (Tablo 4, Şekil 20). KB11, KB12 ve KB13 numuneleri diğer numunelere kıyasla daha yüksek su ekstraktı oranları sergiledi (Tablo 4 ve Şekil 20). Bu, belirli örneklerin diğer örneklerle karşılaştırıldığında tamamen işleme yöntemine bağlı olduğunu göstermektedir. Bu örnekler otoklavda işlenmiştir. Otoklav işleme yöntemi muhtemelen bitkilerden çözünebilir bileşiklerin daha verimli ekstraksiyonuna katkıda bulunmuş ve bu da daha yüksek su ekstraksiyon oranlarına yol açmıştır. İşleme yöntemi bitkisel çayların kalitesini ve özelliklerini önemli ölçüde etkileyebilir. Farklı işleme teknikleri, çayın çözünebilir bileşiklerinin salınımını, lezzet profillerini, aromasını, rengini ve genel duyuşsal özelliklerini etkileyebilir. Bu durumda, otoklav işleme yönteminin KB11, KB12 ve KB13 örneklerinin su ekstraktı oranlarını arttırdığı ve potansiyel olarak daha zengin tada sahip ve sağlık açısından daha fazla faydaya sahip çaylara yol açtığı görülmektedir.

Su ekstraktı analizi ile nem arasında güçlü pozitif korelasyon (**0.974**), suda çözünen kül ile arasında pozitif korelasyon (**0.613**), kuru madde ile arasında güçlü bir negatif korelasyon (**-0.974**), toplam kül ile arasında negatif korelasyon (**-0.658**) ve suda çözünmeyen kül ile arasında negatif korelasyon (**-0.613**) bulunmaktadır. Genel olarak, bu korelasyonlar çaylarda su ekstraktı analizini etkileyen faktörlere dair öngörü sağlar ve demlenmiş çayın kalitesini ve özelliklerini belirlemede nem içeriği, kül içeriği ve diğer bileşim faktörleri arasındaki karmaşık etkileşimi vurgular.

3.6. Ham Selüloz Analiz Sonuçları

Ham lif analizinin sonuçları tipik olarak numune ağırlığının yüzdesi olarak ifade edilir. Bu yüzde, ham liften oluşan numunenin oranını temsil eder. Bitkisel çayların ham lif içeriği, kullanılan bitki türlerine, bitkinin içerdiği kısımlara (örneğin yapraklar, çiçekler, kökler) ve kullanılan işleme yöntemlerine bağlı olarak büyük ölçüde değişebilir. Genel olarak bitki çayları lif açısından bütün meyveler, sebzeler veya tahıllar kadar zengin değildir ancak yine de genel diyet lifi alımına katkıda bulunabilirler (Anderson,

vd., 1994). Ham lif analizi aynı zamanda bitkisel çay üretiminde kalite kontrol ölçütü olarak da kullanılabilir. Lif içeriğinin izlenmesi, ürün kalitesinde tutarlılık sağlar ve üreticilerin, lif içeriğiyle ilgili yasal gereklilikleri veya etiket taleplerini karşılamalarına yardımcı olabilir.



Şekil 21. Ham selüloz analizlerine ait sütun grafiği

Yapılan bu çalışmada su ekstraktı örneklerde %48.35 ile %51.75 arasında değişmiştir (Tablo 4, Şekil 21). KB11, KB12 ve KB13 örnekleri, test edilen diğer örneklerle karşılaştırıldığında daha düşük ham lif oranları sergiledi (Tablo 4 ve Şekil 21). KB11, KB12 ve KB13 numunelerinde gözlemlenen daha düşük ham lif oranlarının, kullanılan işleme yöntemine bağlı olduğu düşünülmektedir. Bu numuneler için kullanılan işleme yönteminin, diğer numunelerle karşılaştırıldığında ham lif içeriğinde bir azalmaya yol açması mümkündür. İşleme yöntemi, bitkisel çayların ham lif içeriği de dahil olmak üzere besinsel bileşimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir. Kurutma yöntemleri, öğütme ve harmanlama gibi faktörler, çay numunelerindeki lifli bileşenlerin tutulmasını veya çıkarılmasını etkileyebilir. Genel olarak, numuneler arasında ham lif oranlarında gözlemlenen farklılıklar, bitki çaylarının besinsel kompozisyonunun belirlenmesinde işleme yöntemlerinin önemini vurgulamaktadır.

Ham selüloz analizi nem ile güçlü negatif (**-0.629**), kuru madde ile güçlü pozitif (**0.629**), toplam kül ile pozitif (**0.451**) ve su ekstraktı analiz ile güçlü negatif (**-0.669**) korelasyon göstermiştir. Ham selüloz analizi ile kuru madde arasındaki güçlü pozitif korelasyon, çayın kuru madde içeriği arttıkça ham selüloz miktarının da artma eğiliminde

olduğunu gösterir. Bu, daha yüksek kuru madde içeriğine sahip çayların, bitki hücre duvarlarında bulunan diyet lifinin bir bileşeni olan selüloz konsantrasyonunun daha yüksek olabileceğini düşündürmektedir. Ham selüloz analizi ile toplam kül içeriği arasındaki pozitif korelasyon, daha yüksek düzeyde toplam kül içeren çayların daha yüksek ham selüloz konsantrasyonuna sahip olma eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Toplam kül tipik olarak mineral kalıntıları ve diğer inorganik bileşikler içerir ve ham selüloz ile olan korelasyon, çay numunelerinde selüloz açısından zengin bitki materyalinin varlığını yansıtabilir.

Ham selüloz analizi ile su ekstraktı analizi arasındaki güçlü negatif korelasyon, daha yüksek düzeyde ham selüloz içeren çayların, demleme sırasında çözünabilir bileşikler suya salma kapasitesinin daha düşük olduğunu göstermektedir. Bunun nedeni, bitki hücre duvarlarının lifli bir bileşeni olan selülozun suda çözünmemesi ve çözünür bileşiklerin ekstraksiyonunu engelleyebilmesi olabilir.

Genel olarak bu korelasyonlar, bitkisel çaylardaki ham selüloz içeriği ile diğer bileşim faktörleri arasındaki ilişkiye dair fikir vermektedir. Bu ilişkileri anlamak, araştırmacıların ve üreticilerin arzu edilen beslenme profillerini ve duyu özellikleri elde etmek için çay işleme yöntemlerini ve kalite parametrelerini optimize etmelerine yardımcı olabilir.

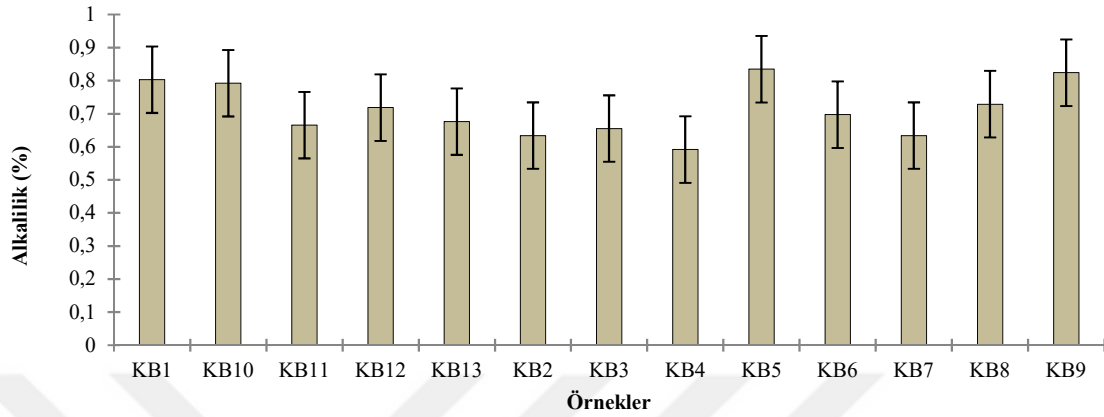
3.7. Alkalilik Analiz Sonuçları

Bitkisel çaylarda alkalilik analizi, çay numunelerinde bulunan pH düzeyi ve alkali bileşenler hakkında bilgi sağlar. Alkalinite analizi aynı zamanda çay numunelerinde bulunan belirli alkalın bileşenlerin miktarının belirlenmesini de içerebilir. Bu, çayın genel alkaliliğine katkıda bulunan bikarbonat, karbonat ve hidroksit iyonları gibi mineralleri içerebilir (Sheibani ve Mohammadi, 2018).

Alkalinite analizi sonuçları, bitki çaylarının tadını, aromasını ve potansiyel sağlık etkilerini etkileyebilecek asitlik veya bazlık hakkında fikir verir. Daha yüksek alkaliniteye sahip çaylar daha yumuşak, daha az asitli bir tada sahip olabilirken, daha düşük alkaliniteye sahip çaylar daha ekşi veya keskin olabilir (Sheibani ve Mohammadi, 2018).

Bazı araştırmalar, alkali yiyecek ve içeceklerin tüketilmesinin, sindirimi desteklemek, iltihabı azaltmak ve genel refahı arttırmak gibi sağlık açısından yararları olabileceğini öne sürüyor. Ancak bitki çaylarındaki alkaliliğin sağlık üzerindeki etkileri halen araştırılmaktadır ve bireysel tepkiler farklılık gösterebilir. Alkalinite analizi aynı

zamanda bitkisel çay üretiminde kalite kontrol ölçütü olarak da kullanılabilir. pH seviyesinin ve alkali bileşenlerin izlenmesi, ürün kalitesinde tutarlılık sağlar ve üreticilerin düzenleyici gereklilikleri karşılamalarına veya alkalilik ile ilgili etiket iddialarını karşılamalarına yardımcı olabilir (Alakali vd., 2016).

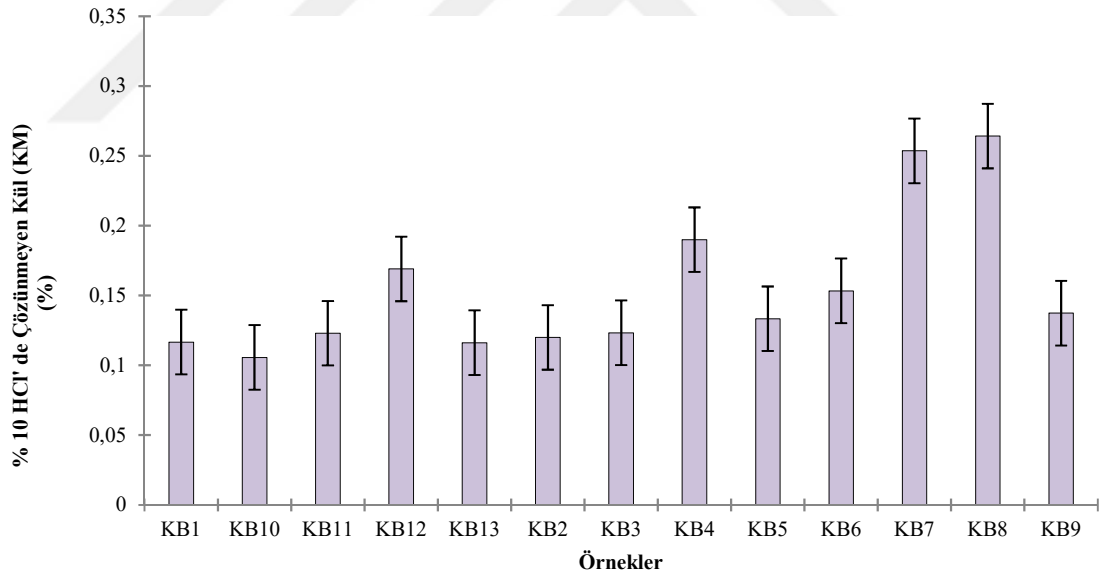


Şekil 22. Alkalilik analizlerine ait sütun grafiği

Yapılan bu çalışmada alkalilik analizi örneklerde %0.59 ile %0.83 arasında değişmiştir (Tablo 4, Şekil 20). Alkalinite analizi ile toplam kül analizi arasında güçlü pozitif korelasyon (**0.370**), suda çözünen kül ile güçlü pozitif korelasyon (**0.457**), suda çözünmeyen kül analizi arasında güçlü negatif korelasyon (**-0.457**), bulunmaktadır. Alkalilik analizi ile toplam kül analizi arasındaki güçlü pozitif korelasyon, alkaliliği yüksek çayların daha yüksek toplam kül seviyelerine sahip olma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Toplam kül tipik olarak organik materyalin yanmasından kaynaklanan mineral kalıntılarını içerir ve alkalilik ile korelasyon, çay numunelerinde alkanin minerallerin varlığını gösterebilir. Alkalilik analizi ile suda çözünebilir kül analizi arasındaki pozitif korelasyon, alkaliliği yüksek çayların aynı zamanda suda çözünebilir kül düzeylerinin de daha yüksek olabileceğini göstermektedir. Suda çözünür kül, suda çözünen mineralleri ve diğer bileşikler içerir ve alkalilik ile korelasyon, çayın genel alkaliliğine katkıda bulunan alkali minerallerin varlığını yansıtabilir. Alkalilik analizi ile suda çözünmeyen kül analizi arasındaki güçlü negatif korelasyon, alkaliliği yüksek çayların suda çözünmeyen kül düzeylerinin daha düşük olma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Suda çözünmeyen kül, mineral kalıntılarından ve diğer çözünmeyen bileşiklerden oluşur ve alkalilik ile negatif korelasyon, alkali minerallerin suda çözünme olasılığının daha yüksek olduğunu gösterebilir.

3.8. %10 Hidroklorik Asitte Çözünmeyen Kül Analiz Sonuçları

Bitki çaylarındaki %10 hidroklorik asitte çözünmeyen külün analiz edilmesi, asitle işlemiden sonra kalan inorganik mineral içeriği hakkında değerli bilgiler sağlar. %10 hidroklorik asitte çözünmeyen kül, bitki çaylarında asitte çözünmeyen minerallerin varlığına dair fikir verir. Bu mineraller topraktan, sudan veya yetiştirme ve üretim sırasında kullanılan işleme ekipmanından kaynaklanabilir. Bu minerallerin bileşimi coğrafi konum, toprak bileşimi ve tarımsal uygulamalar gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. %10 hidroklorik asitte çözünmeyen külün izlenmesi, bitkisel çay üretimi için bir kalite kontrol önlemi olarak hizmet edebilir (Nafiu vd. 2017). Çayların mineral bileşiminde tutarlılığın sağlanmasına yardımcı olur ve aynı zamanda ürün kalitesini etkileyebilecek kirletici maddelerin veya safsızlıkların varlığını da gösterebilir. %10 hidroklorik asitte çözünmeyen kül esas olarak inorganik minerallerden oluşsa da bu mineraller yine de bitki çaylarının genel besin profiline katkıda bulunabilir. Silika gibi bazı minerallerin sağlık açısından faydaları olabilirken, diğerleri önemli bir besinsel etki yaratmadan eser miktarlarda mevcut olabilir.



