



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE'DE EN ÇOK TÜKETİLEN ÇAY TIPLERİNDE BOR
İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ**

ASLIHAN CİHAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
PROF. DR. AYŞEN YARAT
BİYOKİMYA (ECZ) YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

İSTANBUL- 2024



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE'DE EN ÇOK TÜKETİLEN ÇAY TIPLERİNDE BOR İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ

ASLIHAN CİHAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
PROF. DR. AYŞEN YARAT
BİYOKİMYA (ECZ.) YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

İSTANBUL- 2024

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışması ile elde edilmemiş bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Aslıhan CİHAN

TEŐEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren, çalışmanın planlanması ve tezin oluşum sürecinde benden ilgi ve desteğini hiç esirgemeyen, sahip olduğu mesleki hassasiyeti ve hoşgörüsüyle bana çalışma disiplini aşıl原因 ve mesleki geleceğime ışık tutan, araştırma tutkusuna ve zekasına büyük hayranlık duyduğum saygıdeğer tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Ayşen YARAT'a,

Eğitimime katkılarından dolayı başta Prof. Dr. Tuğba TUNALI AKBAY, Prof. Dr. Ebru Işık ALTURFAN, Prof. Dr. Derya ÖZSAVCI, Doç Dr. Özlem Bingöl ÖZAKPINAR, Doç. Dr. N. Şehkar OKTAY olmak üzere tüm Biyokimya Anabilim Dalı Öğretim Üyelerine,

Deneysel çalışmalarım sürecindeki yardımları için Sayın Dr. Öğr. Üyesi Burçin Alev TÜZÜNER ve A. Begüm ÖZEL KORLU'ya,

Yüksek lisans eğitimim süresince beni her koşulda destekleyen tüm arkadaşlarıma,

Hayatım boyunca varlığıyla ve sevgileriyle bana destek olan sevgili aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Aslıhan CİHAN

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR LİSTESİ	i
ŞEKİL LİSTESİ	ii
TABLO LİSTESİ	iv
1. ÖZET	1
2. SUMMARY	2
3. GİRİŞ ve AMAÇ	3
4. GENEL BİLGİLER	4
4.1.Çay Bitkisi	4
4.2.Ticari İçecek Olarak Çay Türleri ve Üretimi.....	5
4.2.1. Siyah çay	5
4.2.2. Yeşil çay	6
4.2.3. Oolong çay	6
4.2.4. Beyaz çay	6
4.3.Çayın Tarihçesi	7
4.3.1. Türkiye’de çayın tarihçesi	8
4.4.Türkiye’de Çay Kültürü	9
4.5.Çayın Kimyasal Bileşenleri	10
4.5.1. Fenolik bileşikler	10
4.5.2. Aminoasit ve proteinler	11
4.5.3. Kafein	11
4.5.4. Mineraller	12
4.6.Bor Minerali.....	12
4.6.1. Çayda bor minerali	13
4.6.2. İnsan metabolizmasında bor minerali.....	13
5. GEREÇ ve YÖNTEM	15
5.1.Kullanılan Kimyasal Maddeler	15
5.2.Kullanılan Araç ve Gereçler	15
5.3.Kullanılan Çayların Seçimi.....	15
5.4.Çay Örneklerinin Hazırlanması	16
5.5.Çay Örneklerine Uygulanan İşlemler	16
5.6.Çaylarda Araştırılan Parametreler için Kullanılan Tayin Yöntemleri	17
5.6.1. Kuru çayda ve demlenmiş çayda Modifiye Karminik Asit Deneyi ile bor tayini..	17
5.6.2. Demlenmiş çayda pH tayini	19

5.6.3. Demlenmiş çayda total antioksidan kapasite (TAK) tayini.....	19
5.6.4. Demlenmiş çayda total oksidan kapasite (TOK) tayini.....	20
5.6.5. Oksidatif Stres İndeksi (OSİ)	21
5.7.İstatistiksel Analiz.....	21
6. BULGULAR.....	23
6.1.Çaylarda Bor Miktarı	23
6.1.1. Yerli ve ithal çaylarda bor miktarının karşılaştırması	25
6.1.2. Siyah ve yeşil çaylarda bor miktarının karşılaştırılması	27
6.2.Demlenmiş Çaylarda Bor Miktarı	28
6.2.1. Demlenmiş çaylara bor geçişi oranı (%)	29
6.2.2. Demlenmiş yerli ve ithal çaylardaki bor miktarlarının karşılaştırması	30
6.2.2.1.Demlenmiş yerli ve ithal çaylarda bor geçişi %'lerinin karşılaştırması	30
6.2.2.2.Demlenmiş yerli (dökme-poşet) ve ithal (dökme-poşet) çaylardaki bor miktarının karşılaştırması	31
6.2.2.3.Demlenmiş yerli (dökme-poşet) ve ithal (dökme-poşet) çaylara bor geçiş %'lerinin karşılaştırması	32
6.2.3. Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylarda bor miktarının karşılaştırılması	33
6.2.3.1.Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylarda bor geçiş %'lerinin karşılaştırılması	34
6.2.4. Demlenmiş çaylarda TAK tayini.....	35
6.2.4.1.Demlenmiş yerli ve ithal çaylarda TAK değerlerinin karşılaştırması	36
6.2.4.2.Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylarda TAK değerlerinin karşılaştırılması.....	37
6.2.5. Demlenmiş çaylarda TOK tayini.....	38
6.2.5.1.Demlenmiş yerli ve ithal çaylarda TOK değerlerinin karşılaştırması	39
6.2.5.2.Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme ve poşet) çaylarda TOK değerlerinin karşılaştırılması.....	40
6.2.6. Demlenmiş çaylarda OSİ değeri.....	41
6.2.6.1.Demlenmiş yerli ve ithal çaylarda OSİ değerlerinin karşılaştırması	41
6.2.6.2.Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme ve poşet) çaylarda OSİ değerlerinin karşılaştırılması.....	42
6.2.7. Demlenmiş çaylarda pH değeri	43
7. TARTIŞMA ve SONUÇ	44
8. KAYNAKLAR	52
9. BİLİMSEL FAALİYETLER	64

KISALTMALAR LİSTESİ

ABTS	:	2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolin 6-sülfonik asit)
ÇAYKUR	:	Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü
EFSA	:	Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (European Food Safety Authority)
FAO	:	Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization)
ICP	:	İndüktif Eşleşmiş Plazma (Inductively Couple Plasma)
OSİ	:	Oksidatif Stres İndeksi
POD	:	Polifenol oksidaz
PPO	:	Peroksidaz
TAK	:	Total antioksidan kapasite
TOK	:	Total oksidan kapasite
WHO	:	Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa Numarası

Şekil 1.	Çay bitkisinin çiçeklenmiş (a) ve sürgün vermiş (b) halleri.....	4
Şekil 2.	Dünya Gıda Örgütü (FAO) 2018 yılı verilerine göre çay üretiminin ülkelere göre dağılımı.....	4
Şekil 3.	Yerli çaylarda bor miktarı (ppm).....	24
Şekil 4.	İthal çaylarda bor miktarı (ppm)	25
Şekil 5.	Yerli ve ithal çaylardaki bor miktarının karşılaştırılması.....	26
Şekil 6.	Yerli (dökme-poşet) ve ithal (dökme-poşet) çaylardaki bor miktarının karşılaştırılması.....	27
Şekil 7.	Siyah (dökme-poşet) ve yeşil çay (dökme-poşet) bor miktarlarının karşılaştırılması.....	28
Şekil 8.	Demlenmiş yerli çaylarda bor miktarı (ppm).....	28
Şekil 9.	Demlenmiş ithal çaylarda bor miktarı (ppm).....	29
Şekil 10.	Demlenmiş yerli ve ithal çaylardaki bor miktarının karşılaştırılması.....	30
Şekil 11.	Yerli ve ithal demlenmiş çaylara bor geçiş % lerinin karşılaştırılması.....	31
Şekil 12.	Demlenmiş yerli (dökme-poşet) ve ithal (dökme-poşet) çaylarda bor miktarlarının karşılaştırılması.....	32
Şekil 13.	Demlenmiş yerli (dökme-poşet) ve ithal (dökme-poşet) çaylarda bor geçiş %lerinin karşılaştırılması.....	33
Şekil 14.	Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylardaki bor miktarlarının karşılaştırılması.....	34
Şekil 15.	Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylarda bor geçiş %'lerinin karşılaştırılması.....	35
Şekil 16.	Yerli demlenmiş çaylarda TAK (mM) değerleri grafiği.....	35
Şekil 17.	İthal demlenmiş çaylarda TAK (mM) değerleri grafiği.....	36
Şekil 18.	Demlenmiş yerli ve ithal çaylarda TAK değerlerinin karşılaştırılması.....	37

Şekil 19.	Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylarda TAK miktarlarının karşılaştırılması.....	38
Şekil 20.	Demlenmiş yerli çaylarda TOK (μM) değerleri grafiği.....	38
Şekil 21.	Demlenmiş ithal çaylarda TOK (μM) değerleri grafiği.....	39
Şekil 22.	Demlenmiş yerli ve ithal çaylarda TOK değerleri (μM).....	40
Şekil 23.	Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylarda TOK değerlerinin karşılaştırılması.....	41
Şekil 24.	Demlenmiş yerli ve ithal çaylarda OSİ değerleri.....	42
Şekil 25.	Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylarda OSİ Değerlerinin karşılaştırılması.....	43
Şekil 26.	Demlenmiş çaylarda pH değerleri.....	43

TABLO LİSTESİ

Sayfa Numarası

Tablo 1.	ÇAYKUR ve özel sektöre ait çay fabrikalarının 2019 yılına ait sayıları ve kapasitelerinin illere göre dağılımı.....	9
Tablo 2.	Çay yapraklarındaki bileşenlerin kuru ağırlık yüzdeleri.....	10
Tablo 3.	Farklı çay tiplerinin ve kahvenin içeriğindeki kafein miktarları.....	12
Tablo 4.	Kullanılan Cihazlar ve Markaları	15
Tablo 5.	Çalışmada incelenen çay numunelerinin sınıflandırılması	16
Tablo 6.	Çalışmamızda kullanılan Türkiye’de çok tüketilen dökme çayların dağılımı..	23
Tablo 7.	Çalışmamızda kullanılan Türkiye’de çok tüketilen süzen poşet çayların dağılımı.....	24
Tablo 8.	Yerli ve ithal çayların bor miktarları (ppm).....	25
Tablo 9.	Yerli (dökme-poşet) ve ithal (dökme-poşet) çaylardaki bor miktarları (ppm).....	26
Tablo 10.	Siyah (dökme-poşet) ve yeşil çaylardaki (dökme-poşet) bor miktarları (ppm).....	27
Tablo 11.	Kuru çaylardan demlenmiş çaya bor geçişi.....	29
Tablo 12.	Demlenmiş yerli ve ithal çaylardaki bor miktarları (ppm).....	30
Tablo 13.	Yerli ve ithal demlenmiş çaylara bor geçiş % leri.....	30
Tablo 14.	Demlenmiş yerli (dökme-poşet) ve ithal (dökme-poşet) çaylarda bor miktarı (ppm).....	31
Tablo 15.	Demlenmiş yerli (dökme-poşet) ve ithal (dökme-süzen poşet) çaylarda bor geçişi %leri.....	32
Tablo 16.	Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylardaki bor miktarı (ppm).....	33

Tablo 17. Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylarda bor geçiş %'leri.....	34
Tablo 18. Demlenmiş yerli ve ithal çaylarda TAK değerleri (mM).....	36
Tablo 19. Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çayların TAK miktarları (mM).....	37
Tablo 20. Demlenmiş yerli ve ithal çaylarda TOK değerleri (μ M)	39
Tablo 21. Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylarda TOK değerleri (μ M).....	40
Tablo 22. Demlenmiş yerli ve ithal çaylarda OSİ değerleri	41
Tablo 23. Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylarda OSİ değerleri	42

1. ÖZET

Tezin başlığı : Türkiye’de En Çok Tüketilen Çay Tiplerinde Bor İçeriklerinin Belirlenmesi

Öğrencinin Adı Soyadı : Aslıhan Cihan

Danışmanın Adı Soyadı : Prof. Dr. Ayşen Yarat

Programın Adı : Biyokimya (Ecz) Yüksek Lisans Programı

Amaç: Bor, çay bitkisi için esansiyel olan ve çay tüketimiyle de insan vücuduna alınan bir eser elementtir. İnsan metabolizmasında borun yetersiz veya toksik düzeylerinin çeşitli aksaklıklara neden olabileceği bilinmektedir. Son yıllarda çay tüketiminde diğer ülkeleri geride bırakan Türkiye’de, çayın bor değerlerinin bilinmesinin önemli olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada, karminik asit yöntemi ile Türkiye’de yaygın olarak tüketilen bazı çayların içerisindeki bor miktarları belirlendi ve insan sağlığı açısından değerlendirildi.