Şekil 23. %10 Hidroklorik asitte çözünmeyen kül analizlerine ait sütun grafiği

%10 hidroklorik asitte çözünmeyen kül analizi ile suda çözünen kül (toplam küle göre) arasında güçlü negatif korelasyon (**-0.407**), suda çözünmeyen kül ile pozitif korelasyon (**0.407**), su ekstraktı ile negatif korelasyon (**-0.318**) ve ham selüloz ile pozitif korelasyon (**0.416**) bulunmaktadır. %10 hidroklorik asitte çözünmeyen kül analizi ile suda çözünmeyen kül arasındaki güçlü pozitif korelasyon, daha yüksek düzeyde asitte

çözünmeyen kül içeren çayların aynı zamanda daha yüksek düzeyde suda çözünmeyen küle sahip olma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Bu durum bitki çaylarındaki iki tür kül içeriği arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir. %10 hidroklorik asitte çözünmeyen kül analizi ile su ekstraktı analizi arasındaki negatif korelasyon, daha yüksek düzeyde asitte çözünmeyen kül içeren çayların daha düşük su ekstraktı oranlarına sahip olma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Bu, asitte çözünmeyen külün varlığının, demleme sırasında çözünebilir bileşiklerin suya salınmasını engelleyebileceğini gösterir. %10 hidroklorik asitte çözünmeyen kül analizi ile ham selüloz arasındaki pozitif korelasyon, daha yüksek düzeyde asitte çözünmeyen kül içeren çayların aynı zamanda daha yüksek düzeyde ham selüloz da içerebileceğini düşündürmektedir. Bu durum bitkisel çaylarda bulunan inorganik mineral içeriği ile lifli bitki materyali arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir.

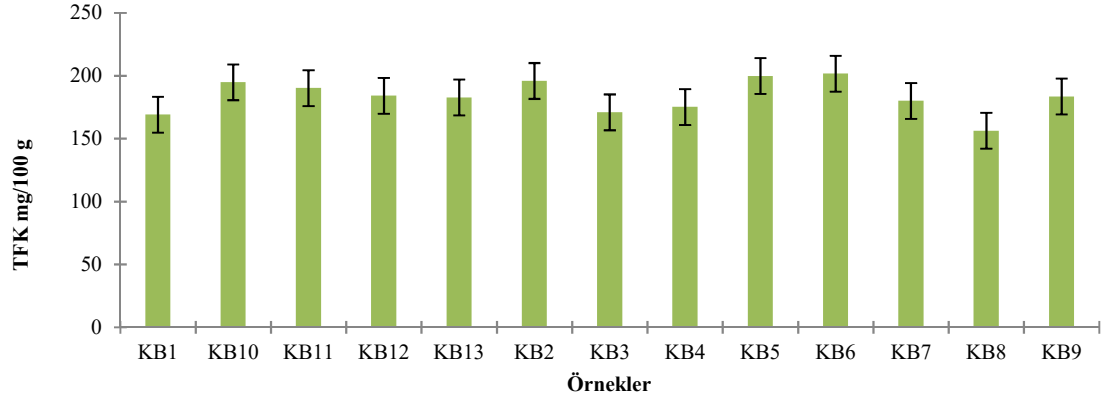
Yapılan bu çalışmada %10 hidroklorik asitte çözünmeyen kül örneklerde %0.11 ile %0.26 arasında değişmiştir (Tablo 4, Şekil 20). TS 12933 standardında %10'luk hidroklorik asitte çözünmeyen kül içeriği, en fazla %2.00 (m/m) olabileceği verilmiştir. Yapılan bu çalışmada üretilen karabuğday çaylarının %10'luk hidroklorik asitte çözünmeyen kül oranları söz konusu standartta uygun çıkmıştır (TSE, 2024).

3.9. Antioksidan ve Biyoaktif Bileşenlere Ait Bulgular

Antioksidanlar, serbest radikal moleküllerinin gıdalara ve onları tüketen canlılara verdiği oksidatif hasara karşı koruma sağlayan maddelerdir. Bitki bazlı diyetler antioksidanların birincil kaynağıdır. Fitokimyasal antioksidanlar, bu gıdaların tüketilmesiyle elde edilen antioksidanlardır. Doğal gıda antioksidanları; indirgeyici bir madde, serbest radikal bağlayıcı ve tekli oksijen temizleyici olarak görev yaparak antioksidan özellikler sergilerler. Bu süreçler antioksidanların oksidatif hasarı durdurma şeklidir (Lee vd., 2004).

3.9.1. Toplam Fenolik Kapasite (TFK) Analiz Sonuçları

Çeşitli bitki bazlı gıdalarda bol miktarda bulunan fenolik kimyasallar, olağanüstü antioksidan özellikleriyle tanınmaktadır. Bu bileşikler vücuttaki zararlı serbest radikallerin etkisiz hale getirilmesinde çok önemli bir rol oynar. Ek olarak, oksidatif stres ve inflamasyona yol açan süreçlerde yer alan lipoksijenaz gibi enzimler üzerinde de inhibitör etkiler gösterirler.



Şekil 24. Toplam fenolik kapasite analizi sütun grafiği

Tablo 6. Antioksidan analiz sonuçları

Örnekler	TFK mg GA/100g	TFLK mg QE/100g	TAK mg AA/100g	DPPH mg AA/100g	% DPPH	ABTS mg AA/100g	% ABTS	FRAP mg FeSO ₄ /100g
KB1	169.04 ^{ab} ±0.91	176.58 ^f ±30.88	119.20 ^{ab} ±1.51	157.13 ^{bcd} ±7.45	74.86 ^{bcd} ±3.55	63.50 ^b ±0.03	97.09 ^b ±0.09	76.85 ^a ±3.12
KB2	195.83 ^{cd} ±18.85	157.06 ^{cde} ±0.16	130.76 ^{cde} ±1.87	147.02 ^{ab} ±3.56	70.04 ^{ab} ±1.69	61.45 ^a ±0.35	93.96 ^a ±0.54	78.62 ^{ab} ±0.27
KB3	170.92 ^{ab} ±3.27	126.34 ^a ±1.12	140.53 ^{def} ±18.23	163.36 ^{bcd} ±4.12	77.82 ^{bcd} ±1.96	62.80 ^b ±1.20	96.02 ^b ±1.84	79.81 ^{abc} ±2.85
KB4	175.16 ^{abc} ±2.67	139.30 ^{abc} ±4.80	124.44 ^{bc} ±0.36	166.13 ^{cde} ±0.00	79.14 ^{cde} ±0.00	63.80 ^b ±0.00	97.55 ^b ±0.00	78.15 ^{ab} ±0.89
KB5	199.77 ^d ±9.21	151.30 ^{cde} ±1.76	148.62 ^f ±5.69	161.13 ^{bcd} ±2.11	76.76 ^{bcd} ±1.01	62.85 ^b ±0.85	96.10 ^b ±1.30	78.46 ^{ab} ±0.42
KB6	201.59 ^d ±4.37	158.02 ^{de} ±1.76	143.47 ^f ±1.78	149.47 ^{abc} ±20.67	71.20 ^{abc} ±9.85	62.95 ^b ±0.75	96.25 ^b ±1.15	78.04 ^{ab} ±0.16
KB7	180.01 ^{bcd} ±0.85	149.86 ^{cde} ±5.76	125.51 ^{bc} ±1.25	155.13 ^{bcd} ±14.78	73.90 ^{bcd} ±7.04	64.10 ^b ±0.11	98.01 ^b ±0.19	82.27 ^c ±4.08
KB8	156.25 ^a ±7.52	126.98 ^a ±1.76	129.87 ^{cd} ±0.27	163.47 ^{bcd} ±11.11	77.87 ^{bcd} ±5.30	62.90 ^b ±1.40	96.18 ^b ±2.14	82.19 ^c ±2.16
KB9	183.47 ^{bcd} ±1.40	155.62 ^{cde} ±1.28	137.96 ^{def} ±3.03	171.91 ^{de} ±0.22	81.90 ^{de} ±0.11	63.90 ^b ±0.60	97.71 ^b ±0.92	79.50 ^{abc} ±0.70
KB10	194.80 ^{cd} ±28.73	166.50 ^{ef} ±6.72	141.07 ^{ef} ±0.63	157.24 ^{bcd} ±13.78	74.91 ^{bcd} ±6.56	63.50 ^b ±0.20	97.09 ^b ±0.31	82.08 ^c ±0.20
KB11	190.19 ^{bcd} ±19.88	145.54 ^{bcd} ±6.24	131.91 ^{cde} ±4.45	171.47 ^{de} ±0.67	81.69 ^{de} ±0.32	63.60 ^b ±0.70	97.25 ^b ±1.07	78.73 ^{ab} ±0.31
KB12	184.07 ^{bcd} ±10.25	150.02 ^{cde} ±2.40	138.84 ^{def} ±3.56	136.13 ^a ±0.89	64.85 ^a ±0.43	63.40 ^b ±0.60	96.94 ^b ±0.92	79.38 ^{abc} ±0.35
KB13	182.74 ^{bcd} ±3.33	131.14 ^{ab} ±5.60	110.22 ^a ±2.85	175.36 ^e ±0.12	83.54 ^e ±0.05	64.00 ^b ±0.10	97.86 ^b ±0.15	80.58 ^{bc} ±0.31

Tabloda bulunan aynı sütundaki farklı harfler ikili karşılaştırmada önemli istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (p<0.05). n:3. Duncan testi uygulanmıştır.

Fenolik bileşiklerin bir diğer önemli işlevi olan şelasyon, metal iyonlarıyla stabil komplekslerin oluşumunu içerir (Nichenametla vd., 2006; Gök ve Serteser, 2003).

Bu süreç, özellikle oksidatif reaksiyonlarda ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumunda rol oynayan metal iyonlarının olumsuz etkilerinin azaltılmasına yardımcı olur.

Bu değişkenleri anlamak, fenolik açıdan zengin gıdalardan elde edilen sağlık yararlarını en üst düzeye çıkarmak için gereklidir. Uygun pişirme yöntemleriyle birlikte çeşitli bitki bazlı gıdaların diyetle dahil edilmesi, fenolik bileşiklerin optimal alımını ve bunlarla ilişkili sağlık yararlarını sağlayabilir (Stahl vd., 2002).

Analiz sonuçları Tablo 6 ve sütun grafiği olarak şekil 24’de verilmiştir. Toplam fenolik madde miktarları, 100 gram çay başına miligram gallik asit (GA) eşdeğeri cinsinden ölçülmüştür. Toplam fenolik madde miktarları 156.25 ile 201.59 mg GA eşdeğeri/100g arasında değişmektedir. En düşük toplam fenolik madde miktarı KB8 çay örneğinde bulunmuştur. En yüksek miktar KB6 örneğinde gözlemlendi. Veriler, çalışmada üretilen farklı karabuğday kabuğu çayı örnekleri arasında toplam fenolik madde içeriğinde değişkenlik olduğunu göstermektedir. Kontrol numunesi (KB1 çayı) ile karşılaştırma, kontrol ve deneysel numuneler arasındaki toplam fenolik madde içeriğindeki farklılıkları göstermiştir. Bu sonuçlar, karabuğday kabuğu çayı üretim prosesine uygulanan bazı faktörlerin toplam fenolik madde içeriğini etkileyebileceğini göstermektedir.

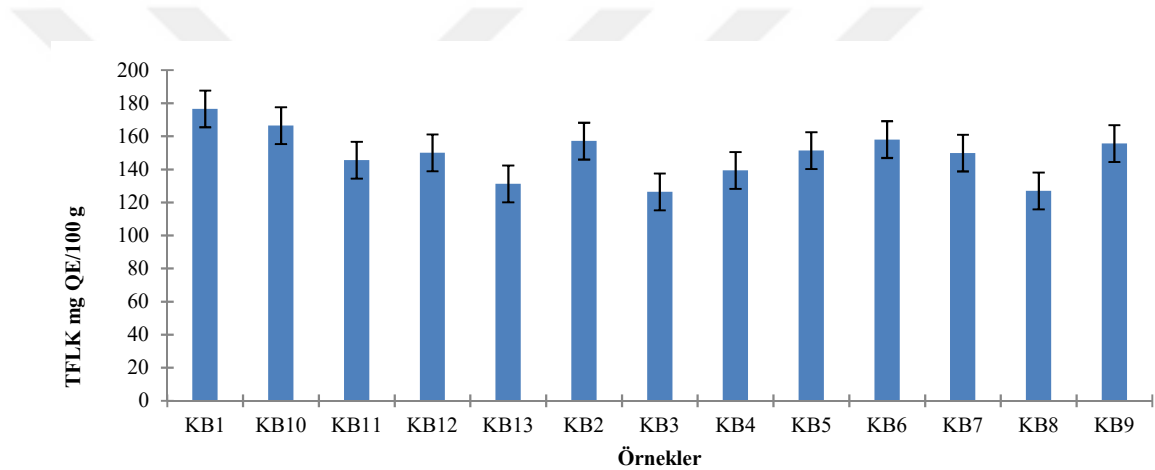
Farklı kokulu tatar karabuğday çayı: aroma bileşenleri ve antioksidan aktivite analizi isimli bir çalışmada tatar karabuğday çayının çay infüzyonundaki toplam fenolik içeriği (TFK) 4 adet farklı tür örnekte 5.17-9.49 mg GA/g aralığında değişmiştir (Xu vd., 2019).

Polifenolik bileşikler, anti-inflamatuar, antimikrobiyal ve antioksidan nitelikler gibi çok çeşitli avantajlı biyolojik etkilere sahip çeşitli kimyasal maddelerdir (Trouillas vd., 2003). Tatar karabuğday unu ve kepeğinin TFK’sı sıradan karabuğdaydan daha yüksek bulunurken, hem karabuğday kabuğunun hem de kepeğinin TFK’sının undan daha yüksek olduğu bulundu (Li vd., 2013). Ayrıca Zielinska vd. (2013) antioksidan, TFK ve TFLK özelliklerinin yanı sıra anti-glikasyon aktivitesini test etmek için karabuğdayın kabuklarından çay yaptı (Zielinska vd., 2013).

3.9.2. Toplam Flavanoid Kapasite (TFLK) Analiz Sonuçları

Flavonoidler aslında meyveler, tahıllar, sebzeler, ağaç kabuğu, çiçekler, saplar ve kökler dahil olmak üzere bitkilerin çeşitli kısımlarında bol miktarda bulunan çok yönlü bileşiklerdir (Banwo vd, 2021). Bu doğal pigmentler birçok bitkisel bazlı gıdada gözlenen canlı renklere katkıda bulunur ve sağlığa sayısız faydalarından dolayı dikkat çekmektedir.

Flavonoidler değişkenlik gösterebilen ve çok çeşitli bileşiklere yol açabilen fenolik bir yapıya sahiptir. Doğada her yerde bulunurlar ve çok çeşitli bitki kaynaklarında bulunurlar. Flavonoidlerin antioksidan, antikarsinojenik, kozmetik, farmakolojik ve nutrasötik özellikleri de dahil olmak üzere çeşitli sağlık yararları ile ilişkilendirilmiştir. Çeşitli fizyolojik etkileri, onları gıda ve kozmetikten ilaca kadar çeşitli sektörlerde değerli kılmaktadır.



Şekil 25. Toplam flavanoid kapasite analizi sütun grafiği

Flavonoidler kimyasal yapılarına göre altı ana sınıfa ayrılır: antosiyanidinler, flavonoller, flavanonlar, izoflavonlar, flavonlar ve kateşinler. Her sınıf benzersiz özellikler sergiler ve farklı sağlık etkilerine sahip olabilir (Batra ve Sharma 2013). Flavonoidlerin temel işlevlerinden biri antioksidan aktiviteleridir. Bu bileşikler, serbest radikalleri temizleyerek ve oksidatif stresi önleyerek hücrelerin oksidatif hasardan korunmasına yardımcı olur. Flavonoidler gıdalarda rengin korunmasına katkıda bulunur ve oksidasyonu engelleyerek bozulmanın önlenmesine yardımcı olur. Flavonoidler ağırlıklı olarak fotosentetik bitkilerde bulunur ve burada çevresel stres faktörlerine karşı savunma ve polen taşıyıcılar ve patojenlerle etkileşimler de dahil olmak üzere çeşitli fizyolojik süreçlerde rol oynarlar. Flavonoidler bitkiler tarafından sentezlenirken hayvan hücreleri tarafından salgılanmazlar. Bununla birlikte, insanlar da dahil olmak üzere

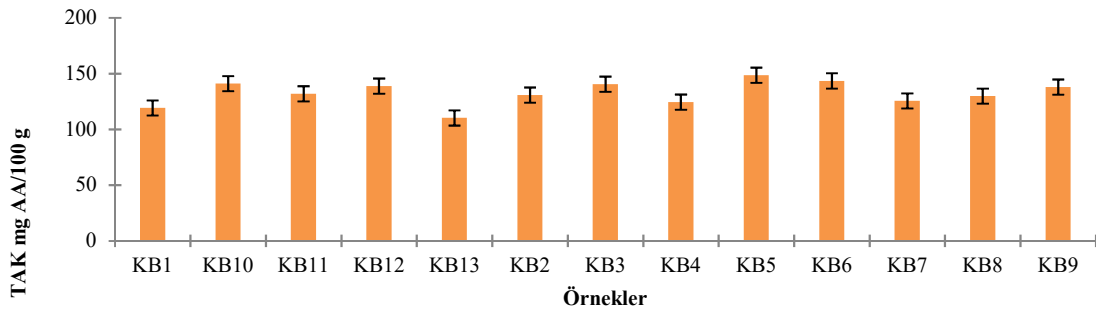
hayvanlar, flavonoid açısından zengin gıdaların tüketimi yoluyla flavonoidleri alabilirler. Flavonoidler tüketildikten sonra vücutta sağlığı geliştirici etkilerini gösterebilirler(Kozłowska ve Szostak-Wegierek, 2014).

Analiz sonuçları Tablo 6 ve sütun grafiği olarak Şekil 25’de verilmiştir. Toplam flavanoid kapasite, 126.34 ile 176.58 mg QE/100 arasında değişmektedir. En düşük toplam flavanoid kapasite KB3 çay örneğinde bulunmuştur. En yüksek miktar kontrol örneği olarak kullanılan KB1 çay örneğinde gözlemlendi. Veriler, çalışmada üretilen farklı karabuğday kabuğu çayı örnekleri arasında toplam flavanoid kapasitesinde değişkenlik olduğunu göstermektedir. Kontrol numunesi (KB1 çayı) ile karşılaştırma, kontrol ve deneysel numuneler arasındaki toplam flavanoid kapasitesindeki farklılıkları göstermiştir. Bu sonuçlar, karabuğday kabuğu çayı üretim prosesine uygulanan bazı faktörlerin toplam flavanoid kapasitesini etkileyebileceğini göstermektedir.

Farklı kokulu tatar karabuğday çayı: aroma bileşenleri ve antioksidan aktivite analizi isimli bir çalışmada tatar karabuğday çayının çay infüzyonundaki toplam flavanoid içeriği (TFLK) 4 adet farklı tür örnekte 3.73-12.03 mg Rutin/g aralığında değişmiştir (Xu vd., 2019).

3.9.3. Toplam Antioksidan Kapasite (TAK) Analiz Sonuçları

Antioksidan kapasitesi gerçekten de gıda analizinde çok önemli bir parametredir. Çünkü bir yiyecek veya içeceğin vücuttaki zararlı serbest radikalleri ve oksidatif stresi nötralize etme yeteneğini temsil eder. Antioksidan bileşikler genel refah ve sağlığın geliştirilmesinde önemli bir rol oynar. Antioksidanlar, normal metabolik süreçlerin yan ürünleri olarak veya hava kirliliği, radyasyon ve stres gibi dış kaynaklardan üretilen oldukça reaktif moleküller olan serbest radikallerin ortadan kaldırılmasına yardımcı olur (Mathew vd., 2011).



Şekil 26. Toplam antioksidan kapasite analizi sütun grafiği

Antioksidanlar aynı zamanda katı ve sıvı yağların oksidasyonunu önleyerek veya geciktirerek, kokuşmaya ve bozulmaya yol açabilen gıdaların korunmasında da önemli bir rol oynarlar. Bu koruma etkisi, gıdaların raf ömrünün uzatılmasına yardımcı olarak gıda israfını azaltır. Daha yüksek antioksidan içeriğine sahip gıdalar, oksidasyonu ve bozulmayı önleme yeteneklerinden dolayı daha uzun raf ömrüne sahip olma eğilimindedir. Bu, özellikle yağlar, kuruyemişler ve bazı meyve ve sebzeler gibi oksidatif bozulmaya yatkın ürünler için faydalıdır. Antioksidanların sağlık açısından faydalarının bilinmesi, bu bileşikler içeren gıdaları tüketiciler için daha çekici hale getirmiştir. Tüketiciler genellikle genel sağlık ve refahı desteklemek için dengeli beslenmenin bir parçası olarak antioksidan bakımından zengin gıdalar ararlar (Gutiérrez-del-Río vd., 2021).

Analiz sonuçları Tablo 6 ve sütun grafiği olarak şekil 26'da verilmiştir. Toplam antioksidan kapasite, 110.22 ile 148.62 arasında değişmektedir. En düşük toplam antioksidan kapasite KB13 çay örneğinde bulunmuştur. En yüksek miktar KB5 çay örneğinde gözlemlendi. Veriler, çalışmada üretilen farklı karabuğday kabuğu çayı örnekleri arasında toplam antioksidan kapasitesinde değişkenlik olduğunu göstermektedir. Kontrol numunesi (KB1 çayı) ile karşılaştırma, kontrol ve deneysel numuneler arasındaki toplam antioksidan kapasitesindeki farklılıkları göstermiştir. Bu sonuçlar, karabuğday kabuğu çayı üretim prosesine uygulanan bazı faktörlerin toplam antioksidan kapasitesini etkileyebileceğini göstermektedir.

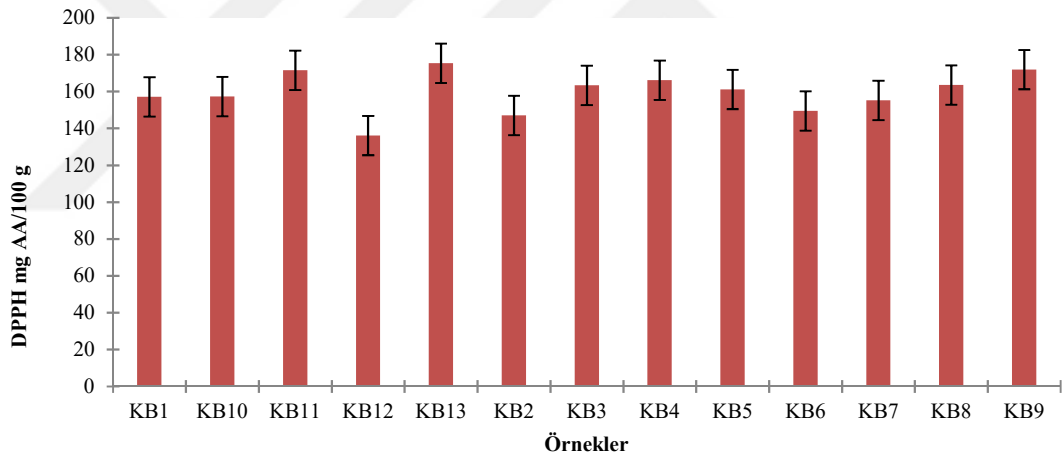
Biyoaktif bileşiklerin anti-kanserojen ve anti-inflamatuar etkileri gibi sağlık yararları, antioksidatif kapasitelerine bağlıdır. Çay infüzyonlarının biyolojik aktivitesini yansıtmada antioksidan aktivite çok önemlidir (Fang vd., 2002).

Ayrıca serbest radikalleri temizleme ve azaltma gücü mekanizması ile ilgili iki veya daha fazla yöntem, kapasitenin belirlenmesinin antioksidatif mekanizmalarına göre değiştiği göz önüne alınarak örneklerin antioksidatif aktivitesini değerlendirmek için genellikle seçilir (Wang vd., 2015); bu nedenle çoklu analizlerin kullanılması tercih edilir (Lee vd., 2016). Ek olarak tatar karabuğdayın antioksidan aktivitesi sadece işleme yöntemlerinden değil aynı zamanda bitkinin kullanılan spesifik kısmından da etkilenir. Lee vd. (2016) kabuğu çıkarılmış tatar karabuğday tanelerin en yüksek düzeyde fenolik bileşik içerdiğini ve en yüksek antioksidan aktiviteyi sergilediğini buldu. Özellikle kabuğu çıkarılmış tanenin antioksidan aktivitesi sıradan kabuğu çıkarılmış taneden üç ila beş kat daha yüksektir, rutin içeriği ise 70 kat daha yüksektir, bu da tatar karabuğdayın gıdalarda hayati bir antioksidan olarak kullanılabileceğini göstermektedir (Lee vd., 2016).

Ek olarak karabuğday ekstraktının antioksidan aktivitesi, analiz yönteminin yanı sıra ekstraksiyon solventinden de etkilenmiştir (Sun ve Ho, 2005).

3.9.4. DPPH Kapasite Analiz Sonuçları

2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH), antioksidan analizlerinde yaygın olarak kullanılan stabil bir organik nitrojen radikalidir. Ticari olarak mevcuttur ve doğal ekstraktların antioksidan kapasitesini değerlendirmek için uygun bir araç olarak hizmet vermektedir. DPPH testi nispeten basit ve anlaşılır olup, farklı uzmanlık düzeylerine sahip araştırmacılar için erişilebilir olmasını sağlar. Temel prensip, mor renkli DPPH radikalinin, test edilen numunelerde bulunan antioksidanlar tarafından radikal olmayan, renksiz forma indirgenmesinin ölçülmesini içerir (Dontha, 20216). Bu yöntem, doğal ekstraktların antioksidan aktivitesinin hızlı bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanıyarak hızlı sonuçlar sağlar. Araştırmacıların birden fazla örneği verimli bir şekilde taramasına olanak tanıyarak zamandan ve kaynaklardan tasarruf sağlar.

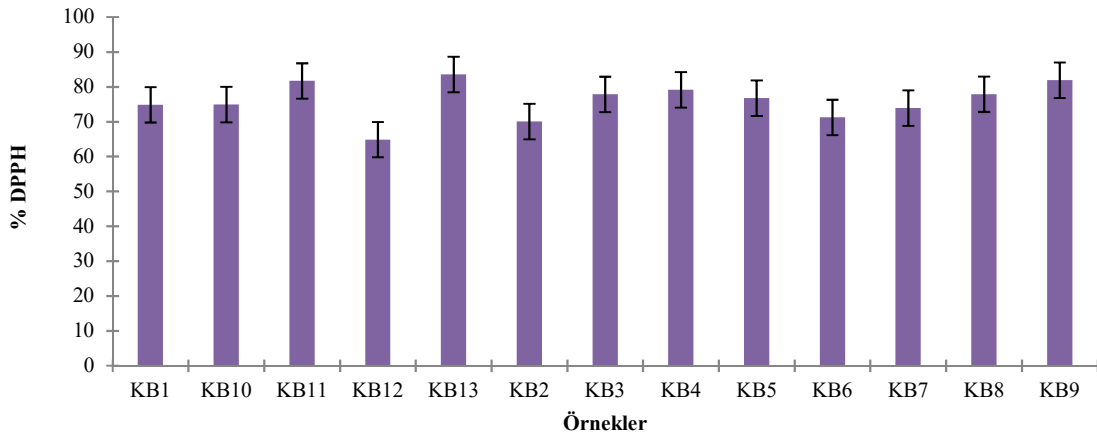


Şekil 27. DPPH kapasite analizi sütun grafiği

DPPH testinin ışığa, oksijene ve kirliliğe duyarlılığı sonuçların güvenilirliğini ve tekrarlanabilirliğini etkileyebilir. Bu etkileri en aza indirmek ve doğru ölçümler sağlamak için uygun taşıma ve saklama koşulları çok önemlidir. DPPH testi antioksidan kapasitesinin kantitatif bir ölçüsünü sağlarken, antioksidanların serbest radikallerle nasıl etkileşime girdiğine dair ayrıntılı mekanik bilgi sağlamaz. Antioksidan etkinin altında yatan mekanizmaları aydınlatmak için ek analizlere veya tekniklere ihtiyaç duyulabilir (Karadag vd., 2009).

Analiz sonuçları Tablo 6 ve sütun grafiği olarak Şekil 27 ve 28’de verilmiştir. DPPH kapasite, 100 gram çay başına miligram askorbik asit (AA) eşdeğeri cinsinden

ölçülmüştür. DPPH kapasite miktarları 136.13 ile 175.36 mg AA eşdeğeri/100g arasında değişmektedir. En düşük DPPH kapasite KB12 çay örneğinde bulunmuştur. En yüksek miktar KB13 çay örneğinde gözlemlendi. Veriler, çalışmada üretilen farklı karabuğday kabuğu çayı örnekleri arasında DPPH kapasitesinde değişkenlik olduğunu göstermektedir. Kontrol numunesi (KB1 çayı) ile karşılaştırma, kontrol ve deneysel numuneler arasındaki DPPH kapasitesindeki farklılıkları göstermiştir. Bu sonuçlar, karabuğday kabuğu çayı üretim prosesine uygulanan bazı faktörlerin DPPH kapasitesini etkileyebileceğini göstermektedir.