Gereç ve Yöntem: Türkiye’de çok tüketilen çeşitli çay markaları ve farklı çay tiplerinden toplam 42 adet numune oluşturuldu. Öğütülmüş numunelerdeki bor tayini, sülfürik asitli ortamda bor ile karminik asitin tepkimesi sonucu oluşan renkli kompleksin 585 nm’de absorbansı ölçümüne dayanan bir spektrofotometrik yöntem ile gerçekleştirildi. Bor standart grafiği yardımıyla bor miktarları hesaplandı. Ayrıca demlenen çaylara bor geçişi tayin edildi. Demlenmiş çaylar pH, total antioksidan kapasite, total oksidan kapasite ve oksidatif stress indeksi açısından incelendi.

Bulgular: Genel olarak incelenen tüm çaylarda ortalama 11,73 ppm bor bulunduğu, yerli çaylardaki bor miktarının ithal çaylara göre daha az olduğu ve siyah dökme çaylardaki bor miktarının da poşet siyah çaylara göre daha yüksek olduğu tespit edildi. Demlenmiş çaya bor geçişinin yaklaşık %30 olduğu belirlendi. pH değerleri 4-5 arasında değişmekteydi. Total antioksidan kapasite, total oksidan kapasiteve oksidatif stress indeksi açısından fark tesbit edilmedi.

Sonuç: Günlük üst limit düzeyi dikkate alındığında, araştırmamız, çay tüketiminin bor düzeyleri açısından güvenli olduğunu ve bor ihtiyacının karşılanmasına yardımcı olduğunu desteklemektedir.

Anahtar Kelimeler: Çay, Camellia SINENSIS L., bor, karminik asit yöntemi

2. SUMMARY

Title of Thesis: Determination of boron content in the most consumed tea types in Turkey

Student Name, Surname: Aslıhan Cihan

Supervisor Name : Prof. Ayşen Yarat

Program Name : Biochemistry (Pharmacy) of Master Science Program

Objective: Boron is a trace element that is essential for the tea plant and taken into the human body through tea consumption. It is known that insufficient or toxic levels of boron can cause various disruptions in human metabolism. It is thought that it is important to know the boron values of tea in Turkey, which has left other countries behind in tea consumption in recent years. In this study, the boron amounts in some teas commonly consumed in Turkey were determined by the carminic acid method and evaluated in terms of human health.

Materials and Methods: A total of 42 samples were created from various tea brands and different tea types that are widely consumed in Turkey. The determination of boron in the pulverised samples was carried out by a spectrophotometric method based on the measurement of the absorbance at 585 nm of the colored complex formed as a result of the reaction of boron and carminic acid in a sulfuric acid environment. Boron amounts were calculated with the help of the boron standard curve. Additionally, boron transfer was determined in brewed teas. Brewed teas were examined in terms of pH, total antioxidant capacity, total oxidant capacity and oxidative stress index.

Results: In general, it was determined that all teas examined contained an average of 11.73 ppm boron, the amount of boron in domestic teas was less than in imported teas, and the amount of boron in bulk black teas was higher than bagged black teas. It was determined that boron transfer into brewed tea was approximately 30%. pH values ranged between 4-5. No difference was detected in terms of total antioxidant capacity, total oxidant capacity and oxidative stress index.

Conclusion: Considering the daily upper limit level, our research supports that tea consumption is safe in terms of boron levels and helps meet the boron need.

Key Words: Tea, Camellia SINENSIS L., boron, carminic acid method

3. GİRİŞ ve AMAÇ

Camellia SINENSIS L. bitkisinin tomurcuk ve yapraklarından çeşitli metotlarla elde edilerek üretilen çay, sudan sonra en fazla tüketilen içecektir (Can Ağca, 2007).

Çoğunlukla organik bileşiklerden oluşan, aynı zamanda mineral ve eser element bakımından da zengin olan çayın içeriğinde bulunan 2000'den fazla bileşenden biri de bordur. Bor, çay bitkisinin büyüme ve gelişmesinde, doku farklılaşmasında ve metabolik olayların düzenlenmesinde önemli role sahip bir esansiyel elementtir (Hajiboland,2017).

Bor, doğada oksijenle oluşturduğu bileşikler halinde bulunur. Borik asit (OH)₃, düşük pH'larda sulu ortamda yüksek çözünürlüğe sahip bir komplekstir ve çayın yetiştiği toprakta borun ana kaynağını oluşturur. Yüksek membran geçirgenliğine sahip borik asit, çayın köklerinden sızar ve yapraklara kadar ilerler. Çaydaki bor miktarı, iklime, toprağa, borlu gübre kullanımına, geçirdiği proseslere ve depolama koşullarına göre değişkenlik gösterir (Hajiboland ve ark., 2013; Chang ve ark., 2015).

Bitkiler için temel bir mikrobesein maddesi olduğu bilinen borun hayvan ve insan vücudundaki biyolojik rolü henüz tam olarak açıklanamamıştır. Borun kemik gelişimi, antioksidan savunma sistemi, mineral ve hormon metabolizması, yara iyileşmesi, enerji metabolizması ve bağışıklık sisteminde önemli rolü olduğu ileri sürülmektedir (Deliboran,2020). Başlıca bor alım yolu olan yiyecek ve içme suları, insanlar için bor maruziyetini doğrudan yansıtmaktadır. Bordan zengin beslenmenin insan sağlığını olumlu yönde etkileyebileceği de ifade edilmektedir (Demirtaş, 2010).

Yetersiz veya toksik düzeyde bor alımının çeşitli metabolik aksaklıklara yol açacağı belirtilmektedir. Bor için “Önerilen Günlük Alım”, “Tahmini Ortalama Gereksinim” ve “Yeterli Alım” değerleri henüz belirlenmemesine rağmen erişkinler için tolere edilebilir üst alım düzeyi 20 mg bor/gün olarak ifade edilmektedir (Yeşilbağ, 2009).

Son yıllarda çay tüketiminde diğer ülkeleri geride bırakan Türkiye’de çaydaki bora maruziyetin arttığı açıkça görülmektedir. Bu nedenle, Türkiye’de tüketilen çaylardaki bor miktarının belirlenmesi, toplumun sağlığı açısından önem taşımaktadır. Halk sağlığını direkt olarak ilgilendiren bu araştırmada Türkiye’de en çok tüketilen çaylarda karminik asit yöntemiyle bor miktarı tayini edilerek, çaylardaki bor miktarının nasıl değiştiği ve bor maruziyeti incelenmiştir.

4. GENEL BİLGİLER

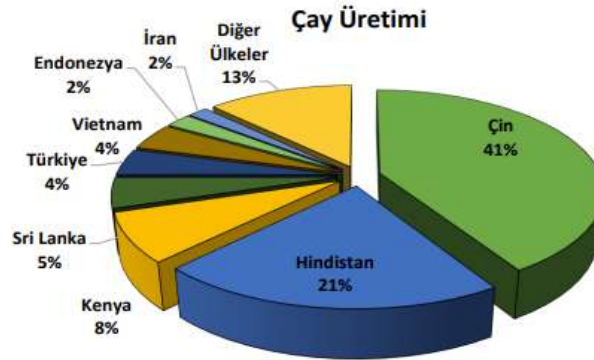
4.1 Çay Bitkisi

Çay bitkisi (*Camellia SINENSIS L.*), doğada bırakıldığında 5-15 m yüksekliğe ulaşabilen, üretiminin yapılabilmesi için 1,2-1,5 m yüksekliğinde tutulan, dallı ve her mevsim yeşil yapraklı bir çalı türüdür. Üst kısımlardaki 1-4 adet kadar tohum ile sürgünün sağlandığı bu bitkinin en genç yaprakları yumuşak ve beyaz tüylü iken olgun yaprakları 2-5 cm genişlikteki ve 5-14 cm uzunluktaki ebatlarda koyu yeşil ve tüysüzdür (Şekil 1) (Mürtezaoğlu, 2023).



Şekil 1. Çay bitkisinin çiçeklenmiş (a) ve sürgün vermiş (b) halleri (Güzeldir, 2015'den yararlanılarak hazırlanmıştır)

En verimli dönemine 30-50 yaş aralığında ulaşan ve 100 yılın üzerinde yaşayabilen çay bitkisinin bir bölgede üretiminin yapılabilmesi için o bölgenin yıllık 1200 mm'nin üzerinde yağış alması, toprağının pH değerinin 4,5-5,6 aralığında olması, en az %2 organik madde içermesi ve iyi havalandırılmış olması gerekmektedir (Hajiboland, 2017). Çay üretimi, başta Çin, Hindistan, Sri Lanka, Türkiye, Vietnam, Endonezya ve İran olmak üzere birçok ülkede yapılmakta ve ülkelere ait üretim payları Şekil 2'deki gibi dağılmaktadır.



Şekil 2. Dünya Gıda Örgütü (FAO) 2018 yılı verilerine göre çay üretiminin ülkelere göre dağılımı (<https://www.tarimorman.gov.tr>, Erişim tarihi: Ocak 2023)

4.2. Ticari İçecek Olarak ay Türleri ve retimi

Sudan sonra en fazla tüketilen içecek olan çay, yeşil yapraklı *Camellia SINENSIS L.* bitkisinin tomurcuk ve mümkün olduğunca st iki yaprağının çeşitli metotlarla işlenmesiyle elde edilmektedir. ay yapraklarının ticari bir ieeğe dönüşmesi sürecinde kimyasal içerik, karakteristik aroma ve rengi belirleyen en önemli faktör fermentasyondur. Burada söz edilen fermentasyon terimi, esasen mikroorganizma aktivitesiyle ilişkili olmayıp üretim sürecinde çeşitli enzimatik reaksiyonlar sonucu gerçekleşen oksidasyon tepkimelerini ifade eder (z, 2021). Fermentasyon derecelerine göre c ana çay tipinden söz edilir; fermente olmamış çay (yeşil çay), yarı fermente olmuş çay (oolong çay) ve tam fermente olmuş çay (siyah ay) (Can Ağca, 2007). Bu standart sınıflandırmanın dışındaki diğer bir çay tipi ise, yeşil çay gibi oksidasyondan korunarak üretilen fakat farklı olarak yüksek miktarda tomurcuk yaprak içeren beyaz aydır (Demirbaş, 2020). Dünya genelinde en çok üretilen çay tipi %78'lik payla siyah aydır. Yeşil ay üretimi %20 ve oolong çay üretimi %2'lik paya sahipken beyaz çay üretimi çok az yapılmaktadır (Akbulut ve ark, 2020).