Şekil 28. % DPPH kapasite analizi sütun grafiği

Farklı tatar karabuğday çayı türlerinden flavonoidler, antioksidan aktivite analizi isimli bir çalışmada DPPH radikal temizleme aktivitesi μmol trolox eşdeğeri/g (KM) olarak ifade edilmiştir. Bütün 2 adet kepek çayı ve 2 adet bitki çaylarında DPPH kapasitesi 261.07, 249.15 ve 214.24, 294.44 μmol trolox eşdeğeri/g KM olarak bulunmuştur. 2 adet Embriyo çayının DPPH kapasitesi, 214.24 ve 223.74 μmol trolox eşdeğeri/g KM olarak bulunmuştur (Peng vd., 2015).

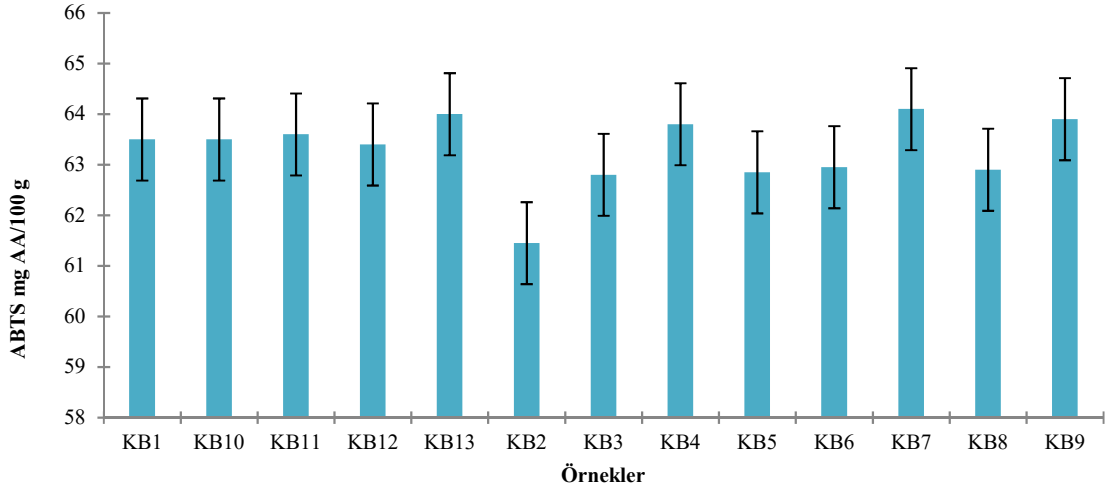
Farklı kokulu tatar karabuğday çayı: aroma bileşenleri ve antioksidan aktivite analizi isimli bir çalışmada tatar karabuğday çayının çay infüzyonundaki DPPH % inhibisyon oranları % 44.94 ile % 76.30 aralığında değişmiştir (Xu vd., 2019).

Serbest radikallerin üretimi ile vücudun antioksidan savunması arasındaki dengesizlik, oksidatif strese yol açarak DNA, proteinler ve lipidler gibi biyomoleküllerin hasar görmesine neden olabilir; bu da kanser, iltihaplanma ve yaşlanma gibi çeşitli hastalıklara neden olabilir (Fang vd., 2002).

Çayda bulunan polifenoller gibi antioksidatif potansiyele sahip biyoaktif bileşikler, serbest radikalleri nötralize ederek veya oluşumlarını engelleyerek zararlı etkilerini ortadan kaldırır. Bu antioksidatif aktivite, anti-inflamatuar, anti-kanserojen ve yaşlanma karşıtı özellikler de dahil olmak üzere çay tüketimiyle ilişkili sağlık yararlarına katkıda bulunabilir (Wang vd., 2015). Polifenoller ve diğer biyoaktif bileşikler açısından zengin olan demleme çaylar, biyolojik aktivitelerini ve potansiyel sağlığı geliştirici etkilerini yansıtan önemli antioksidan aktivite sergiler. Çayın düzenli tüketimi, kısmen antioksidatif özelliklerinden dolayı çeşitli kronik hastalık riskinin azalması ve genel sağlığın iyileşmesi ile ilişkilendirilmiştir.

3.9.5. ABTS Kapasite Analiz Sonuçları

ABTS (2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonat)) yöntemi, Yu vd., (2002) tarafından tanımlandığı gibi antioksidan kapasiteyi değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir başka tekniktir. Bu yöntem antioksidan aktiviteyi belirlemek için ABTS radikalinin inhibisyonuna dayanır. ABTS radikali hem organik hem de sulu çözücülerde çözünür, bu da geniş bir yelpazedeki maddelerin antioksidan kapasitesinin değerlendirilmesi için avantajlıdır.



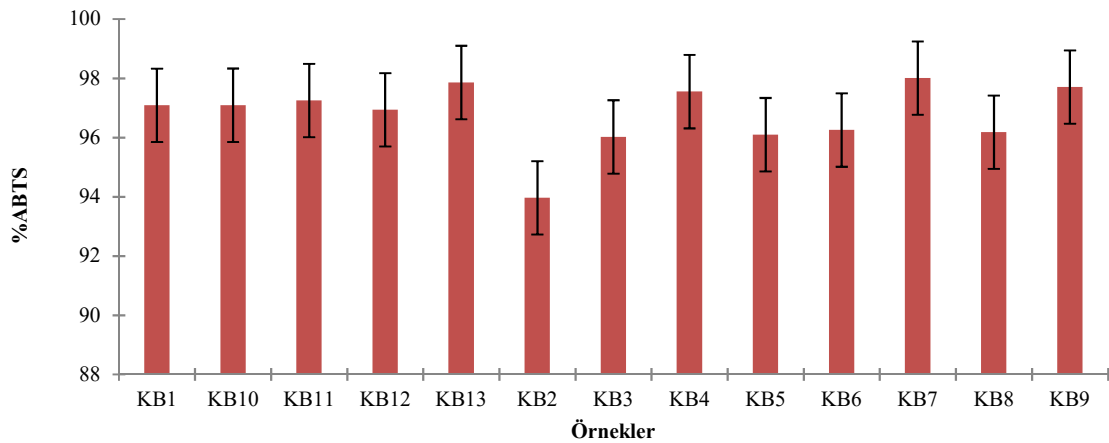
Şekil 29. ABTS kapasite analizi sütun grafiği

Bu çözünürlük özelliği hem hidrofilik hem de lipofilik bileşiklerin antioksidan aktivitesinin ölçülmesine olanak tanır. Çeşitli solventlerdeki çözünürlüğü nedeniyle ABTS yöntemi, ilaç solüsyonları ve vücut sıvıları dahil olmak üzere farklı türdeki numunelere uygulanabilir. Bu çok yönlülük, farmasötik ve biyomedikal araştırmalarda

ilaçların antioksidan kapasitesinin değerlendirilmesi ve biyolojik numunelerdeki oksidatif stres seviyelerinin değerlendirilmesi için onu değerli kılmaktadır.

ABTS analizi, ABTS'nin uygun bir oksitleyici madde ile reaksiyona sokulması yoluyla ABTS radikal katyonunun üretilmesini içerir. Numunede bulunan antioksidanlar daha sonra ABTS radikalini indirgeyerek absorbansında bir azalmaya yol açar ve bu da spektrofotometrik olarak ölçülür (Munteanu vd., 2021). ABTS radikalinin inhibisyon derecesi numunenin antioksidan kapasitesi ile ilişkilidir. ABTS yöntemi, farmasötik ve biyomedikal araştırmalardaki kullanımının yanı sıra, yiyecek ve içeceklerin antioksidan kapasitesini değerlendirmek için mutfak uygulamalarında da kullanılmaktadır. Bu, diyetteki antioksidanların potansiyel sağlık yararlarının değerlendirilmesine yardımcı olur.

Analiz sonuçları Tablo 6 ve sütun grafiği olarak şekil 29 ve 30'da verilmiştir. ABTS kapasite, 100 gram çay başına miligram troloks eşdeğeri cinsinden ölçülmüştür. ABTS kapasite miktarları 61.45 ile 64.10 mg troloks eşdeğeri/100g arasında değişmektedir. En düşük ABTS kapasite KB2 çay örneğinde bulunmuştur. En yüksek miktar KB7 çay örneğinde gözlemlendi. Veriler, çalışmada üretilen farklı karabuğday kabuğu çayı örnekleri arasında ABTS kapasitesinde değişkenlik olduğunu göstermektedir. Kontrol numunesi (KB1 çayı) ile karşılaştırma, kontrol ve deneysel numuneler arasındaki ABTS kapasitesindeki farklılıkları göstermiştir. Bu sonuçlar, karabuğday kabuğu çayı üretim prosesine uygulanan bazı faktörlerin ABTS kapasitesini etkileyebileceğini göstermektedir.

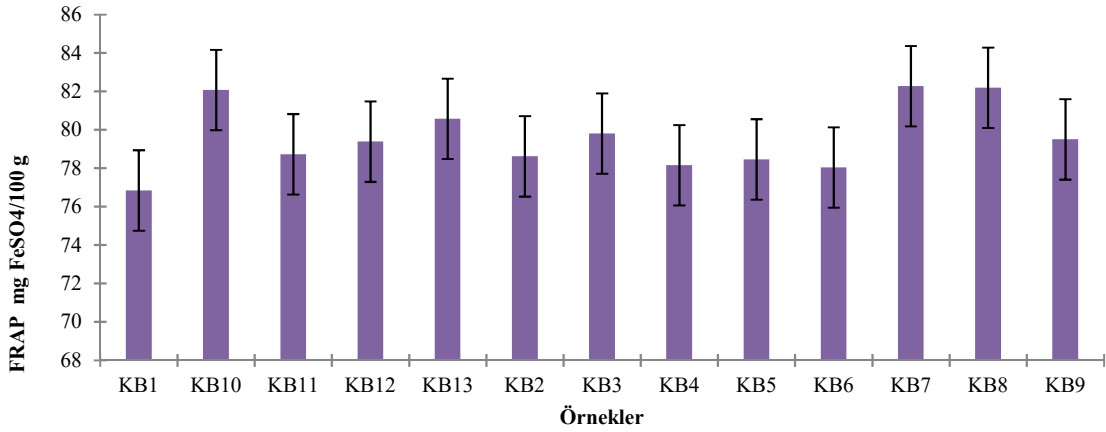


Şekil 30. % ABTS kapasite analizi sütun grafiği

Tatar karabuğdayı çaylarının ABTS⁺ temizleme aktivitesi, 2 adet kepek çayı ve 2 adet bitki çaylarında ABTS⁺ temizleme aktivitesi 222.75, 225.33 ve 362.50, 383.80 μ mol trolox eşdeğeri/g KM olarak bulunmuştur. 2 adet embriyo çayının ABTS⁺ temizleme aktivitesi, 120.46 ve 125.44 μ mol trolox eşdeğeri/g KM olarak bulunmuştur (Peng vd., 2015). Peng ve arkadaşlarının (2015) yapmış olduğu bu çalışmada, çeşitli tatar karabuğday çaylarının ABTS⁺ temizleme aktivitesinin farklı çay türleri arasında değiştiğini göstermektedir.

3.9.6. FRAP Kapasite Analiz Sonuçları

Demir indirgeyici antioksidan güç (FRAP) analizi aslında antioksidan kapasiteyi değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan elektron transferine dayalı bir yöntemdir. FRAP analizi, antioksidanların bir redoks reaksiyonunda demir iyonlarını (Fe^{3+}) demir iyonlarına (Fe^{2+}) indirgeme yeteneğini ölçer. Bu indirgeme reaksiyonu spektrofotometrik olarak izlenir ve absorbanstaki değişiklik numunenin antioksidan kapasitesini ölçmek için kullanılır.



Şekil 31. FRAP kapasite analizi sütun grafiği

Literatürde tartışıldığı gibi birçok avantajının yanı sıra bazı sınırlamaları da vardır. Gerçekleştirilmesi hızlı ve kolaydır: FRAP testi nispeten basittir ve minimum ekipman ve uzmanlıkla yapılabilir. FRAP testinde kullanılan reaktifler uygun maliyetlidir, bu da onu antioksidan kapasitenin değerlendirilmesinde uygun maliyetli bir yöntem haline getirir (Bibi Sadeer vd., 2020). Doğru yapıldığında FRAP testi, antioksidan aktivitenin doğru ve tekrarlanabilir ölçümlerini sağlayabilir. Farklı ölçüm yöntemleri: FRAP analizleri yarı otomatik, otomatik veya manuel yöntemler kullanılarak gerçekleştirilebilir ve bu da deney kurulumunda esneklik sağlar. Bazı antioksidanlara duyarlılık: Glutasyon

gibi bazı antioksidanlar FRAP testine müdahale ederek hatalı sonuçlara yol açabilir. Bu sınırlama, FRAP testinin bu olumsuz etkilerin önemli düzeylerini içeren numuneler için uygulanabilirliğini kısıtlar. Belirli antioksidanların ölçülmesinde etkisizlik: Ou ve ark. (2002), diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında tiyoller ve fenoller gibi belirli antioksidanların doğru bir şekilde ölçülmesinde FRAP testinin sınırlamaları olduğunu bildirmiştir.

Analiz sonuçları Tablo 6 ve sütun grafiği olarak Şekil 31’de verilmiştir. FRAP kapasite, kg çay başına mg FeSO₄ eşdeğeri olarak ölçülmüştür. FRAP kapasite miktarları 76.85 ile 82.27 arasında değişmektedir. En düşük FRAP kapasite kontrol örneği olarak kullanılan KB1 çay örneğinde bulunmuştur. En yüksek miktar KB7 çay örneğinde gözlemlendi. Veriler, çalışmada üretilen farklı karabuğday kabuğu çayı örnekleri arasında FRAP kapasitesinde değişkenlik olduğunu göstermektedir. Kontrol numunesi (KB1 çayı) ile karşılaştırma, kontrol ve deneysel numuneler arasındaki FRAP kapasitesindeki farklılıkları göstermiştir. Bu sonuçlar, karabuğday kabuğu çayı üretim prosesine uygulanan bazı faktörlerin FRAP kapasitesini etkileyebileceğini göstermektedir.