4.2.1. Siyah ay

Siyah ay üretiminde, işletmeye gelen taze çay yaprağı, genel olarak kuru hava ile temas ettirildikten sonra suyunun bir kısmından arındırılır. Bu soldurma işleminden sonra çay yaprakları esneklik kazanır ve hücre zarı geçirgenliği artarak çayın aroması oluşmaya başlar. Daha sonra kıvrılma işlemine alınan çay yaprakları ezilip bükülerek hücre zsuyundaki polifenol oksidaz (PPO) ve peroksidaz (POD) enzimlerinin açığa çıkması sağlanır. Bu enzimlerin aktivitesiyle başlatılan fermentasyon basamağında yaş çay yapraklarında bulunan polifenol bileşikleri, çeşitli hidroliz, oksidasyon, transformasyon ve polimerizasyon tepkimlerine girerek siyah çaya rengini veren teaflavinlere ve tearubigenlere dönüşür. Fermentasyon tamamlandıktan sonra sıcak hava ile kurutulan çaylar çeşitli eleklerden geçerek ambalajlanır (Acar, 2019; Lee ve ark., 2016).

Siyah ayın üretim aşamasındaki yüksek enzim aktivitesi çayın kalitesini olumlu yönde etkilemektedir. Tat ve renk oluşumunu sağlayan PPO dışında, aromaya katkıda bulunan bazı alkollerin oluşumunu sağlayan alkoldehidrojenaz enzimi, aminoasitlerin dönüşümünü ve terpenlerin oluşumunu sağlayan transasminaz enzimi, peknik maddelerin parçalanmasını sağlayan pektinaz enzimi ve proteinlerin hidrolizini sağlayan peptidaz enzimi gibi birçok enzimin aktivitesi, siyah çayın karakteristik özelliklerinin oluşmasında önemli rol oynamaktadır (Balaban, 2019)

4.2.2. Yeşil çay

Asya’da keşfedilip tüketilen Yeşil çay, özellikle bilimsel çalışmalar neticesinde oldukça sağlıklı bir içecek olduğu anlaşıldığı son yıllarda, Avrupa’da yaygın bir şekilde tüketilmeye başlamıştır. Yeşil çay üretiminde, siyah çaydan farklı olarak, başlangıçta yüksek sıcaklık ya da buhar uygulanarak çay yapraklarının PPO enzimlerinin inaktif olması sağlanır ve fermentasyon yüksek oranda engellenmiş olur (Moore ve ark., 2009). Oksidasyonun engellenmesi sonucu yeşil çaydaki polifenol içeriği, taze çay yapraklarındaki polifenol içeriğine yakın olacak şekilde korunmuş olur (Tanaka ve Kouno, 2003). Günümüzde yapılan çalışmalar, polifenol bileşiklerinin, yeşil çayın kalitesini belirlediğini ve çaya antimikrobiyal, antidiyabetik, antikanser, antiaging ve antioksidan nitelik kazandırdığını ortaya çıkarmıştır (Gulati ve ark., 2003).

4.2.3. Oolong çay

Çay üretimi sürecinde fermentasyonun %10 ile %70 arasında değişen oranlarla gerçekleştirilmesi sonucu oluşan Oolong çayın keşfi 1000 yıl öncesine dayanmaktadır. Buna rağmen dünya çapında tanınması ve tüketilmesi son on yılda gerçekleşmiştir. Öyle ki, sadece 2014 yılından 2018 yılına kadar üretimi ikiye katlanmıştır. Oolong çay esas olarak Tayvan ve Güney Çin’de üretilmektedir. Üretilen oolong çayın içeriği, esas olarak fermentasyon derecesiyle değişmekle beraber kullanılan yaprakların bünyesindeki serbest aminoasitlerden ve özellikle *L*-theaninden etkilenmektedir. İçeriğindeki uçucu moleküllerin kokusu ve burukluğu oolong çayın içim kalitesini direkt olarak etkilemektedir (Chen ve ark., 2013; Weerawatanakorn ve ark., 2015).

Yarı fermente özellikteki oolong çay, yeşil çaydakinden az miktarda polifenol bileşiklerini, siyah çaydakinden az miktarda da theaflavinleri ve thearubiginleri birlikte içermektedir (Leung ve ark., 2001).

4.2.4. Beyaz çay

Başlarda sadece Çin’in belli bölgelerinde yapılan beyaz çay üretimi, günümüzde artık Hindistan, Viyetnam, Kenya, Doğu Nepal, Sri Lanka gibi ülkelerin yanı sıra az miktarda da olsa Türkiye’de de yapılmaktadır (Fidan, 2017). Beyaz çayın üretimi ve tüketimi diğer çay tiplerine göre oldukça azdır. Bu durum beyaz çayın dünyanın en değerli ve en pahalı çay olmasına neden olmaktadır (Yeniçirak, 2019).

Beyaz çay tıpkı yeşil çay gibi oksidasyondan korunarak üretilmektedir. Fakat farklı olarak beyaz çay üretiminde mümkün olduğunca çayın en tepesindeki tomurcuklar kullanılır ve daha basit, geleneksel kurutma yöntemleriyle işlenir. Bu tomurcukların üzerlerinde bulunan küçük beyaz tüylerden dolayı bu çaya “beyaz çay” denmektedir. Demlenmiş beyaz çay, meyvemsi ve çiçeksi aroması ve yumuşak içimiyle yüksek organoleptic özellik göstermektedir (Pastoriza ve ark., 2017).

Çay bitkisinde tomurcuklar diğer yapraklara göre daha fazla fenolik bileşik içermektedir. Bu tomurcukların oksidasyondan da korunmasıyla beyaz çay zengin polifenol içeriğinden dolayı yüksek antioksidan nitelik kazanmaktadır. Bu durum bilinse de beyaz çayla ilgili bilimsel araştırmalar yeşil ve siyah çaya göre yeterli değildir. Çin’de iyileştirici etkisinin asırlardır bilindiği beyaz çayla ilgili araştırmalar ancak son 30 yıldır küresel olarak araştırılmaktadır (Dias ve ark., 2013).

4.3 Çayın Tarihçesi

Çayın keşfinin yaklaşık 5000 yıl öncesinde Çin İmparatoru Shen Nung tarafından gerçekleştirildiği düşünülmektedir. Efsaneye göre tanrısal statüsünden dolayı Shen Nung’un içeceği sular, hijyenik olması amacıyla öncesinde kaynatılmaktadır. Bir gün, uzun bir yolculuk sırasında verilen molada, İmparatorun içmesi için kaynatılan suyun içine, rüzgarın da etkisiyle etraftaki kurumuş çay yaprakları düşer ve etrafa hoş bir koku yayılır. Bilimsel merakları olduğu bilinen imparator, bu yeni oluşan kahverengi sıvıya merak duyar. Tadına bakıp büyük bir ferahlık hissettikten sonra, bu bitkinin araştırılmasını ve üretilmesini ister. Çayın, Çinliler tarafından soyluluk ile ilişkilendirilmesinin temelinde, keşfinin bir imparator tarafından yapılması yatmaktadır. Çin’de başlarda daha çok şifalı olduğu için tüketilen çay, M.S. 6. yüzyıldan sonra ferahlatıcı bir içecek olarak tüketilmeye başlamıştır. Çayın Çin’den batıya taşınması ilk olarak M.S. 5. yüzyılda bölgede faaliyet gösteren Türk tüccarlar tarafından gerçekleştirilmiştir. Daha sonra Budizmin Japonya’yı etkilemesi üzerine M.S. 6. yüzyılda Japon kültüründe de yer almaya başlamıştır. Japonlar, tarihsel açıdan çayla ilgili belgelendirmelere Çinlilerden daha fazla önem vermiş ve günümüzde de halen devam etmekte olan çay seramonilerini hayatlarının önemli bir parçası haline getirmişlerdir. 17. Yüzyıl başlarında çay, Hollandalı tüccarlar tarafından Avrupa’ya taşınmış ve özellikle İngiltere’de kahveye alternatif bir içecek olarak görülmeye başlamıştır. Yine o dönemde Hindistanda yabani çay bitkilerinin keşfedilmesi ve Hindistan’ın İngiltere’nin sömürgesi haline gelmesiyle çay, Asya’nın dışında Avrupa’da da oldukça bilinir hale gelmiştir. Çay yetiştiriciliğine uygun iklimlere sahip olmayan Avrupa ülkeleri, yüksek tüketim kültürü ve ticari faaliyetleri ile çay sektörünün

güçlenmesine ve yaygınlaşmasına katkıda bulunmuşlardır. 20. Yüzyılın başlarında Çin, Japonya ve Hindistan'ın dışında artık Türkiye, Rusya, Brezilya ve ABD gibi ülkelerde de çay yetiştiriciliğine başlanmasıyla çay, tüm dünyada tanınan bir içecek haline gelmiştir (Amaresh ve ark., 2011; Çalışır ve ark., 2019; Willson ve Clifford, 1992).

4.3.1 Türkiye’de çayın tarihçesi

Arkeolojik çalışmalar sonucu M.Ö. 1. yüzyılda Çin’e yakın bir coğrafyada yaşayan Hunlara ait çeşitli bronz kapların içinde bulunan çay kalıntıları, Türklerin çay kültürüne ait ilk bulgular olarak kabul edilmektedir. Türklerin, Orta Asya’dan ve ziyaret ettikleri bölgelerden öğrenip tükettiği çayın Anadolu’da yetiştirilmesi 19. yüzyılı bulmuştur (Yardımcı ve Alkan, 2021). Türkiye’de çay yetiştiriciliği ile yapılan ilk girişim 1888 yılında Çin’den getirilen çay tohumları ve fidelerinin Bursa ilinde ekilmesidir. Bu ekim, verim alınamadığı için tekrarlanmış olsa da ekolojik sebeplerden dolayı başarısızlıkla sonuçlanmıştır. 1917 yılında Batum’a bir araştırma heyeti gönderilmiş ve Doğu Karadeniz kıyılarıyla ekolojik benzerlikleri ortaya çıkarılmıştır. Prof. Dr. Ali Rıza Erten’in hazırladığı bu rapor daha sonra 1924 yılında, Karadeniz bölgesindeki ekonomik sıkıntıların çözülmesi sürecinde tekrar değerlendirilmiştir. Türkiye Büyük Millet Meclisinde 1924 yılında kabul edilen 407 Sayılı Kanun ile Rize ve Artvin illerinde fındık, mandalina, portakal, limon ve çay yetiştiriciliği güvence altına alınmıştır. Ziraat Umum Müfettişi Zihni Derin’in önderliğinde Batumdan gelen çay fidanları, Rus bahçıvanların yardımıyla yetiştirilmeye başlanmış ve 1938 yılında 138 kg’lık ilk hasat elde edilmiştir. Daha sonra Ankara Yüksek Ziraat Enstitüsü tarafından araştırma sonucu, Rize ikliminin ve toprağının, çay yetiştiriciliği için ideal özelliklerde olduğu ortaya çıkmış ve üretimin küçük çay atolyelerinden geniş arazilere yayılması gerektiği düşünülmüştür. Bunun üzerine 27 Mart 1940’da daha kapsamlı olan 3788 sayılı *Çay Kanunu* kabul edilmiş, uygun bölgeler seçilmiş ve bölgedeki çiftçiler geniş ölçüde desteklenmiştir. Artan teşkilatlanmaların ve yoğun çalışmaların ardından 1947 yılında Rize’de ilk çay fabrikasının açılmasıyla çay sektöründe gerçekleştirilecek tüm ilerlemelerin temeli atılmıştır. 1971 yılında ÇAYKUR (Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü) çatısı altında toplanan çay faaliyetleri, 1984 yılında serbest piyasaya arz edilerek Doğu Karadeniz Bölgesine yayılarak günümüze kadar önemli ölçüde gelişme göstermiştir (Çimen, 2014; Yurtoğlu, 2018). Ülkemizde yapılan çay üretimine ait güncel veriler Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1. ÇAYKUR ve özel sektöre ait çay fabrikalarının 2019 yılına ait sayıları ve kapasitelerinin illere göre dağılımı (<https://www.tarimorman.gov.tr>, Erişim tarihi: Nisan 2022)