Liu vd. (2019) yaptıkları bir çalışmaya göre 15 adet karabuğday örneğinin FRAP kapasitesi 4.90 ile 7.43 mmol Fe²⁺ Eşdeğeri/100g olarak bulunmuştur. Ayrıca tatar karabuğday örnekleri için, kavurma işlemi hariç kaynatma ve buharda olmak üzere tüm ısıtma işlemleri, toplam fenolik kapasite (TFK), toplam flavonoid kapasite (TFLK), DPPH serbest radikal temizleme aktivitesi, FRAP ve ABTS serbest radikal temizleme kapasitesinde önemli artışlara yol açmıştır.

3.10. Fenolik Bileşikler LC-MS/MS Analiz Sonuçları

Karabuğday kabuğu çayında bulunan birincil organik bileşenleri tanımlamak için LC-MS/MS (Tandem Kütle Spektrometrisi ile Sıvı Kromatografi) tekniği kullanıldı. Karşılaştırma için standart olarak toplam 53 fenolik bileşik seçildi. Çaydaki bileşiklerin kromatografik davranışları, UV spektrumları ve MS verileri referans standartlardakilerle analiz edilerek 17 fenolik bileşik tanımlandı. LC-MS/MS analizi ile belirlenen her bir kimyasalın ortalama değerleri Tablo 7’de listelenmiştir. Kinik asit, fumarik asit, akonitik asit, gallik asit, protokatekuik asit, klorojenik asit, protokatekuik aldehit, tannik asit, p-kumarik asit, ferulik asit, salisilik asit, rutin, izokersitrin, hesperidin, kuersitrin, naringenin ve luteolin karabuğday kabuğu çayında bulunan ana bileşenlerdir (Şekil 32).

Genel olarak Tablo 7’de görüldüğü gibi basınçlı buhar yöntemi ile üretilen karabuğday çaylarında tespit edilen bileşenler (ferulik asit hariç) nispeten daha fazladır.

Mevcut çalışmada kinik asit, 942.48-1827.55 µg/mL; fumarik asit, 11.66-22.60 µg/mL; akonitik asit, 1.40-2.71 µg/mL; gallik asit, 5.42-10.51 µg/mL; protokatekuik asit, 439.23-851.70 µg/mL; klorojenik asit, 1.40-2.71 µg/mL; protokatekuik aldehit 45.56-88.34 µg/mL; tannik asit, 1.48-2.87 µg/mL; p-kumarik asit, 8.62-16.71 µg/mL; ferulik asit, 7.96-34.33 µg/mL; salisilik asit, 3.12-6.05 µg/mL; rutin, 20.36-39.47 µg/mL; izokersitrin, 48.35-93.75 µg/mL; hesperidin, 49.09-95.18 µg/mL; kuersitrin, 4.76-9.23 µg/mL; naringenin 2.46-4.78 µg/mL ve luteolin 1.31-2.55 µg/mL arasında tespit edildi.

Quercetin 3-O-rutinoside (rutin), kan damarlarını güçlendirmek, kolajen üretiminde yer almak ve C vitamini kullanımına yardımcı olmak gibi birçok sağlık faydasına sahip olan bir flavanoiddir. Ayrıca kolesterol seviyelerini düşürebilir, kan pıhtılarını azaltabilir ve kan basıncını düşürebilir (Nishimura vd., 2016; Suzuki vd., 2014; Zhang vd., 2017). Bu çalışmada rutin tüm örneklerde tespit edildi. Basınçlı buhar yönteminde uygulanan sıcaklık ve süre arttıkça rutin miktarının da arttığı görülmüştür.

Borovaya ve Klykov (2020) yaptıkları bir çalışmada, karabuğday bitkilerinde kuersetin, viteksin, kuersitrin, orientin, antosiyanitler, fenolkarbonik asitler ve diğer bileşikleri bulmuşlardır.

HPLC (yüksek performanslı sıvı kromatografisi), MS (kütle spektrometresi) ve NMR (nükleer manyetik rezonans) gibi çeşitli yollarla tatar karabuğdayında tanımlanan fenolik maddeler, öğütülmüş numunelerin tüm fraksiyonlarında (kabuk, kaba kepek, ince kepek ve hafif un) p-hidroksibenzoik, protokatekuik, kafeik, klorojenik, gallik, ferulik, p-kumarik, sirinik ve vanilik asitleri tespit edilmiştir (Guo vd., 2012a; Guo vd., 2012b; Kim vd., 2013; Matsui vd., 2010; Ren vd., 2013). Fenolik asitler kepeklerde en çok serbest formda, daha az oranda da bağlı formda yoğunlaşmıştır (Guo vd., 2012a). Karşılaştırmalı çalışma, kepekte en çok bulunan fenolik asidin p-hidroksibenzoik asit (360 mg/100 g ince kepek) olduğunu ve sırasıyla kafeik asit (38 mg/100 g ince kepek), klorojenik asit (21 mg/100 g ince kepek) ve protokatekuik asit (18 mg/100 g ince kepek) takip ettiğini ortaya çıkardı. Kabuklarda en fazla protokatekuik asit bulunur (54 mg/100 g DW) (Guo vd., 2012b). Filizlendirme, klorojenik asit gibi fenolik asitlerin içeriğini arttırabilmektedir (Kim vd., 2008).

Flavonoller, tatar karabuğdayının başlıca polifenolleridir. Rutin, izokersitrin, kaempferol, kersetin-3-O-β-D-galaktosid, kersetin-3-O-β-D-glukozit, kaempferol-3-O-β-D-galaktosid, kaempferol-3-O-β-D-glukozit, kersetin-3-O-α-L-rhamnosid, kersetin-3-O-galaktosil-rhamnosid, karabuğdayın tohumlar, filizler, çiçekler ve yapraklar dahil

olmak üzere çeşitli kısımlarında tanımlanmıştır (Qin vd., 2013; Ren vd., 2013; Wiczowski vd., 2014).

Qin ve ark. (2010), 21 tatar karabuğday ve 18 sıradan karabuğday unlarındaki rutin ve kersetin içeriğini analiz etmiştir ve bileşimlerinde büyük farklılık gözlemlenmiştir (rutin, 6.06-18.67 mg/g DW; kuersetin, 0.31-2.38 mg/g DW). Tatar karabuğdayı, sıradan karabuğdaydan çok daha yüksek miktarda rutin ve kuersetin içermektedir. Tatar karabuğdayı tohumlarındaki rutin içeriği (14.1 mg/g DW), sıradan karabuğdayınkinden (0.2 mg/g DW) çok daha yüksekti (Kim vd., 2008). Rutin aynı zamanda filizdeki başlıca flavonoiddir (Nam vd., 2015) ve 7 güne kadar çimlenme rutin içeriğini 4 kat arttırmıştır (Zhou vd., 2015). Tatar karabuğdayı filizleri, sıradan karabuğday filizlerinden daha yüksek rutin içeriğine sahiptir (Kim vd., 2008).

Yine başka bir çalışmada, tohumlardaki ana flavonoid olan rutin, ısılatma işlemi sırasında içeriğinin azaldığı, izokuersitrin, kuersetin ve kaempferol gibi diğer flavonollerin içeriğinin ise arttığı görülmüştür (Qin vd., 2013). Bu durum enzimatik reaksiyonlara bağlanabilir (Zhu, 2016).

Rutin içeriği çiçek ve yapraklarda çiçeklenme ve tohum oluşumu dönemlerinde daha yüksek bulunmuştur. Kuersitrin yalnızca çiçeklerde bulunmuştur (Zielin'ska, 2012).

Bir çalışmada, fenolik madde içeriği en fazla çiçek kısımlarında bulunurken bunu yapraklar ve saplar takip etmiştir. Tatar karabuğdayının toplam kersetin içeriği, Polygonaceae familyasının 10 türüyle karşılaştırıldı. Tatar karabuğdayının kuersetin düzeyi en yüksek türler arasında yer aldığı görülmüştür (Tseye-Oidov vd., 2010; Zhu, 2016).

Tablo 7. Fenolik bileşikleri LC-MS/MS analiz sonuçları (µg/mL)

No	Analytes	KB1	KB2	KB3	KB4	KB5	KB6	KB7	KB8	KB9	KB10	KB11	KB12	KB13
1	Quinic acid	942.48	1034.97	998.30	1042.95	1229.53	1133.85	1159.36	1062.09	1014.24	1154.58	1545.29	1688.81	1827.55
2	Fumaric aid	11.66	12.80	12.35	12.90	15.21	14.02	14.34	13.14	12.54	14.28	19.11	20.89	22.60
3	Aconitic acid	1.40	1.53	1.48	1.54	1.82	1.68	1.72	1.57	1.50	1.71	2.29	2.50	2.71
4	Gallic acid	5.42	5.95	5.74	6.00	7.07	6.52	6.66	6.11	5.83	6.64	8.88	9.71	10.51
5	Epigallocatechin	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
6	Protocatechuic acid	439.23	482.33	465.24	486.05	573.00	528.41	540.30	494.97	472.67	538.07	720.16	787.04	851.70
7	Catechin	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
8	Gentisic acid	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
9	Chlorogenic acid	1.40	1.53	1.48	1.54	1.82	1.68	1.72	1.57	1.50	1.71	2.29	2.50	2.71
10	Protocatechuic aldehyde	45.56	50.03	48.25	50.41	59.43	54.81	56.04	51.34	49.03	55.81	74.69	81.63	88.34
11	Tannic acid	1.48	1.62	1.57	1.64	1.93	1.78	1.82	1.67	1.59	1.81	2.42	2.65	2.87
12	Epigallocatechin gallate	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
13	Cynarin	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
14	4-OH Benzoic acid	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
15	Epicatechin	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
16	Vanilic acid	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
17	Caffeic acid	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
18	Syringic acid	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
19	Vanillin	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
20	Syringic aldehyde	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
21	Daidzin	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
22	Epicatechin gallate	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
23	Piceid	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
24	p-Coumaric acid	8.62	9.46	9.13	9.54	11.24	10.37	10.60	9.71	9.28	10.56	14.13	15.44	16.71
25	Ferulic acid-D3-IS ^h	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
26	Ferulic acid	22.16	29.75	28.69	29.98	32.13	31.60	34.33	15.73	13.25	24.13	17.50	8.83	7.96

Tablo 7. (Devamı)

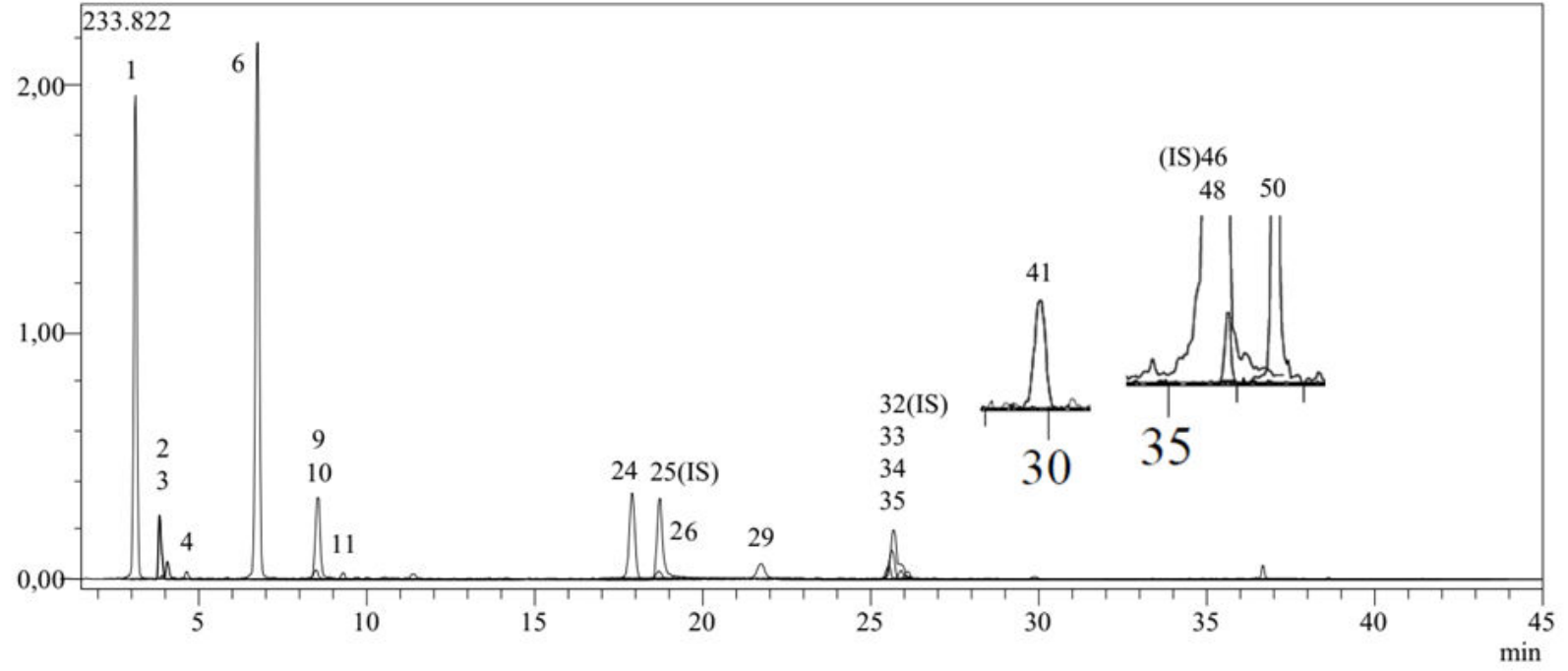
27	Sinapic acid	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
28	Coumarin	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
29	Salicylic acid	3.12	3.43	3.30	3.45	4.07	3.75	3.84	3.52	3.36	3.82	5.11	5.59	6.05
30	Cyanoside	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
31	Miquelianin	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
32	Rutin-D3-IS	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
33	Rutin	20.36	22.35	21.56	22.53	26.56	24.49	25.04	22.94	21.91	24.94	33.38	36.48	39.47
34	isoquercitrin	48.35	53.09	51.21	53.50	63.07	58.16	59.47	54.48	52.03	59.23	79.27	86.63	93.75
35	Hesperidin	49.09	53.90	51.99	54.32	64.04	59.05	60.38	55.32	52.82	60.13	80.48	87.96	95.18
36	o-Coumaric acid	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
37	Genistin	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
38	Rosmarinic acid	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
39	Ellagic acid	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
40	Cosmosiin	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
41	Quercitrin	4.76	5.23	5.04	5.27	6.21	5.73	5.86	5.37	5.12	5.83	7.81	8.53	9.23
42	Astragalin	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
43	Nicotiflorin	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
44	Fisetin	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
45	Daidzein	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
46	Quercetin-D3-IS	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
47	Quercetin	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
48	Naringenin	2.46	2.70	2.61	2.73	3.21	2.96	3.03	2.78	2.65	3.02	4.04	4.41	4.78
49	Hesperetin	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
50	Luteolin	1.31	1.44	1.39	1.45	1.71	1.58	1.62	1.48	1.41	1.61	2.15	2.35	2.55
51	Genistein	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
52	Kaempferol	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
53	Apigenin	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

Tablo 7. (Devamı)

54	Amentoflavone	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
55	Chrysin	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
56	Acacetin	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

N.D.: Tespit edilmedi, IS: internal standard.

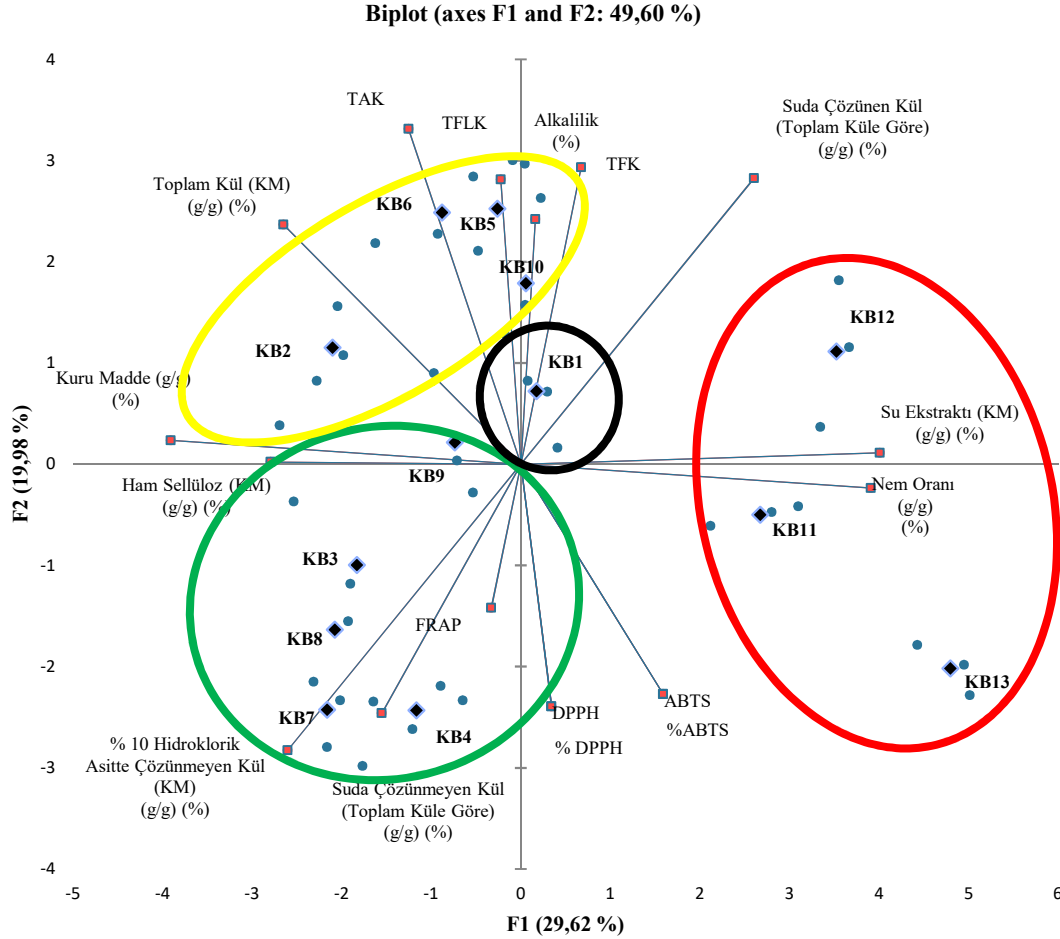
(x100.000)



Şekil 32. LC-MS/MS kromatogramı

3.11. Fiziksel, Kimyasal ve Antioksidan Sonuçların PCA Analizi

Şekil 33’de F1 ve F2 birlikte ele alındığında verilerdeki varyasyonların %49.60’unu açıklamaktadır. KB1 örneği kontrol amacıyla kullanmış olduğumuz herhangi bir işleme maruz bırakılmamış karabuğday çayıdır ve ayrı bir grup olarak görülmektedir.



Şekil 33. PCA analiz grafiği

PCA’da F1 ve F2 tipik olarak verilerdeki en fazla varyansı yakalayan orijinal değişkenlerin (özellikler) doğrusal kombinasyonları olan sırasıyla birinci ve ikinci ana bileşenleri temsil eder. Bu bileşenler, numuneler arasındaki ilişkileri ve gruplandırmaları görselleştirmek için çizilebilir. Bu, ilk iki temel bileşenin veri setinde mevcut değişkenliğin büyük bir bölümünü yakaladığını gösterir. Şekil 33’e baktığımız zaman üretilen çaylar arasında 4 farklı gruplaşma olduğunu görürüz. KB1 örneği kontrol amacıyla kullanmış olduğumuz herhangi bir işleme maruz bırakılmamış karabuğday çayıdır ve ayrı bir grup olarak görülmektedir. Söz konusu grafikte KB11, KB12 ve KB13

örnekleri ayrı birer grup, KB3, KB4, KB7, KB8 ve KB9 örnekleri bir grup ve KB2, KB5, KB6 ve KB10 örnekleri başka bir grup olarak ayrılmışlardır.

PCA'da iki temel faktör hesaplanır: indirmeler ve derecelendirmeler. Orijinal değişkenler ile temel bileşenler arasındaki ilişki yüklemelerle temsil edilir. Her değişkenin birincil bileşenlere nasıl katkıda bulunduğunu gösterirler. Matris, satırların değişkenleri ve sütunların ana bileşenleri temsil ettiği yüklemeleri ifade etmenin yaygın bir yoludur. Orijinal verinin ana bileşenler tarafından belirlenen yeni koordinat sistemine izdüşümü noktalarla temsil edilir. Orijinal veri setindeki bir gözlem, puan matrisindeki her satır ve her sütunla bir temel bileşenle temsil edilir. Yapmış olduğum çalışmaya ait PCA yükleme ve skor Tablo 8'de verilmiştir.

KB11, KB12 ve KB13 örneklerinin nem, su ekstraktı, suda çözünmeyen kül ve ABTS değerleri diğer örneklerle göre daha yüksek çıkarken toplam kül, ham selüloz, %10 HCl'de çözünmeyen kül, TFLK, TAK ve FRAP analiz sonuçları düşük çıkmıştır. En yüksek nem oranı ve su ekstraktı oranı KB13 örneğinde çıkmıştır. KB2, KB5, KB6, KB10 ve KB12 örneklerinde toplam kül, suda çözünmeyen kül, alkalilik, TFK; TFLK, TAK analiz sonuçları yüksek çıkmıştır. KB1, KB5, KB9 ve KB10 örneklerinde alkalilik, DPPH, % DPPH inhibisyon, ABTS ve % ABTS analiz sonuçları diğer örneklerle göre daha yüksektir.

Tablo 8. PCA yükleme ve skor tablosu

Analizler	F1	F2	F3	F4	F5	Örnekler	F1	F2	F3	F4	F5
Nem Oranı (%)	0.952	-0.047	-0.205	-0.030	-0.082	KB1	0.175	0.722	0.873	-0.350	2.003
Kuru Madde (%)	-0.952	0.047	0.205	0.030	0.082	KB2	-2.102	1.153	-2.754	-1.425	0.777
Toplam Kül (KM) (%)	-0.645	0.473	0.376	0.030	0.003	KB3	-1.830	-0.996	-0.783	-1.080	-0.638
Suda Çözünen Kül (TKG)(%)	0.634	0.565	0.368	0.097	-0.201	KB4	-1.167	-2.433	-0.355	-0.386	1.092
Suda Çözünmeyen Kül (TKG)(%)	-0.634	-0.565	-0.368	-0.097	0.201	KB5	-0.261	2.526	1.233	-0.332	-0.787
Su Ekstraktı (KM)(%)	0.976	0.022	-0.111	-0.062	-0.115	KB6	-0.881	2.488	0.347	0.568	0.078
Ham Selüloz (KM)(%)	-0.680	0.005	0.359	0.144	-0.120	KB7	-2.164	-2.426	-0.357	2.026	0.429
Alkalilik (%)	0.039	0.484	0.596	0.104	-0.168	KB8	-2.076	-1.636	0.139	0.458	-1.924
% 10 HCl Çözünmeyen Kül (KM)(%)	-0.378	-0.492	-0.034	0.434	-0.264	KB9	-0.739	0.217	2.435	0.021	-0.008
TFK	0.164	0.587	-0.002	0.125	0.114	KB10	0.057	1.788	1.047	0.846	-0.156
TFLK	-0.055	0.563	0.212	0.050	0.588	KB11	2.672	-0.500	0.215	-0.987	-0.076
TAK	-0.305	0.662	0.040	0.078	-0.430	KB12	3.521	1.113	-2.228	1.512	-0.340
DPPH	0.083	-0.479	0.662	-0.522	-0.155	KB13	4.795	-2.017	0.186	-0.872	-0.451
% DPPH	0.083	-0.479	0.662	-0.522	-0.155						
ABTS	0.387	-0.454	0.503	0.523	0.275						
%ABTS	0.387	-0.455	0.503	0.523	0.275						
FRAP	-0.080	-0.284	-0.099	0.498	-0.568						

3.12. Duyusal Analizler

Karabuğday çayının duyusal analizi, onun tadının, aromasının ve diğer duyusal, tat, aroma ve diğer organoleptik özelliklerinin değerlendirilmesi şeklinde yapılmıştır. Çayın görünüşünün, renginin, kokusunun, aromasını ve tadının değerlendirilmesini kapsamaktadır. Bunlara ilaveten genel kabul ve toplam puan olarak da değerlendirme yapıldı. Süreç, kaliteyi ve özellikleri belirlemek için genellikle duyusal değerlendirme ve kimyasal analizin bir kombinasyonu kullanılmıştır.

Tablo 9. Karabuğday çayı duyusal analizler tablosu

Örnekler	Kuru Çayın Görünüşü	Dem Rengi	Demin Aroması	Burukluk Dolgunluk	Genel Kabul	Toplam Puan
KB1	7.15 ^a ±0.69	6.85 ^a ±0.55	7.00 ^{abcd} ±0.71	6.69 ^a ±0.63	7.00 ^{abc} ±0.58	34.69 ^{abc} ±1.32
KB2	6.69 ^a ±0.75	7.92 ^d ±0.64	7.54 ^{de} ±0.66	6.77 ^a ±0.73	7.23 ^{bcd} ±0.73	36.15 ^{cd} ±1.46
KB3	6.92 ^a ±0.76	7.31 ^{abc} ±0.63	7.31 ^{bcd} ±0.48	7.00 ^{ab} ±0.58	7.15 ^{abcd} ±0.69	35.69 ^{abcd} ±1.89
KB4	7.00 ^a ±0.71	7.15 ^{ab} ±0.69	7.31 ^{bcd} ±0.63	6.92 ^{abc} ±0.76	7.08 ^{abc} ±0.86	35.46 ^{abcd} ±0.78
KB5	7.15 ^a ±0.55	7.08 ^{ab} ±0.64	7.15 ^{abcd} ±0.8	7.3bc ±0.51	7.08 ^{abc} ±0.76	35.85 ^{bcd} ±1.77
KB6	7.31 ^b 0.95	6.85 ^a 0.69	6.69 ^a 0.63	6.77 ^{abc} 0.73	7.00 ^{abc} 0.71	34.62 ^{abc} 2.26
KB7	6.85 ^a ±0.90	6.85 ^a ±0.69	6.85 ^{ab} ±0.55	6.85 ^{ab} ±0.55	6.69 ^{ab} ±0.48	34.08 ^{ab} ±1.61
KB8	7.00 ^a ±0.82	6.85 ^a ±0.69	6.77 ^{ab} ±0.60	6.62 ^a ±0.65	7.08 ^{abc} ±0.76	34.31 ^{ab} ±1.44
KB9	7.08 ^a ±0.76	6.85 ^a ±0.69	6.69 ^a ±0.63	6.85 ^{ab} ±0.55	7.00 ^{abc} ±0.82	34.46 ^{ab} ±1.13
KB10	7.00 ^a ±0.71	6.85 ^a ±0.69	7.46 ^{cde} ±0.52	6.69 ^a ±0.63	6.54 ^a ±0.52	34.54 ^{ab} ±1.13
KB11	7.15 ^a ±0.99	6.77 ^{abc} ±0.73	6.92 ^c ±0.64	7.85 ^c ±0.90	7.46 ^e ±0.52	36.15 ^e ±1.95
KB12	7.62 ^a ±0.96	7.62 ^{bcd} ±0.77	7.77 ^c ±0.93	7.77 ^c ±0.93	8.08 ^e ±0.76	38.85 ^e ±3.13
KB13	6.77 ^a ±0.83	7.77 ^{cd} ±0.83	7.85 ^e ±0.90	6.62 ^a ±0.65	7.69 ^{de} ±0.63	36.69 ^d ±2.25

Tabloda bulunan aynı sütundaki farklı harfler ikili karşılaştırmada önemli istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (p<0.05). n:3. Duncan testi uygulanmıştır.

Karabuğday çayı, hazırlanmasında kullanılan karabuğday kabuğu farklı bir görünüme sahipti. Kuru çay, rengi açık ten renginden koyu kahverengiye kadar değişebilen bütün veya ezilmiş karabuğday kabuğu içermekte olduğu görüldü.

Demlenmiş çay likörü, demleme süresi ve sıcaklık gibi faktörlere bağlı olarak açık sarı ile orta amber rengine sahip olma eğiliminde olduğu görülmüştür. Aroma: Karabuğday çayının aroması genellikle fındıksı, dünyevi ve hafif tatlı olarak tanımlanmıştır. Ayrıca kavrulmuş tahıl gibi ve kızarmış ekmek gibi izleri de bulunmaktadır. Aroma yoğunluğu, karabuğday kabuğunda kalan tanenin kavrulma derecesine ve kullanılan demleme yöntemine bağlı olarak değişmektedir.

Karabuğday çayı, cevizli, kızarmış ve hafif tatlı tadıyla karakterize edilen benzersiz bir lezzet profiline sahip olduğu görülmüştür. Kavrulmuş karabuğday, hafif karamelizasyon ipuçlarıyla zengin ve sağlam bir tat vermektedir. Lezzet yoğunluğu, kavurma seviyesi, demleme süresi ve su sıcaklığı gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermiştir.