İller	Fabrikalar				Toplam	
	ÇAYKUR		Özel Sektör			
	Sayı	Kapasite (ton/gün)	Sayı	Kapasite (ton/gün)	Sayı	Kapasite (ton/gün)
Rize	34	6 490	183	7 995	217	14 445
Trabzon	8	1 485	26	1 225	34	2 710
Artvin	4	870	7	310	11	1 190
Giresun	1	175	12	480	13	660
Ordu	-	-	1	30	1	30
Toplam	47	9 020	229	10 000	276	19 035

4.4 Türkiye’de Çay Kültürü

Çay kültürünün yüzyıllar öncesine dayandığı Türkiye’de, çay, geleneksel olarak kahvaltıda, öğün sonrasında, sosyal ortamlarda, misafir ağırlamalarında, pikniklerde, kutlamalarda, akşam sohbetlerinde ve daha birçok durumda yaygın olarak tüketilmektedir. Bunun bir sonucu olarak Türkiye, dünya genelinde çay tüketimi sıralamasında diğer ülkeleri geride bırakmaktadır. Halkın büyük çoğunluğu siyah çayı tüketmeyi tercih etse de diğer çay tiplerine olan ilgi giderek artmaktadır. Daha pratik olması nedeniyle ile çaydanlıkta demlenen dökme çay yerine demlik poşet ve bardak poşet çayların tüketimi de yaygınlaşmaktadır (Güneş, 2012; Mendi, 2018). Dökme çayın ve poşet çayların içerisindeki çaylar aynı proseslerden geçtiği halde paketlenmeden hemen önce farklı eleklerden geçmiş oldukları için nitelik bakımından birbirinden farklıdır (Tufanoğlu, 2017). İçerik bakımından farklı olan bir diğer çay uygulaması da organik çaydır. Doğa ve insan uyumu ile ilgili farkındalıkların artması ile, kimyasal ilaç ve gübre kullanılmadan üretilen organik çaya olan ilgi de gün geçtikçe artmaktadır (Özkan, 2023).

Türkiye’deki mevcut çay piyasasını, nemli bir iklime sahip Doğu Karadeniz kıyılarında üretilen çay, farklı aroma ve çay tiplerine duyulan ilginin artmasıyla resmi olarak ithal edilen veya ülkeye kaçak yollarla alınan yabancı menşeli çaylar oluşturmaktadır. Hijyeniklik durumu ve menşei kontrol edilmeyen binlerce ton çayın ülkeye alınması çayla insan sağlığı arasındaki ilişkiyi ve ilgili istatistikleri olumsuz etkilemektedir. 2013 yılında ÇAYKUR, ithal çay talebini karşılama amacıyla Diyarbakır Çayı’nı piyasaya sürmüştü de başarılı olamamıştır. Yerli çaya göre daha yüksek oranda kafein, teafavin ve tearubigen içeren ithal çayların renginin, parlaklığının ve tadının da daha yoğun olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte başta Güneydoğu

Anadolu Bölgesi olmak üzere diğer birçok bölgede de ithal çaya olan ilginin yüksek olduğu görülmektedir (Cengiz ve Okan, 2021; Erdoğan, 2013; Wetherilt ve ark., 1991)

4.5 Çayın Kimyasal Bileşenleri

2000’den fazla kimyasal bileşenle çay içeriği oldukça komplekstir ve aynı tip çaylar arasında bile toprak yapısına, iklim özelliklerine ve depolama koşullarına göre farklı içerik gözlenebilir (Hajiboland, 2017). Yaklaşık %25’ini suyun oluşturduğu taze çay yapraklarının kuru form larındaki (yaklaşık %5 su) bileşenlerin kütlece yüzdeleri Tablo 2’deki gibidir.

Tablo 2. Çay yapraklarındaki bileşenlerin kuru ağırlık yüzdeleri (Tekin, 2021’den yararlanılarak hazırlanmıştır.)

Bileşen	%, kuru maddede	Bileşen	%, kuru maddede
Toplam fenolik bileşikler	30-36	Kül	5
Flavanoller	17-30	Selüloz	7
Aminoasit + protein	15-19	Lignin	6
Kafein	3-4	Lipitler	2-3
Basit karbonhidratlar	4	Organik asitler	0,5-1,5
Polisakkaritler	13	Pigmentler	0,5

4.5.1. Fenolik bileşikler

Bu içerikteki önemli bazı polifenolik bileşikler; flavonoidler, kateşinler, flavonoller ve fenolik asitler olup çay yapraklarına antioksidan, antimutajen ve anti-inflamatuar özellik kazandırmaktadır (Elmas ve Gezer, 2019). İnsan vücuduna alınan fenolik maddelerin büyük bir kısmının tüketilen çaydan geldiği düşünülmektedir (Tosun ve Karadeniz, 2005). Siyah çayda, fermentasyondan dolayı flavan-3-ol’lerin teafavin ve tearubiginlere polimerleşmesiyle fenolik içerik azalmaktadır. Diğer taraftan, fermentasyonun gerçekleşmediği yeşil ve beyaz çayların yüksek fenolik içeriğe ve dolayısıyla yüksek antioksidan özelliğe sahip oldukları bilinmektedir (Kelebek ve ark., 2017; Salman ve Özdemir, 2018).

4.5.2. Aminoasit ve proteinler

Fermantasyon sürecinde polifenol oksidaz enzim aktivitesiyle okside olan bir diğer grup ise aminoasitlerdir. Oksidasyon sırasında aminoasitlerin deaminasyonu ile oluşan aldehitler, çaya aroma veren bileşiklerdendir. Çay yapraklarının geçirdiği fermentasyon ve kurutma işlemleri sonrasında, aminoasit düzeylerinde düşüş olmaktadır. Bünyesinde 21 aminoasit bulunduran çay yapraklarında en fazla bulunan aminoasit teanindir. Çaya özgün olan teanin aminoasitinin öğrenme yeteneği, konsantrasyon ve vücudun dinlenmesi gibi konularda olumlu etkileri olduğu düşünülmektedir (Koca ve Bostancı, 2014; Çalıkoğlu ve Bayrak, 2009). Teanin aynı zamanda 1908 yılında keşfedilmiş umami tadıyla ilişkilendirilmektedir. Tatlı, ekşi, tuzlu ve acı gibi beş temel tat duyusundan biri olan “umami” terimi “tadı hoş gelen” anlamına gelmekte ve çayın tadının karşılığı olarak kullanılmaktadır (Yamaguchi ve Ninomiya, 1998).

4.5.3. Kafein

Çaydaki diğer bir önemli madde ise kafeindir. 1827 yılında çay ve ilişkili diğer bazı bitkilerde bulunan kafein keşfedildiğinde, tein olarak tanımlanmıştır. Fakat sonraki yıllar içerisinde, aslında kahvedeki kafeinle teinin aynı yapı oldukları farkedilince tein terimi kullanımdan kalkmıştır. Farklı açıklanan birçok mekanizmaya karşın günümüzde kafeinin özellikle fizyolojik dozlardaki alımının metabolizmaya etkisinin adenosin reseptörü antagonizması ile oluştuğu kabul görmektedir (Akça ve ark., 2018). Bu antagonizma, kafein ile adenosin molekülünün yapılarının benzer oluşundan kaynaklanmaktadır. Uyanıklığı sağlayan kolinerjik nöronları inhibe eden Adenosin moleküllerinin aktivitesinin engellenmesi ile uyanıklık hissi oluşmakta ve bu durum kafeinin vücudu daha dinç hale getirmesini açıklamaktadır (Saygın ve Özgüner, 2020). Kafeinin bu anlamda önemli bazı yararları; vücudu zinde tutması, çalışma performansını arttırması, ağrı kesici özellikte olması, sporcularda kas gücünü arttırması ve kilo vermede etkili olmasıdır. Tüm yararlarına rağmen, yapılan bilimsel çalışmalar neticesinde, kafein maruziyetinin hamile kadınlarda, çocuklarda ve kalp rahatsızlığı olan insanlarda sıkıntılara yol açtığı saptanmıştır. Ayrıca sağlıklı bireylerde de uzun süreli kafein maruziyetinin uyku problemleri ve anksiyeteye seyreden “kafeinizm sendromu”na ve çeşitli sindirim sistemi rahatsızlıklarına yol açtığı bilinmektedir. Bu noktada çay, içerdiği daha düşük seviyedeki kafein miktarıyla kahveye bir alternatif olarak önerilebilmektedir (Chin ve ark., 2008; Amaresh ve ark., 2011). Farklı çay tiplerinin ve kahvenin içerdiği kafein miktarları Tablo 3’ de gösterilmektedir.

Tablo 3. Farklı çay tiplerinin ve kahvenin içeriğindeki kafein miktarları (Amaresh ve ark., 2011'den yararlanılarak hazırlanmıştır.)

İçecek Türü	237 mL'de Bulunan Kafein Miktarı
Beyaz Çay	30-55 mg
Yeşil Çay	35-70 mg
Oolong Çay	50-75 mg
Siyah Çay	65-90 mg
Kahve	150-200 mg

4.5.4. Mineraller

%90'ından fazlasını organik bileşiklerin oluşturduğu çay yaprakları, aynı zamanda bünyesinde kalsiyum, potasyum ve magnezyum çoğunlukta olmak üzere bor, alüminyum, demir, çinko, manganez, fosfor, sülfür gibi mineral ve eser elementleri de barındırmaktadır. Çayların mineral içeriğinin karakteristik oluşu ve dış koşullardan diğer bileşenlere göre daha az etkilenmesi, çayların menşeinin belirlenmesinde önemli bir role sahiptir (Jia ve ark, 2016; Welna ve ark., 2013). Günümüzde çaydaki mineral düzeyleri ve etkileri üzerine çalışmalara önem verilmekle beraber genel olarak düzenli çay tüketiminin insan vücudunda ihtiyaç duyulan mineral ve eser elementleri karşılayabileceği düşünülmektedir (Akbulut ve ark., 2020).

4.6 Bor Minerali

Atom numarası 5, atom kütlesi 10,811 g/mol olan bor (B) elementi periyodik cetvelde 13. grupta yer alan ve $1s^2 2s^2 2p^1$ elektron konfigürasyonuna sahip bir yarı metaldir. Bir boş orbitaliyle bor, doğada elementel halde bulunmak yerine elektronca zengin Oksijenle birleşik halde bulunur (Abou Seeda ve ark., 2021). Yapısında farklı oranlarda bor oksit (B_2O_3) bulunduran 230'dan fazla bor minerali tanımlanmıştır. Bor, hidrojen, karbon, azot veya oksijen gibi yüksek bollukta bulunmadığı halde volkanik hareketler, kayaların ve toprakların aşınması sonucu atmosfer ve okyanusta geniş çapta yayılmış olarak bulunur. Bor, yarı iletken özelliğe sahip olması ve bileşik oluşturma çeşitliliğinin fazla olması sebebiyle kimya sanayiinde oldukça kullanılmakta ve bu durum, çevreye salınan Bor kaynaklarını etkilemektedir (Demirtaş, 2010; Kot, 2009).

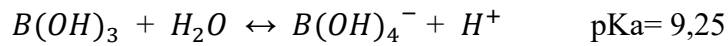
4.6.1 Çayda bor minerali

Bor, bitki hücrelerinin büyüme gelişmesinde, hücre duvarının sentezinde ve yapısının devamlılığında, membranlardan gerekli iyon ve çeşitli metabolitlerin taşınmasında ve çeşitli enzimatik reaksiyonlarda önemli rol oynadığından bitkiler için esansiyel element özelliğini taşır (Brdar-Jokanovic', 2020).

Çayın yetiştiği asidik toprakta yağmurun da katkısıyla oldukça iyi çözünebilen borik asit $[B(OH)_3]$, çaydaki borun ana kaynağıdır. Borik asit, yüksek membran geçirgenliği sayesinde köklere sızır ve en st yapraklara kadar ulaşır (Hajiboland ve ark., 2013). ay toprağının asiditesi arttıkça köklerden absorbe edilen bor miktarının arttığı bilinmektedir. Çayın büyümesine olumlu etkisinin bilindiği borlu gübreler ve zararlı oluşumunu engellemek için kullanılan borlu ilaçlar çayın doğal olmayan bor kaynaklarıdır. aydaki borun yetersiz veya toksik düzeyleri arasındaki fark az olduğundan bu tarz uygulamaların rutine geçilmesine şüpheyle bakılmaktadır (Balci ve Taban, 2018; Baruah ve Ark., 2011).

4.6.2 İnsan metabolizmasında bor minerali

Sulu ortamda yüksek çözünürlüğe sahip bir Lewis asidi olan borik asit $[B(OH)_3]$, artan pH değeriyle, yapısına bir hidroksil grubu daha katılmasıyla, tetrahedral yapıdaki borat anyonuna $[B(OH)_4^-]$ dönüşür. Organizmalar için büyük önem taşıyan bu denge reaksiyonu şu şekilde gösterilir:



pH değeri 7 civarında olan sitoplazmik içeriğiyle insan hücrelerindeki borun yaklaşık %96'sı $B(OH)_3$ kaynaklıdır (Uluşık ve ark., 2018).

İnsan vücudundaki borun temel kaynaklarını başta içme suları, maden suları ve yiyecekler oluşurmaktadır. Ayrıca bor, sahip olduğu antiseptik, koruyucu ve plastikleştirici özelliklerinden dolayı ilaç, kozmetik ürün, deterjan, pestisit, yapıştırıcı ve cam-seramik gibi çeşitli endüstriyel ürünlerde kullanılmakta ve bor maruziyetine sebep olabilmektedir (Demircan ve Velioğlu, 2020).

Borun insan vücuduna girişi ve işleyişi henüz tam aydınlatılmamış olmakla beraber sindirim sisteminden tamamen emildiği, az oranda olsa da solunum yolu ve deriye temas ile de emilebildiği ve glomerular filtrasyonla elimine olduğu düşünülmektedir (Demirtaş, 2010).

Bor, insan vücudunda çeşitli organ ve dokularda farklı oranlarda birikme özelliğine sahiptir. Sağlıklı ve sağlıksız bünyelere göre değişmekle birlikte vücutta 3-20 mg düzeyinde bulunan Bor, en çok kalpte (28 ppm), daha sonra kemiklerde (4,3-17,9 ppm) ve karaciğerde (2,3 ppm) birikmektedir. Yetişen bitkilerdeki ve hayvansal ürünlerdeki besin değerinin farklı olması, yine aynı şekilde su kaynaklarının ve endüstriyel faaliyetlerin çeşitliliği nedeniyle ülkelere göre günlük bor alım miktarının değişkenlik gösterdiği bilinmekte fakat genel olarak 1-3 mg düzeyinde olduğu düşünülmektedir (Bakirdere ve ark., 2010; Dinca ve Scorei, 2013).

Bor alımını etkileyen diğer faktörler ise yaş, cinsiyet ve metabolizma hızıdır. Bu faktörler göz önüne alınarak Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından önerilen günlük bor alım miktarları; 1-3 yaş aralığı için 3 mg; 4-6 yaş için 4 mg; 7-10 yaş için 5 mg; 11-14 yaş için 7 mg; 15-17 yaş için 9 mg; yetişkinler için 10 mg'dır. Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre ise önceki yıllarda yetişkinler için güvenli doz aralığı 1-13 mg B/gün olarak tanımlanmış olsa da günümüzde, bu değer, 70 kg ağırlığındaki bir yetişkin için 28 mg B/gün olarak revize edilmiştir. Bu hesaplamalar, ülkelere ve kuruluşlara göre yıllar içerisinde değişmekte ve sonuç olarak özellikle içme suları ve maden sularındaki Bor miktarlarına getirilen sınırlar üzerinde etkili olmaktadır (Meacham ve ark., 2010).

Günümüzde, insanlar üzerinde yapılan çalışmaların az olmasına rağmen çeşitli hayvan deneylerinde borun tıpkı kalsiyum, magnezyum, glikoz, yağ asidi veya azot gibi yaşamsal değeri olduğu ve insan vücudunda yetersiz veya toksik düzeyde alınmasıyla olumsuz etkilerin ortaya çıktığı bilinmektedir (Demirtaş, 2010). Yeterli miktarda bor alımının, kalsiyum ve kemik metabolizması, yara iyileşmesi, diş sağlığı, steroid hormon metabolizması, zihinsel performans, kilonun korunması gibi konularda olumlu etki yarattığı ve aynı zamanda oksidatif stresin azalmasını sağladığı düşünülmekte ve ilgili araştırmalara önem verilerek devam edilmektedir. (Aşkar ve ark., 2018; Sarı ve Soysal 2021; Söğüt ve Acar, 2020).

Bor toksisitesi ile ilgili çalışmalar henüz yeterli olmasa bile görülen bazı vakalardan toplanan bilgilere göre akut bor zehirlenmesi, bebekler için 3-6 g, yetişkinler için 15-20 g kadar bora oral maruziyet sonucu oluşmaktadır. Borun toksik etkileri arasında baş ağrısı, kusma, yüksek ateş, diare, sinir sistemi bozuklukları sayılabilir. Bunların dışında çeşitli hayvan deneylerinde kronik bor maruziyetinin sperm sayısını azalttığı, fetal gelişimini olumsuz etkilediği ve hatta cenin ölümlerine yol açtığı tespit edilmiştir (Demircan ve Velioğlu, 2020; Yıldırım, 2014). Toksik düzeyde bor maruziyetinin yiyeceklerle ya da doğal kaynaklarla gerçekleşmesinin mümkün olmadığı ve sıkıntılı durumun esasında bor yetersizliği olduğu düşünülmektedir (Uçkun, 2013).

5. GEREÇ ve YÖNTEM

5.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Çalışmamızda kullandığımız kimyasal maddeler analitik saflıkta olup, Merck, Sigma-Aldrich ve Fluka firmalarından temin edilmiştir.

5.2 Kullanılan Araç ve Gereçler

Kullanılan cihazlar ve markaları Tablo 4 de gösterilmiştir.

Tablo 4: Kullanılan Cihazlar ve Markaları

Spektrofotometre	RAY LEIGH UV 1800
Santrifüj	HERAEUS-SEPATECH LABOFUGE 200
Santrifüj	NÜVE NF 200
Mikro santrifüj	HEIDOLPH
Vorteks	JANKE & KUNKEL, IKA LABOR CHNIK
Manyetik karıştırıcılar	JANKE & KUNKEL, IKA RH BASIC 2
Etüv	NÜVE EN 500
Su banyosu (37° C)	BOEHRINGER – MANNHEIM
Su banyosu (100° C)	NUVE, BT 400
Elektronik terazi	SHIMADZU AUX 220
Distile-deiyonize su cihazları	PURELAB OPTION – Q
Otomatik pipetler	GILSON
pH metre	710 A pH/ISE METER
Buz yapma makinası	KİNG
Buzdolabı	ARÇELİK
Homojenizatör	JANKE & KUNKEL ULTRA TURRAXT 25
Blender	ARZUM
Desikatör	ISOLAB

5.3 Kullanılan Çayların Seçimi

Bu çalışmada kullanılan çaylar Türkiye’de çok tüketilen ünlü markalara ait farklı çay tiplerinden seçilmiştir. Toplam 42 çayın incelendiği çalışmamızda numune çeşitliliği ve sınıflandırması Tablo 5’deki gibidir.

Tablo 5. Çalışmada incelenen çay numunelerinin sınıflandırılması

Çay Tipi	Dökme Çaylar (adet)		Süzen Poşet Çaylar (adet)	
	Yerli	İthal	Yerli	İthal
Siyah Çay	4	2	4	7
Organik Siyah Çay	1		2	
Yeşil Çay	6	2	5	1
Organik Yeşil Çay	1	1		
Beyaz Çay		1	1	1
Oolong Çay		1		
Matcha Çayı	1	1		

Çalışmada kullanılan sıkça tüketilen çaylar satış sirkülasyonu fazla olan büyük marketlerden; çeşitliliğin oluşması için seçilen farklı tip ithal çaylar ise online satış yapan çay şirketlerinden temin edilmiştir. Tüm çayların ambalajı kontrol edilmiş ve kullanılacak miktarları temiz bir şekilde poşetlere alınarak dikkatlice numaralandırılmıştır.

5.4 Çay Örneklerinin Hazırlanması

Çay örnekleri blenderdan geçirilip poşetlenip etiketlendi ve oda sıcaklığında kutu içinde saklandı.

5.5 Çay Örneklerine Uygulanan İşlemler

Çayda bor tayini için blenderdan geçirilen çay örneklerinden belirli miktarda tartılıp, kül fırınında yakılarak karminik asit yöntemiyle bor tayini yapıldı.

Demlenmiş çay örneklerinde ise blenderdan geçirilen çay örnekleri 0,5'er g tartıldı 50 mL sıcak su ile 20 dak demlendi. 20 dak sonra hemen çay içerisinden alındı ve sıvı kısım 4000 rpm de 10 dakika santrifüj edildi. Aligotlara ayrılarak Derin dondurucuda (-20 °C'de) saklandı. Demlenmiş çayın bor miktarı, pH'sı, TAK , TOK ve Oksidatif Stres İndeksi (OSİ) değerleri tayin edildi.