Karabuğday çayının dokusu ve ağızda bıraktığı his genellikle pürüzsüz, kadifemsi ve temiz bir bitişlidir. Karabuğdaydaki çözünabilir liflerin varlığı nedeniyle hafif kuru veya ağızda kaplama hissi vermiştir. Karabuğday çayının ağızda kalan tadı genellikle hoş ve kalıcıdır, kavrulmuş tahıl notaları ve hafif bir tatlılık içerdiği analizler tarafından belirtilmiştir. Ağızda kalan tat zamanla gelişerek rahatlatıcı ve tatmin edici bir sonuç bıraktığı hissedilmiştir.

Duyusal analizlere ait bulgular Tablo 9'da verilmiştir. Tabloda bulunan aynı sütundaki farklı harfler ikili karşılaştırmada önemli istatistiksel farklılığı ifade etmektedir ($p < 0.05$). Genel olarak kontrol örneğine göre farklı koşullarda üretilen karabuğday çayları arasında istatistiksel olarak farklılar ortaya çıkmıştır. Ancak bu açık biçimde sayısal olarak farklı olmamıştır. Basınçlı buhar yöntemine göre üretilen çayların duyusal puanları bir miktar yüksek bulunmuştur.

Bazı aroma profili araştırmaları, tartar karabuğday tanelerinin, normal karabuğdayın aromasından farklı, güçlü ve karakteristik bir aromaya sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır (Janes ve ark. 2012).

Tatar karabuğday çayı, Asya, Avrupa ve Amerika'da belirgin malt aromasına sahip, zengin flavonoid, polifenol ve amino asit kaynağı olan önemli ve popüler sağlıklı bir içecektir (Zhao, 2010). Qin ve arkadaşları (2011), bu tür çaylara özgü aroma bileşiklerini ilk kez ölçen ve tanımlayanlar olmuştur. GC-MS ve GC-O, kullanılarak 2,5-dimetil-4-hidroksi-3-(2H)-furanon, maltol, benzeneasetaldehit, 2,3-dietil-5-metilpirazin, 2,5-

dimetilpirazin, nonanal, 2-etil-5-metilpirazin ve trimetilpirazin, tartar karabuğday çayı aromasına katkıda bulunan, yüksek koku aktivitesine sahip bileşikler olarak tanımlandı. Ek olarak karabuğday çayında furanol, linoleik asit, vanilik asit, 7-hidroksikumarin, niasin ve bütillenmiş hidroksitoluen gibi biyoaktif bileşikler de belirlendiler



4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Ortaya konulan analiz bilgileri, farklı işlemlerle muamele edilen çeşitli karabuğday çayı örneklerinin analitik sonuçlarını özetlemekte ve nem içeriği, kül değerleri, antioksidan aktivite ve diğer özelliklerdeki farklılıkları vurgulamaktadır.

Örnekler KB11, KB12 ve KB13 için, daha yüksek nem içeriği ve su ekstraktı miktarlarına sahip oldukları tespit edilmiş. Suda çözünmeyen kül ve ABTS değerleri daha yüksektir. Toplam kül, ham lif, %10 HCl'de çözünmeyen kül, TFLK, TAK ve FRAP değerleri daha düşüktür. KB13 no'lu örneğin en yüksek su ekstraksiyon oranına ve nem içeriğine sahip olduğu bulunmuştur.

Örnekler KB2, KB5, KB6, KB10 ve KB12 için, daha yüksek toplam kül, suda çözünmeyen kül, alkalinite, TFK, TFLK ve TAK değerleri tespit edilmiştir.

Örnekler KB1, KB5, KB9 ve KB10 için, diğer örneklerle karşılaştırıldığında daha yüksek alkalinite, DPPH, %DPPH inhibisyonu, ABTS ve % ABTS değerleri tespit edilmiştir.

Bu bulgular, farklı işlemlerle muamele edilen karabuğday çayı örneklerinin bileşimi ve antioksidan özellikleri hakkında değerli bilgiler ortaya koymuştur; bunlar, çayın sağlığı teşvik eden faydalarını arttırmak için kalite kontrolü ve işleme tekniklerinin optimize edilmesine yönelik daha fazla araştırma için faydalı olabilir.

Bulgular, basınçlı buharla ısıtmanın, diğer termal işleme teknikleriyle karşılaştırıldığında karabuğday çayı hidrofilik ekstraktlarının hem fenolik içeriği hem de antioksidan aktivitesi üzerinde en belirgin arttırıcı etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu, basınçlı buharla ısıtmanın, arttırılmış fenolik içeriğe ve antioksidan aktiviteye sahip tatar karabuğday ürünleri üretmek için en uygun yöntem olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, işleme tekniği olarak basınçlı buharla ısıtmanın seçilmesi, potansiyel olarak sağlığı geliştiren üstün özelliklere sahip karabuğday çayı ürünleri üretebilir.

Sonuç olarak, ısıl işlem tekniklerinin karabuğday çayının fenolik içeriği ve antioksidan özellikleri üzerindeki etkisini ortaya çıkarmıştır. İçerik kaybını en aza indirmek ve sağlığı teşvik eden özelliklerinin korumak için dikkatli işleme yapılması gerektiğini ortaya konmuştur. Bu, çayın faydalı bileşenlerini korumak için işleme koşullarının optimize edilmesinin önemini vurgulamaktadır. Ayrıca tüketiciler için sağlığı teşvik edici niteliklerinin devam etmesini sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Ahmed, D., Khan M. M. ve Saeed, R. (2015). Comparative Analysis of Phenolics, Flavonoids, and Antiooxidant and Antibacterial Potential of Methanolic, Hexanic and Aqueous Extracts from *Adiantum caudatum* Leaves, *Antioxidants (Basel)*, 4(2), 394-409.
- Alakali, J., Ismaila, A., Alaka, I., Faasema, J. ve Yaji, T. (2016). Quality evaluation of herbal tea blends from ginger and *Pavetta crassipes*. *European Journal of Medicinal Plants*, 12(4), 1-8.
- Amézqueta, S., Galán, E., Vila-Fernández, I., Pumarola, S., Carrascal, M., Abian, J., ... Torres, J. L. (2013). The presence of d-fagomine in the human diet from buckwheat-based foodstuffs. *Food Chemistry*, 136(3-4), 1316-1321.
- Anderson, J. W., Smith, B. M. ve Gustafson, N. J. (1994). Health benefits and practical aspects of high-fiber diets. *The American journal of clinical nutrition*, 59(5), 1242S-1247S.
- Bai, C. Z., Feng, M. L., Hao, X. L., Zhong, Q. M., Tong, L. G. ve Wang, Z. H. (2015). Rutin, quercetin, and free amino acid analysis in buckwheat (*Fagopyrum*) seeds from different locations. *Genetics and Molecular Research*, 14(4), 19040-19048.
- Banwo, K., Olojede, A. O., Adesulu-Dahunsi, A. T., Verma, D. K., Thakur, M., Tripathy, S., ... ve Utama, G. L. (2021). Functional importance of bioactive compounds of foods with Potential Health Benefits: A review on recent trends. *Food Bioscience*, 43, 101320.
- Batra, P. ve Sharma, A. K. (2013). Anti-cancer potential of flavonoids: recent trends and future perspectives. *3 Biotech*, 3, 439-459.
- Bibi Sadeer, N., Montesano, D., Albrizio, S., Zengin, G. ve Mahomoodally, M. F. (2020). The versatility of antioxidant assays in food science and safety—Chemistry, applications, strengths, and limitations. *Antioxidants*, 9(8), 709.
- Borovaya, S. A. ve Klykov, A. G. (2020). Some aspects of favonoid biosynthesis and accumulation in buckwheat plants. *Korean Society for Plant Biotechnology*, 14, 213-225
- Chandrasekara, A., ve Shahidi, F. (2018). Herbal beverages: Bioactive compounds and their role in disease risk reduction-A review. *Journal of traditional and complementary medicine*, 8(4), 451-458.

- Christa, K. ve Soral-Smietana M. (2008). Buckwheat grains and buckwheat products- Nutritional and prophylactic value of their components-A review. *Czech Journal of Food Sciences*, 26, 153-162.
- Dawodu, M. O., Obimakinde, O. ve Samuel, O. (2013). Trace metal concentrations in some tea leaves consumed in Ibadan, Nigeria. *Afri J Agri Res*, 8(46), 5771-5775.
- Dietrych-Szostak, D. ve Oleszek, W. (1999). Effect of processing on the flavonoid content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(10), 438-443.
- Dontha, S. (2016). A review on antioxidant methods. *Asian J. Pharm. Clin. Res*, 9(2), 14-32.
- Dziadek, K., Kopec, A., Pastucha, E., Piatkowska, E., Leszczynska, T., Pisulewska, E. ve Francik, R. (2016). Basic chemical composition and bioactive compounds content in selected cultivars of buckwheat whole seeds, dehulled seeds and hulls. *Journal of Cereal Science*, 69, 1-8.
- Fang, Y.Z., Yang, S. ve Wu, G. (2002). Free radicals, antioxidants, and nutrition. *Nutrition*, 18, 872-879.
- Giménez-Bastida, J. A. ve Zieliński, H. (2015). Buckwheat as a functional food and its effects on health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(36), 7896-7913.
- Gök, V. ve Serteser, A. (2003). Dogal Antioksidanların Biyoyararlılığı. 3. Gıda Mühendisliği Kongresi, 2-4 Ekim, Ankara.
- Guo, H., Yang, X., Zhou, H., Luo, X., Qin, H., Li, J. ve Ren, G. (2017). Comparison of Nutritional Composition, Aroma Compounds, and Biological Activities of Two Kinds of Tartary Buckwheat Tea. *Journal of Food Science*, 82(7), 1735-1741.
- Guo, X. D., Wang, M., Gao, J. M. ve Shi, X. W. (2012a). Bioguided fraction of antioxidant activity of ethanol extract from tartary buckwheat bran. *Cereal Chemistry*, 89, 311-315.
- Guo, X. D., Wu, C. S., Ma, Y. J., Parry, J., Xu, Y. Y., Liu, H. ve Wang, M. (2012b). Comparison of milling fractions of tartary buckwheat for their phenolics and antioxidant properties. *Food Research International*, 49, 53-59.
- Guo, X., Zhu, K., Zhang, H. ve Yao, H. (2007). Purification and characterization of the antitumor protein from Chinese tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) water-soluble extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 958-961.
- Gutiérrez-del-Río, I., López-Ibáñez, S., Magadán-Corpas, P., Fernández-Calleja, L., Pérez-Valero, Á., Tuñón-Granda, M. ve Lombó, F. (2021). Terpenoids and

- polyphenols as natural antioxidant agents in food preservation. *Antioxidants*, 10(8), 1264.
- Huang, Y. F., Peng, L. X., Liu, Y., Zhang, Z. F., Lu, L. Y. ve Zhao, G. (2013). Evaluation of essential and toxic element concentrations in different parts of buckwheat. *Czech Journal of Food Sciences*, 31, 249-255.
- Huda, M. N., Lu, S., Jahan, T., Ding, M., Jha, R., Zhang, K., ... Zhou, M. (2021). Treasure from garden: bioactive compounds of buckwheat. *Food Chemistry*, 335, 127653.
- Ikeda, K. (2002). Buckwheat: Composition, chemistry, and processing. *Advances in Food and Nutrition Research*, 44, 395-434.
- Janes, D., Prosen, H. ve Kreft, S. (2012). Identification and quantification of aroma compounds of tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) and some of its milling fractions. *Journal of Food Science*, 77:746–751
- Jiang, P., Burczynski, F., Campbell, C., Pierce, G., Austria, J. ve Briggs, C. (2007). Rutin and flavonoid contents in three buckwheat species *Fagopyrum esculentum*, *F. tataricum*, and *F. homotropicum* and their protective effects against lipid peroxidation. *Food Research International*, 40, 356-364.
- Karadag, A., Ozcelik, B. ve Saner, S. (2009). Review of methods to determine antioxidant capacities. *Food analytical methods*, 2, 41-60.
- Kasangana, P., Haddad, P. S. ve Stevanovic, T. (2015). Study of Polyphenol Content and Antioxidant Capacity of *Myrianthus Arboreus* (Cecropiaceae) Root Bark Extracts, *Antioxidants*, 4(2), 410-426.
- Kato, N., Kayashita, J. ve Sasaki, M. (2000). Physiological functions of buckwheat protein and sericin as resistant proteins. *Journal of Japan Society of Nutrition and Food Science*, 53(2), 71-75.
- Kim, S. J., Zaidul, I. S. M., Suzuki, T., Mukasa, Y., Hashimoto, N., Takigawa, S., ... Yamauchi, H. (2008). Comparison of phenolic compositions between common and tartary buckwheat (*Fagopyrum*) sprouts. *Food Chemistry*, 110, 814-820.
- Kim, Y. B., Thwe, A. A., Kim, Y. J., Li, X., Kim, H. H., Park, P. B., ... Park, S. U. (2013). Characterization of genes for a putative hydroxycinnamoyl-coenzyme a quinate transferase and p-coumarate 30 -hydroxylase and chlorogenic acid accumulation in tartary buckwheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 4120-4126.
- Kong, F. ve Singh, R. P. (2016). Chemical deterioration and physical instability of foods and beverages. In *The stability and shelf life of food* (pp. 43-76). Woodhead Publishing.

- Kozłowska, A. ve Szostak-Wegierek, D. (2014). Flavonoids-food sources and health benefits. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 65(2), 79-85.
- Lee, J., Koo, N. ve Min, D.B. (2004). Reactive Oxygen Species, Aging, And Antioxidative Nutraceuticals. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 3, 21-33.
- Lee, L. S., Choi, E. J., Kim, C. H., Sung, J. M., Kim, Y. B., Seo, D. H., ... Park, J. D. (2016). Contribution of flavonoids to the antioxidant properties of common and tartary buckwheat. *Journal of Cereal Science*, 68, 181-186.
- Li, C., Xu, F., Cao, C., Shang, M.Y., Zhang, C.Y., Yu, J., ... Cai, S.Q. (2013). Comparative analysis of two species of Asari Radix et Rhizoma by electronic nose, headspace GC–MS and chemometrics. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 85, 231-238.
- Li, Y. Q., Zhou, F. C., Gao, F., Bian, J. S. ve Shan, F. (2009). Comparative Evaluation of Quercetin, Isoquercetin and Rutin as Inhibitors of α -Glucosidase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 11463-11468.
- Lin, L.Y., Peng, C.C., Yang, Y.L. ve Peng, R.Y. (2008). Optimization of bioactive compounds in buckwheat sprouts and their effect on blood cholesterol in hamsters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 1216-23.
- Liu, Y., Cai, C., Yao, Y. ve Xu, B. (2019). Alteration of phenolic profiles and antioxidant capacities of common buckwheat and tartary buckwheat produced in China upon thermal processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 5565-5576
- Mathew, B. B., Tiwari, A. ve Jatawa, S. K. (2011). Free radicals and antioxidants: A review. *Journal of Pharmacy Research*, 4(12), 4340-4343.
- Matsubara, Y., Kumamoto, H., Iizuka, Y., Murakami, T., Okamoto, K., Miyake, H. ve Yokoi, K. (1985) Structure and hypotensive effect of flavonoid glycosides in *Citrus unshiu* peelings. *Agricultural and Biological Chemistry*, 49, 909-914.
- Matsui, T., Kudo, A., Tokuda, S., Matsumoto, K. ve Hosoyama, H. (2010). Identification of a new natural vasorelaxant compound, (+)-osbeckic acid, from rutin-free tartary buckwheat extract. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 10876-10879.
- Munteanu, I. G. ve Apetrei, C. (2021). Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. *International journal of molecular sciences*, 22(7), 3380.