5.6 aylarda Araştırılan Parametreler İçin Kullanılan Tayin Yöntemleri

5.6.1 Çayda ve demlenmiş ayda Modifiye Karminik Asit Deneyi ile bor tayini

Bu çalışmada kullanılan modifiye karminik asit yönteminin (Kuru ve ark., 2018b; Hatcher ve Wilcox, 1950) genel prensibi; sülfirik asitli ortamda, bor ile karminik asidin tepkimesi sonucu oluşan renkli kompleksin 585 nm’de absorbansının ölçüldükten sonra bor standard grafiğinden yararlanılarak numunedeki bor konsantrasyonunun belirlenmesidir. Bu metod ile ölçülebilecek en düşük bor konsantrasyonu 0,25 µg/mL (0,25 ppm) dir.

Çözeltilerin Hazırlanması

Stok Bor özeltisi (10 ppm): Önce 1000 ppm’lik çözelti hazırlamak için 571,6 mg borik asit tartılır. Hacmi distile su ile 100 mL’ ye tamamlanır. Hazırlanan bu çözelti 2 kez 1/10 oranında distile su ile seyreltilir (1. Seyreltmede 100 ppm lik, 2. Seyreltmede 10 ppm’ lik çözelti elde edilir). Böylece 10 ppm’lik stok bor çözeltisi hazırlanmış olur.

Çalışma Standartları: 10 ppm’ lik stok bor çözeltisinden uygun seyretmelerle 4 ve 8 ppm’lik çalışma standartları hazırlanır (deneyin yapılışına bakınız).

Konsantre HCl: Őiřesinden direkt alınarak kullanılır.

6 N HCl özeltisi: Balon jöjeye bir miktar distile su alınır, üzerine yavaşça 49,6 mL derişik HCl karıştırılarak ilave edilir. Daha sonra hacmi distile su ile 100 mL’ ye tamamlanır. Asit üzerine su eklenmemelidir.

Konsantre H₂SO₄: Őiřesinden direkt alınarak kullanılır.

Karmin Reaktifi (4mM): 9,2 mg karminik asit tartılır. Hacmi 50 mL’ ye derişik sülfat asidi ile tamamlanır. Karmin reaktifi taze olarak hazırlanıp kullanılmalıdır.

1N NaOH: 4 gr NaOH tartılır, bir miktar distile su içinde çözüldükten sonra hacmi distile su ile 100 mL’ ye tamamlanır.

Tüm ay örnekleri çift tekrarlı olarak çalışıldı.

Çayda Bor Tayini

- Bor tayini yapılacak olan öğütölmüş çay örneğ hassas terazide 0,125 g olarak tartılır ve uygun büyüklükteki porselen krozeje konur.
- Daha sonra 1 N’lik NaOH ile alkali yapılır.
- Etüvde 85 C^o’de 1 gece bekletilir.
- Kroze kül fırınına yerleştirilir. 550 C^o’ de 4 saat yakılır.
- Desikatöre alınır ve oda sıcaklığına gelene kadar soğuması beklenilir.

- Soğuyan kroze içeriğine 0,4mL 6 N HCl eklenerek asidik yapıldıktan sonra 0,6 mL destile suyla 1 mL'ye tamamlanır.
- Oluşan karışım, düşük devirde santrifüj edilir (10 dak, 4000 rpm).
- Süpernatanttan 0,2 mL alınarak aşağıdaki gibi çalışıldı.

			Bor Çalışma Standartları	
	Numune	Kör	4 ppm	8 ppm
Süpernatant	0,2 mL	-	-	-
Stok Bor Çözeltisi (10 ppm)	-	-	0,08 mL	0,16 mL
Distile Su	-	0,2 mL	0,12 mL	0,4 mL
Konsantre HCl	0,01 mL	0,01 mL	0,01 mL	0,01 mL
Konsantre H₂SO₄	1 mL	1 mL	1 mL	1 mL
Karmin Reaktifi	1 mL	1 mL	1 mL	1 mL
En az 45 dakika beklenir ve 585 nm köre karşı absorbanlar okunur ve kaydedilir. Standart grafiğinden bor miktarı hesaplanır.				

Demlenmiş çayda bor tayini:

Derin dondurucudan çıkarılan çay örnekleri oda sıcaklığına geldikten sonra 0,2'şer mL alınarak numune körü de yapılarak aşağıdaki gibi çalışıldı.

				Bor Çalışma Standartları	
	Numune	Numune Körü	Kör	4 ppm	8 ppm
Demlenmiş Çay	0,2 mL	0,2 mL	-	-	-
Stok Bor Çözeltisi (10 ppm)	-	-	-	0,08 mL	0,16 mL
Distile Su	-	-	0,2 mL	0,12 mL	0,4 mL
Konsantre HCl	0,01 mL	0,01 mL	0,01 mL	0,01 mL	0,01 mL
Konsantre H₂SO₄	1 mL	2 mL	1 mL	1 mL	1 mL
Karmin Reaktifi	1 mL		1 mL	1 mL	1 mL
En az 45 dakika beklenir ve 585 nm köre karşı absorbanlar okunur ve kaydedilir. Standart grafiğinden bor miktarı hesaplanır.					

5.6.2 Demlenmiş çayda pH tayini

Tüm demlenmiş çay örneklerinin pH'sı Merck (McolorpHast™ pH:0-14) pH kağıdı kullanılarak tayin edilmiştir.

5.6.3 Demlenmiş çayda total antioksidan kapasite (TAK) tayini

Prensip: Bu method Erel'in yöntemine göre yapılmıştır ve 2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolin 6-sülfonik asit)'in (ABTS) karakteristik renginin ağartılmasına dayandırılmaktadır. Numunede bulunan antioksidanlar, ağartma oranını konsantrasyonlarıyla orantılı bir derecede hızlandırır. Bu reaksiyon spektrofotometrik olarak izlenebilir ve ağartma hızı numunenin TAK'ı ile ters orantılıdır (Erel, 2004).

Gerekli Çözeltiler:

Reaktif 1 (Asetat tamponu (0,4 M pH=5,8)): 5 g NaCH₃COO.3H₂O ve 0,188 ml CH₃COOH bir miktar distile suda çözülür. Daha sonra hacimleri distile su ile 100 mL'ye tamamlanır. Hacim 100 mL'ye tamamlanmadan önce pH kontrol edilir, pH 5,8 olacak şekilde ayarlanır.

Asetat tamponu (30 mM pH=3,6): 0,027 g NaCH₃COO.3H₂O ve 0,16 ml CH₃COOH bir miktar distile suda çözülür. Daha sonra hacimleri distile su ile 100 mL'ye tamamlanır. Hacim 100 mL'ye tamamlanmadan önce pH kontrol edilir, pH 3,6 olacak şekilde ayarlanır.

Fosfat tamponu (30 mM, pH 7,4): 0,34 g Na₂HPO₄ ve 0,091 g NaH₂PO₄.2H₂O tartılır, ayrı ayrı bir miktar distile suda çözülür, birleştirilir ve distile su ile hacmi 100 mL'ye tamamlanır. Hacim 100 mL'ye tamamlanmadan pH kontrol edilir ve pH 7,4'e ayarlanır.

H₂O₂ çözeltisi (2 mM): Kütlece yüzdesi %30, yoğunluğu d=1,11 g/mL olan H₂O₂ çözeltisinden 0,204 mL alınarak hacim asetat tamponu (30 mM, pH 3,6) ile 1 mL'ye tamamlanır. Hazırlanan çözelti 3 defa 1/10 oranında asetat tamponu (30 mM, pH 3,6) ile seyreltilir.

Reaktif 2 (ABTS) (10 mM): 5 mg ABTS tartılarak 10 mL H₂O₂ çözeltisi (2 mM) içinde çözülür.

Stok standart (6 mM): 15 mg Trolox tartılarak 10 mL fosfat tamponunda (30 mM, pH:7,4) çözülür.

Çalışma Standartları: 6 mM'lik stok Trolox çözeltisinden fosfat tamponu ile (30 mM, pH:7,4) uygun seyreltmelerle 0,5, 1, 2 ve 3 mM'lik çalışma standartları hazırlanır.

Deneyin Yapılışı:

Derin dondurucudan çıkarılan demlenmiş çay örnekleri oda sıcaklığına geldikten sonra aşağıdaki gibi çalışıldı.

	Numune körü	Numune
Reaktif 1	200 µL	200 µL
Standart / Demlenmiş çay	5 µL	5 µL
Reaktif 2	-	20 µL
	Karıştırılır, 660 nm'de ilk absorbans okunur.	Karıştırılır, 5 dk inkübe edildikten sonra 660 nm'de son absorbans okunur.
Son okunan absorbanstan ilk okunan absorbans değeri çıkarılır. Çizilen standart grafiği yardımıyla TAK Trolox mM olarak hesaplanır.		

5.6.4 Demlenmiş çayda total oksidan kapasite (TOK) tayini

Prensip: Bu metod Erel'in yöntemine göre yapılmıştır. Numunede bulunan oksidanlar, ferröz iyon-o-dianisidin kompleksini ferrik iyonuna oksitler. Oksidasyon reaksiyonu, reaksiyon ortamında bulunan gliserol molekülleri tarafından güçlendirilir. Ferrik iyonu asidik ortamda ksilenol turuncu ile renkli bir kompleks oluşturur. Spektrofotometrik olarak ölçülebilen renk yoğunluğu, numunede bulunan oksidan moleküllerin toplam miktarı ile ilişkilidir (Erel, 2005).

Gerekli Çözeltiler:

Gliserol çözeltisi (25 mM): %98'lik yoğunluğu 1,23 g/mL olan gliserol çözeltisinden 11,4 mL alınarak hacim distile su ile 100 mL'ye tamamlanır.

H₂SO₄ çözeltisi (25 mM): Bir miktar distile su üzerine %98'lik yoğunluğu 1,84 g/mL olan H₂SO₄ çözeltisinden 0,136 mL ilave edilir. Daha sonra hacim distile su ile 100 mL'ye tamamlanır.

Reaktif 1: 0,818 g NaCl ve 11,41 mg ksilenol turuncu ayrı ayrı bir miktar H₂SO₄ çözeltisinde (25 mM) çözülür. Daha sonra birbirine karıştırılır. %98'lik yoğunluğu 1,23 g/mL olan gliserol çözeltisinden 11,4 mL alınarak çözeltiliye eklenir ve hacim H₂SO₄ çözeltisi (25 mM) ile 100 mL'ye tamamlanır.

Çalışma Standartları: %30'luk, yoğunluğu 1,11 g/mL olan H₂O₂ çözeltisinden distile su ile uygun seyreltmelerle 12,5, 25 ve 50 µM'lık çalışma standartları hazırlanır.

Reaktif 2: 0,317 g o-dianisidin-HCL ve 0,196 g ferroz amonyum sülfat ayrı ayrı bir miktar H₂SO₄ çözeltisinde (25 mM) çözülür. Daha sonra birbirine karıştırılır ve hacim H₂SO₄ çözeltisi (25 mM) ile 100 mL'ye tamamlanır.

Deneyin Yapılışı:

Derin dondurucudan çıkarılan demlenmiş çay örnekleri oda sıcaklığına geldikten sonra aşağıdaki gibi çalışılır.