- Nafiu, M. O., Hamid, A. A., Muritala, H. F. ve Adeyemi, S. B. (2017). Preparation, standardization, and quality control of medicinal plants in Africa. *Medicinal spices and vegetables from Africa*, 171-204.
- Nam, T. G., Lee, S. M., Park, J. H., Kim, D. O., Baek, N. I. ve Eom, S. H. (2015). Flavonoid analysis of buckwheat sprouts. *Food Chemistry*, 170, 97-101.
- Nichenametla, S.N., Taruscio, T.G., Barney, D.L. ve Exon, J.H. (2006). A Review Of The Effects And Mechanisms Of Polyphenolics In Cancer. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46, 161-183.
- Nishimura, M., Ohkawara, T., Sato, Y., Satoh, H., Suzuki, T., Ishiguro, K., ... Nishihira, J. (2016). Effectiveness of rutin-rich Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) ‘Manten-Kirari’ in body weight reduction related to its antioxidant properties: A randomised, double-blind, placebo-controlled study. *Journal of Functional Foods*, 26, 460-469.
- Oomah, B.D. ve Mazza, G. (1996). Flavonoids and antioxidative activities in buckwheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(7), 1746-1750.
- Peng, L., Zhang, Q., Zhang, Y., Yao, Z., Song, P., Wei, L., ... Yan, Z. (2019). Effect of tartary buckwheat, rutin, and quercetin on lipid metabolism in rats during high dietary fat intake. *Food Science & Nutrition*, 8(1), 199-213.
- Peng, L.X., Wang, J.B., Hu, L.X., Zhao, J.L., Xiang, D.B., Zou, L. ve Zhao, G. (2013). Rapid and simple method for the determination of emodin in tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) by high-performance liquid chromatography coupled to a diode array detector. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 854-857.
- Peng, L.X., Zou, L., Wang, J.B., Zhao, J.L., Xiang, D.B. ve Zhao, G. (2015). Flavonoids, antioxidant activity and aroma compounds analysis from different kinds of tartary buckwheat tea. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 77, 661-667.
- Perwez, A., Parvez, M.K., Arbab, A.H. ve Al-Dosari, M.S. (2017). Quantitative analysis of rutin, quercetin, naringenin, and gallic acid by validated RP- and NP-HPTLC methods for quality control of anti-HBV active extract of *Guiera senegalensis*. *Pharmaceutical Biology*, 55, 1317-1323.
- Pham-Huy, L. A., He, H. ve Pham-Huy, C. (2008). Free radicals, antioxidants in disease and health. *International journal of biomedical science: IJBS*, 4(2), 89.
- Pomeranz, Y. ve Robbins, G.S. (1972). Amino acid composition of buckwheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 20(20), 270-274.

- Qin, P., Ma, T., Wu, L., Shan, F., & Ren, G. (2011). Identification of Tartary Buckwheat Tea Aroma Compounds with Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *Journal of Food Science*, 76(6), S401–S407.
- Qin, P., Wang, Q., Shan, F., Hou, Z. ve Ren, G. (2010). Nutritional composition and flavonoids content of flour from different buckwheat cultivars. *International Journal of Food Science & Technology*, 45, 951-958.
- Qin, P., Wu, L., Yao, Y. ve Ren, G. (2013). Changes in phytochemical compositions, antioxidant and α -glucosidase inhibitory activities during the processing of tartary buckwheat tea. *Food Research International*, 50(2), 562-567.
- Ren, Q., Wu, C., Ren, Y., ve Zhang, J. (2013). Characterization and identification of the chemical constituents from tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn) by high performance liquid chromatography/photodiode array detector/linear ion trap FTICR hybrid mass spectrometry. *Food Chemistry*, 136, 1377-1389.
- Sheibani, E. ve Mohammadi, A. (2018). The impacts of water compositions on sensory properties of foods and beverages cannot be underestimated. *Food Research International*, 108, 101-110.
- Stahl, W., Berg, H., Arthur, J., Bast, A., Dainty, J., Faulks, R.M.,... Astley, S.B. (2002). Bioavailability And Metabolism. *Molecular Aspects of Medicine*, 23, 39-100.
- Starowicz, M., Koutsidis, G. ve Zieliński, H. (2017). Sensory analysis and aroma compounds of buckwheat containing products—a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(11), 1767–1779.
- Sun, T. ve Ho, C.T. (2005). Antioxidant activities of buckwheat extracts. *Food Chemistry*, 90, 743-749.
- Suzuki, T., Morishita, T., Mukasa, Y., Takigawa, S., Yokota, S., Ishiguro, K. ve Noda, T. (2014). Breeding of ‘Manten-Kirari’, a non-bitter and trace-rutinosidase variety of Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.). *Breeding Science*, 64, 344-350.
- Trouillas, P., Calliste, C.A., Allais, D.P., Simon, A., Marfak, A., Delage, C. ve Duroux, J.L. (2003). Antioxidant, anti-inflammatory and antiproliferative properties of sixteen water plant extracts used in the Limousin countryside as herbal teas. *Food Chemistry*, 80, 399-407.
- TSE. (1990a). Türk Standartları Enstitüsü. TS 1562 ISO 1573, *Çay-Rutubet Tayini*, Ankara.
- TSE. (1990b). Türk Standartları Enstitüsü. TS 1564 ISO 1575, *Çay-Toplam Kül Tayini*, Ankara.

- TSE. (1990c). Türk Standartları Enstitüsü. TS 1565 ISO 1576, *Çay-Suda Çözünen Kül ve Suda Çözünmeyen Kül Tayini*, Ankara.
- TSE. (1990d). Türk Standartları Enstitüsü. TS 1567 ISO 1578, *Çay-Suda Çözünen Külde Alkalilik Tayini*, Ankara.
- TSE. (1997). Türk Standartları Enstitüsü. TS ISO 9768, *Çay- Su Ekstraktı Tayini*, Ankara.
- TSE. (2001). Türk Standartları Enstitüsü. TS 1566 ISO 1577, *Çay-Asitte Çözünmeyen Tayini*, Ankara.
- TSE. (2003). Türk Standartları Enstitüsü. TS ISO 15598, *Çay-Ham Lif İçeriğinin Tayini*, Ankara.
- TSE. (2020). Türk Standartları Enstitüsü. TS 545, *Ayarlı Çözeltilerin Hazırlanması*, Ankara.
- TSE. (2024). Türk Standartları Enstitüsü. TS 12933, *Bitkisel Çaylar*, Ankara.
- Tseye-Oidov, O., Mikami, I., Watanabe, J., Tsushida, T., Demberel, B., Kimura, T. ve Ide, T. (2010). Antioxidant capacities and total quercetin content of several species of Polygonaceae in Mongolia. *Food Science and Technology Research*, 16, 169-174.
- Vogrincic, M., Timoracka, M., Melichacova, S., Vollmannova, A. ve Kreft, I. (2010). Degradation of rutin and polyphenols during the preparation of tartary buckwheat bread. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(8), 4883-7.
- Wang, L., Sun, X., Fan, L., Dan, Y., Liu, X., Huang, W. ve Zhan, J. (2015). Dynamic changes in phenolic compounds, colour and antioxidant activity of mulberry wine during alcoholic fermentation. *Journal of Functional Foods*, 18, 254-265.
- Wang, L., Yang, X., Qin, P., Shan, F. ve Ren, G.X. (2013). Flavonoid composition, antibacterial and antioxidant properties of tartary buckwheat bran extract. *Industrial Crops and Products*, 49(8), 312-317.
- Wei, Y., Hu, X., Zhang, G. ve Ouyang, S. (2003). Studies on the amino acid and mineral content of buckwheat protein fractions. *Nahrung*, 47, 114-116.
- Wiczowski, W., Szawara-Nowak, D., Dezbki, H., Mitrus, J. ve Horbowicz, M. (2014). Comparison of flavonoids profile in sprouts of common buckwheat cultivars and wild tartary buckwheat. *International Journal of Food Science & Technology*, 49, 1977-1984.
- Wu, W.ve Huang, M. (2013). Water soluble components in green teas and their effects on human health. *Green tea: Varieties, Production and Health Benefits*, 1-32.

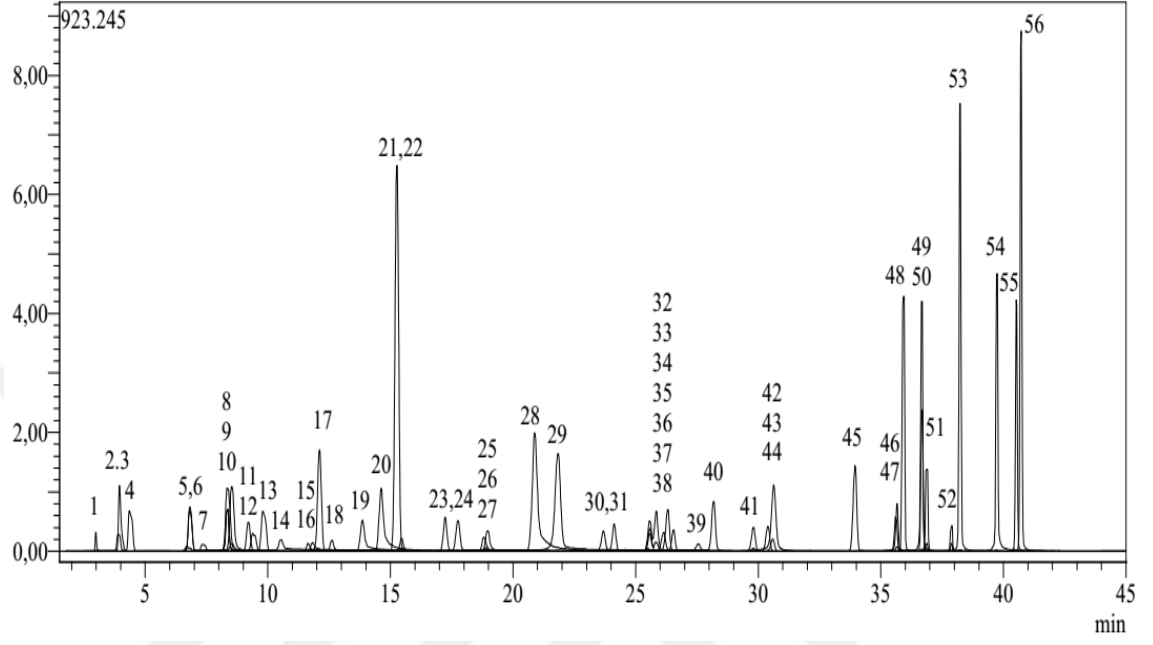
- Xu, Q., Wang, L., Li, W., Xing, Y., Zhang, P., Wang, Q. ve Ma, Y. (2019). Scented Tartary buckwheat tea: Aroma components and antioxidant activity. *Molecules*, 24(23), 1-19.
- Yang, N. ve Ren, G. (2008). Determination of D-chiro-Inositol in tartary buckwheat using high-performance liquid chromatography with an evaporative light-scattering detector. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 757-60.
- Yao, Y., Shan, F., Bian, J., Chen, F., Wang, M. ve Ren, G. (2008). D-chiro-inositol-enriched tartary buckwheat bran extract lowers the blood glucose level in KK-Ay mice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 10027-31.
- Yao, Y., Xu, F., Ju, X., Li, Z. ve Wang, L. (2020). Lipid-lowering effects and intestinal transport of polyphenol extract from digested buckwheat in Caco-2/HepG2 coculture models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(14), 4205-4214.
- Yilmaz, K., Baltacı, C., Ozturk, S. ve Karpuz, Ö. (2023). Bioactive properties of vinegars produced from *Prunus laurocerasus* L. varieties, *Journal of Berry Research*, 13(3), 227-243.
- Zhang, K., He, M., Fan, Y., Zhao, H., Gao, B., Yang, K., ... Zhou, M. (2021). Resequencing of global Tartary buckwheat accessions reveals multiple domestication events and key loci associated with agronomic traits. *Genome Biology*, 22(1), 23.
- Zhang, L., Li, X., Ma, B., Gao, Q., Du, H., Han, Y., ... Qiao, Z. (2017). The Tartary Buckwheat Genome Provides Insights into Rutin Biosynthesis and Abiotic Stress Tolerance. *Molecular Plant*, 10(9), 1224-1237.
- Zhao, G. (2010). *Buckwheat Processing and New Product Development Technology*. Beijing: Beijing Science and Technology Press. Chapter 6.
- Zhao, G., Peng, L. X., Wang, S., Hu, Y. B. ve Zou L. (2012). HPLC fingerprint-Antioxidant properties study of buckwheat. *Journal of Integrative Agriculture*, 11, 1111-8.
- Zhou, X., Hao, T., Zhou, Y., Tang, W., Xiao, Y., Meng, X. ve Fang, X. (2015). Relationships between antioxidant compounds and antioxidant activities of tartary buckwheat during germination. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 2458-2463.
- Zhu, F. (2016). Chemical composition and health effects of Tartary buckwheat. *Food Chemistry*, 203, 231-245.

- Zielin'ska, D., Szawara-Nowak, D. ve Zielin'ski, H. (2013). Antioxidative and Anti-Glycation Activity of Buckwheat Hull Tea Infusion. *International Journal of Food Properties*, 16, 228-239.
- Zielin'ska, D., Turemko, M., Kwiatkowski, J. ve Zielin'ski, H. (2012). Evaluation of flavonoid contents and antioxidant capacity of the aerial parts of common and tartary buckwheat plants. *Molecules*, 17, 9668-9682.



EKLER

Ek 1. LC-MS/MS cihazından 56 adet bileşimin kromatogramı



ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini Gümüşhane’de tamamladıktan sonra 2009 yılında Atatürk Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümüne kayıt oldu. 2013 yılında mezun olduktan sonra çeşitli firmalarda ve kurumlarda çalışma hayatına devam etti. 2021 yılında Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Fakültesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalına yüksek lisans öğrencisi olarak kabul edildi ve halen yüksek lisans öğrencisi olarak eğitim hayatına devam etmektedir.