	Numune körü	Numune
Reaktif 1	225 µL	225 µL
Standart / Demlenmiş çay	35 µL	35 µL
Reaktif 2	-	11 µL
	Karıştırılır, 560 nm'de ilk absorban okunur.	Karıştırılır, 3-4 dk inkübe edildikten sonra 560 nm'de son absorban okunur.
Son okunan absorbanstan ilk okunan absorban değeri çıkarılır. Çizilen standart grafiği yardımıyla TOK H ₂ O ₂ µM olarak hesaplanır.		

5.6.5 Oksidatif Stres İndeksi (OSİ)

Hem antioksidan hem de oksidan aktivitenin birlikte değerlendirilmesine olanak sağlayan OSİ de $[TOK (\mu M)/TAK (\mu M)]*100$ formülü kullanılarak hesaplandı. OSİ değerinin 1'den düşük olması antioksidan etkinin daha fazla olduğu anlamına gelmektedir (Sánchez-Rodríguez ve Mendoza-Núñez, 2019).

5.7 İstatistiksel analiz

İstatistiksel analiz Graphpad Prism 9.0 (Graphpad Yazılım, San Diego, Ca, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırma yapılan tüm veriler ortalama \pm standart hata olarak ifade edilmiştir. Sayısı az olan ve karşılaştırma yapılmayan örneklerin değerleri ise ortalama \pm

standart sapma olarak ifade edilmiştir. İki grup arası karşılaştırmalarda normal dağılan veriler için student t testi; normal dağılmayanlar için Mann Whitney U testi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırmalarda normal dağılım gösteren veriler için varyans analizi (ANOVA) ve ardından Tukey testi, normal dağılmayanlar için Kruskal Wallis ve ardından Dunn testi kullanılarak karşılaştırılmış olup $p < 0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.



6. BULGULAR

6.1. aylarda Bor Miktarı

Çalışmamızda incelenen toplam 42 çayın dağılımı Tablo 6'da ve Tablo 7'de görülmektedir. 13 adet yerli dökme aylar M1, M2, M3, M4, M5 ve M6 ; 8 adet ithal dökme çaylar ise M7, M8, ve M9 markalarından oluşmaktaydı. Tablo 6'da grldği üzere dökme çaylar içinde siyah çay, organik siyah çay, yeşil çay, organik yeşil çay, beyaz çay, oolong çay ve matcha ayı yer almaktaydı.

12 adet yerli süzen poşet ayları, M1, M2, M3, M4-ve M5, 9 adet ithal süzen poşet çaylar ise M7, M8, M9, M10, M11, M12 ve M13 markalarından oluşmaktaydı. Tablo 7'de grldği üzere süzen poşet çaylar içinde siyah çay, organik siyah çay, yeşil çay, organik yeşil çay ve beyaz çay yer almaktaydı.

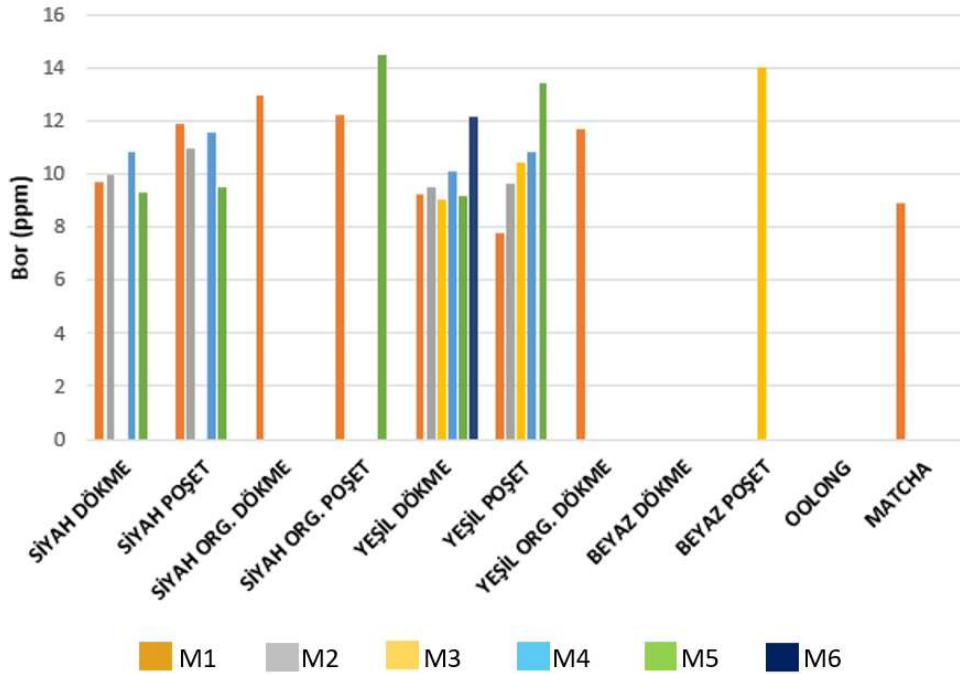
Tablo 6. Çalışmamızda kullanılan Türkiye'de çok tüketilen dökme çayların dağılımı

ay Tipi	Dökme aylar (n=21)								
	Yerli aylar (n=13)						İthal aylar (n=8)		
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Siyah ay	X	X		X	X		X	X	
Organik Siyah ay	X								
Yeşil ay	X	X	X	X	X	X		X	X
Organik Yeşil ay	X								X
Beyaz ay									X
Oolong ay									X
Matcha ayı	X								X

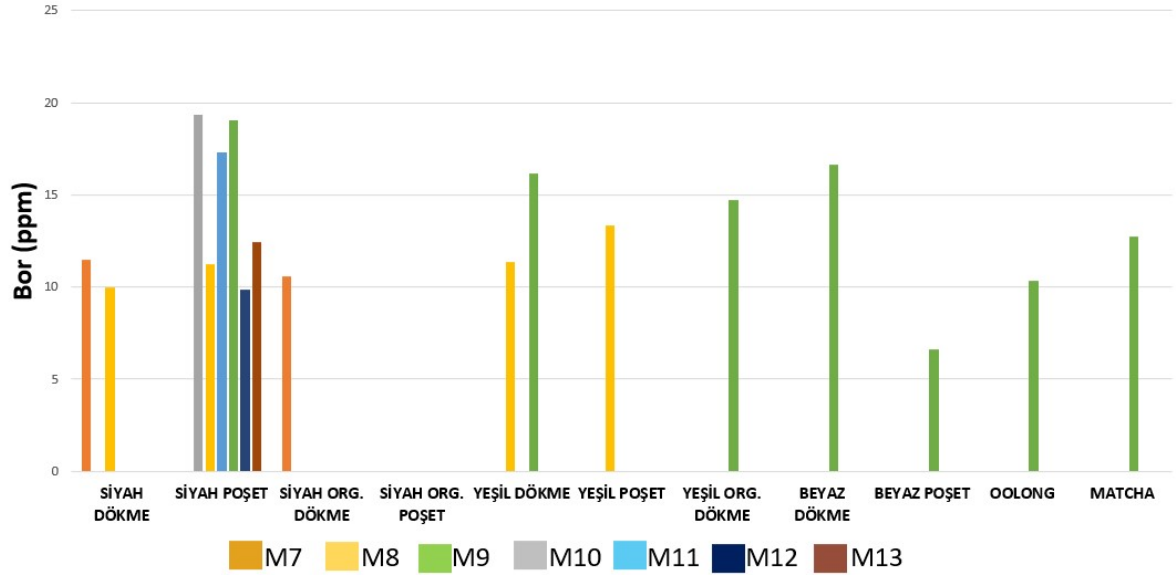
Tablo 7. Çalışmamızda kullanılan Türkiye’de çok tüketilen süzen poşet çayların dağılımı

Çay Tipi	Süzen Poşet Çaylar (n=21)											
	Yerli Çaylar (n=12)					İthal Çaylar (n=9)						
	M1	M2	M3	M4	M5	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
Siyah Çay	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Organik Siyah Çay	X				X							
Yeşil Çay	X	X	X	X	X	X						
Organik Yeşil Çay												
Beyaz Çay			X					X				

En yüksek bor değeri yerli çaylarda M5 siyah organik poşet çayında 14,52 ppm (Şekil 3), ithal çaylarda ise M10 siyah poşet çayında 19,34 ppm (Şekil 4); en düşük bor değeri yerli çaylarda M1 yeşil poşet çayında 7,77 ppm (Şekil 3), ithal çaylarda ise M9 beyaz poşet çayında 6,64 ppm olarak bulunmuştur (Şekil 4).



Şekil 3. Yerli çaylarda bor miktarı (ppm)



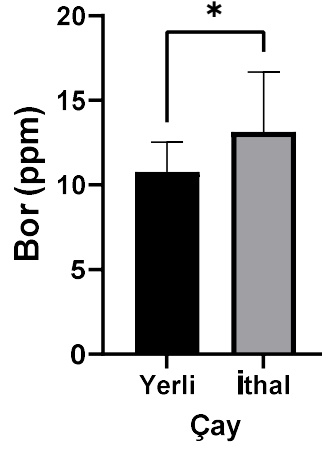
Şekil 4. İthal çaylarda bor miktarı (ppm)

6.1.1 Yerli ve ithal çaylarda bor miktarının karşılaştırması

Yerli çaylardaki bor miktarının ithal çaylardan anlamlı olarak az olduğu tesbit edildi ($p < 0.05$) (Tablo 8, Şekil 5).

Tablo 8. Yerli ve ithal çayların bor miktarları (ppm)

Bor (ppm)	Yerli Çay (n=25)	İthal Çay (n=17)	P<0.05 Mann-Whitney U
Ortanca	10,43	12,43	
Ortalama	10,78	13,12	
Standart Sapma	1,743	3,559	
Standart Hata	0,35	0,86	

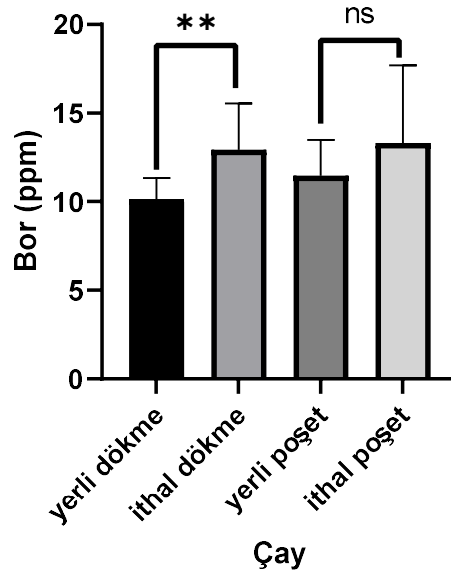


Şekil 5. Yerli ve ithal çaylardaki bor miktarının karşılaştırılması
*p<0,05

Yerli çayları ve ithal çayları kendi aralarında dökme çay ve süzen poşet çay olarak ikiye ayırıp incelediğimizde yerli dökme çayların bor miktarının ithal dökme çaylardan anlamlı olarak az olduğu ($p<0,01$), ancak yerli poşet çayların bor miktarının ithal poşet çaylardan daha az olmasına rağmen bu farkın anlamsız ($p>0,05$) olduğu tespit edildi. (Tablo 9, Şekil 6).

Tablo 9. Yerli (dökme-poşet) ve ithal (dökme-poşet) çaylardaki bor miktarları (ppm)

Bor (ppm)	Yerli dökme çay (n=13)	İthal dökme çay (n=8)	Yerli poşet çay (n=12)	İthal poşet çay (n=9)	P>0,05 Kruskal-Wallis test
Ortanca	9,700	12,10	11,26	12,43	
Ortalama	10,15	12,92	11,46	13,30	
Standart sapma	1,19	2,62	2,03	4,39	
Standard hata	0,33	0,92	0,59	1,46	



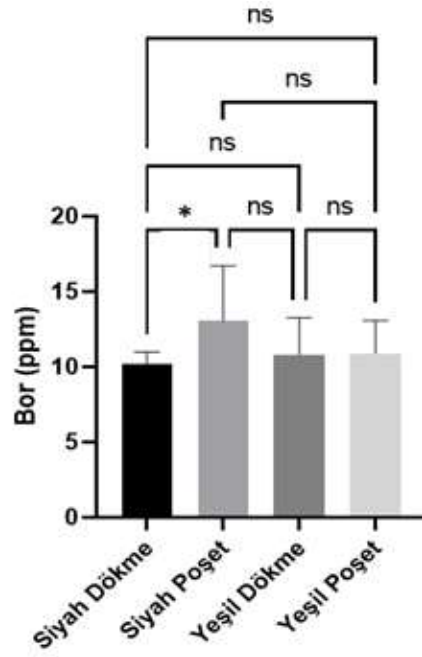
Şekil 6. Yerli (dökme-poşet) ve ithal (dökme-poşet) çaylardaki bor miktarının karşılaştırılması
 ** $p < 0,001$, ^{ns} $p > 0,05$ (anlamsız)

6.1.2 Siyah ve yeşil çaylarda bor miktarının karşılaştırılması

Çalışmamızda incelediğimiz çayları siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çay olarak ayırıp incelediğimizde siyah poşet çaylardaki ortalama bor miktarı siyah dökme çaylardakine göre anlamlı derecede yüksekti ($p < 0,05$) (Tablo 10, Şekil 7).

Tablo 10. Siyah (dökme-poşet) ve yeşil çaylardaki (dökme-poşet) bor miktarları (ppm)

Bor (ppm)	Siyah dökme çay (n=6)	Siyah poşet çay (n=11)	Yeşil dökme çay (n=8)	Yeşil poşet çay (n=6)
Ortanca	9,99	11,55	9,80	10,62
Ortalama	10,21	13,06	10,85	10,90
Standart Sapma	0,80	3,66	2,43	2,20
Standart Hata	0,33	1,10	0,86	0,90

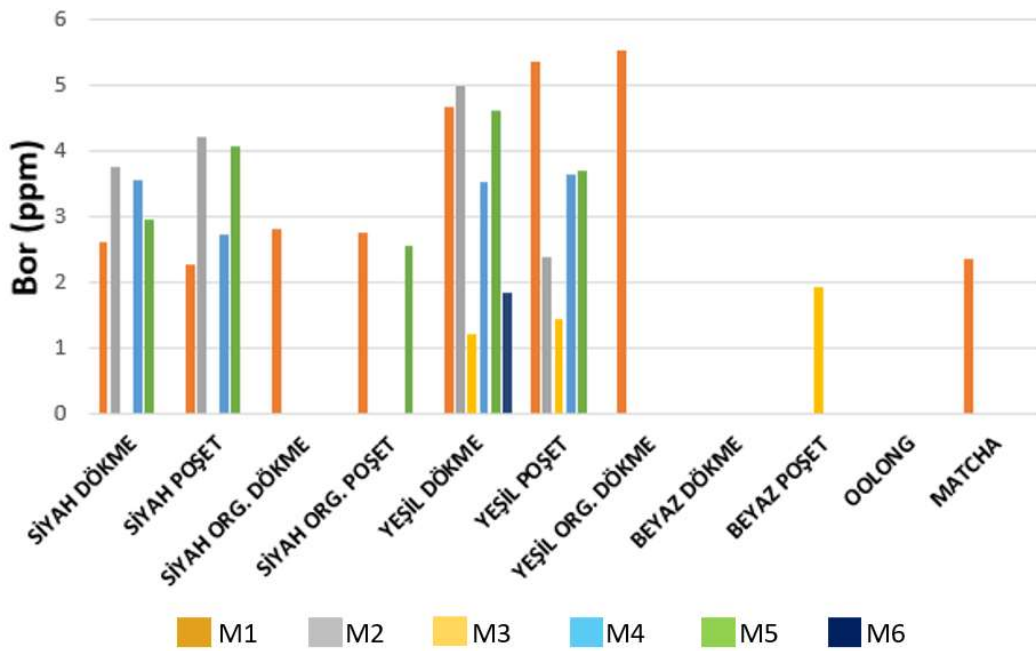


Şekil 7. Siyah (dökme-poşet) ve yeşil çay (dökme-poşet) bor miktarlarının karşılaştırılması

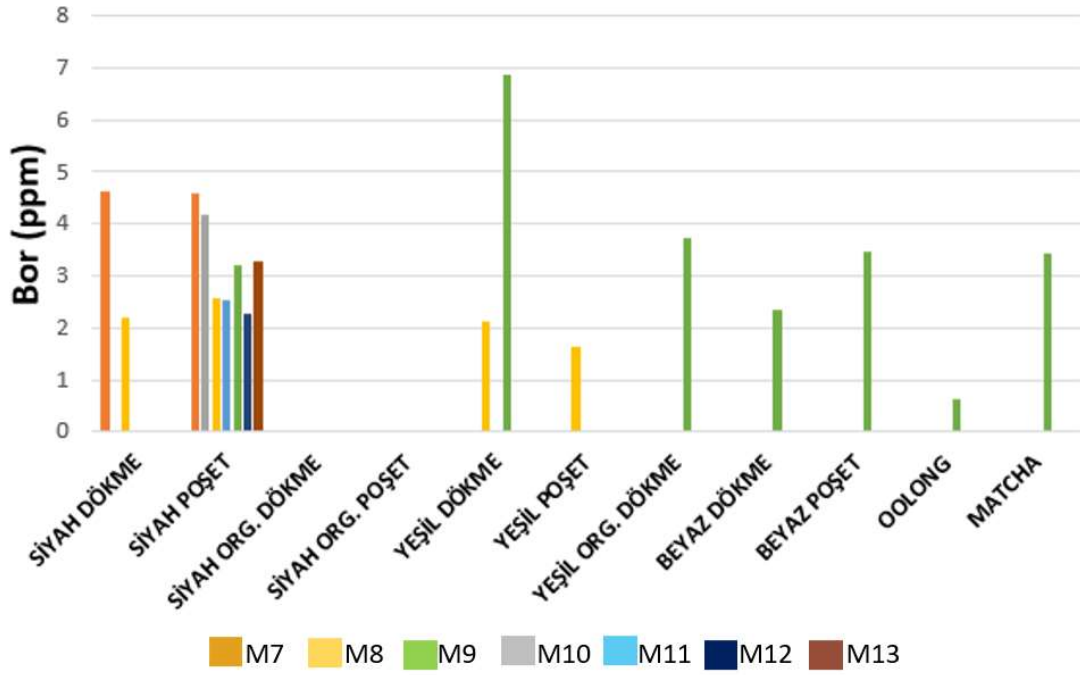
* $p < 0,05$, ^{ns} $p > 0,05$ (anlamsız)

6.2 Demlenmiş Çaylarda Bor Miktarı

Demlenmiş çaylarda en yüksek bor değeri yerli çaylarda M1 yeşil organik dökme çayında (5,53 ppm), ithal çaylarda ise M9 yeşil dökme çayında (6,85 ppm) bulunmuştur (Şekil 8). En düşük bor değeri yerli çaylarda M3 yeşil dökme çayında (1,21 ppm), ithal çaylarda ise M9 oolong çayında (0,63 ppm) olarak bulunmuştur (Şekil 9).



Şekil 8. Demlenmiş yerli çaylarda bor miktarı (ppm)



Şekil 9 Demlenmiş ithal çaylarda bor miktarı (ppm)

6.2.1 Demlenmiş çaylara bor geçiş oranı (%)

Genel olarak incelediğimizde tüm çaylarda ortalama 11,73 ppm olan bor miktarının demlenmiş çaylarda ortalama olarak 3,22 ppm'e düştüğünü yani diğer bir ifadeyle çaylardaki bor miktarının % 28,99'unun (\cong %30) çalışmamızdaki demleme koşullarında demlenmiş çaya geçtiği Tablo 11'de görülmektedir.

Tablo 11. Kuru çaylardan demlenmiş çaya bor geçişi

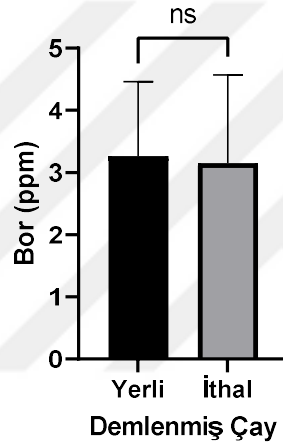
	Kuru çaylarda bor (ppm) (n=42)	Demlenmiş çaylarda bor (ppm) (n=42)	Kuru çaydaki borun demli çaydaki bora oranı (n=42)	Kuru çaydan demlenmiş çaya bor geçişi (%) (n=42)
Ortanca	11,10	3,08	3,88	25,78
Ortalama	11,73	3,22	4,40	28,99
Standart Sapma	2,84	1,27	2,59	13,85
Standat Hata	0,44	0,20	0,40	2,14

6.2.2 Demlenmiş yerli ve ithal çaylardaki bor miktarlarının karşılaştırması

Demlenmiş yerli ve ithal çaylardaki bor miktarının arasında fark anlamlı bir fark saptanmadı ($p>0.05$) (Tablo 12, Şekil 10).

Tablo 12. Demlenmiş yerli ve ithal çaylardaki bor miktarları (ppm)

Bor (ppm)	Yerli çay (n=25)	İthal çay (n=17)	P>0.05 Mann-Whitney U
Ortanca	2,95	3,2	
Ortalama	3,26	3,15	
Standart Sapma	1,20	1,42	
Standart Hata	0,24	0,34	



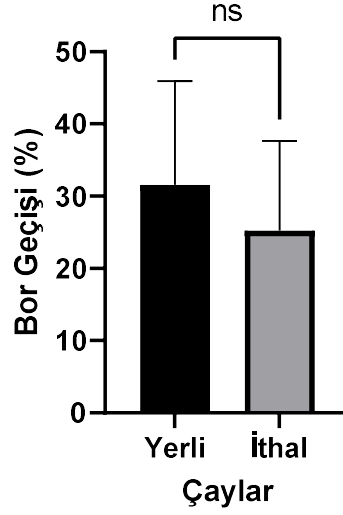
Şekil 10. Demlenmiş yerli ve ithal çaylardaki bor miktarının karşılaştırılması
^{ns} $p>0,05$ (anlamsız)

6.2.2.1 Demlenmiş yerli ve ithal çaylarda bor geçişi %'lerinin karşılaştırması

Yerli ve ithal demlenmiş çaylara bor geçiş %'si arasında da anlamlı bir fark saptanmad ($p>0.05$) (Tablo 13, Şekil 11).

Tablo 13. Yerli ve ithal demlenmiş çaylara bor geçiş % leri

% Bor geçişi	Yerli çay (n=25)	İthal çay (n=17)	P>0.05 Mann-Whitney U
Ortanca	27,47	22,89	
Ortalama	31,56	25,21	
Standart Sapma	14,40	12,45	
Standart Hata	2,88	3,02	



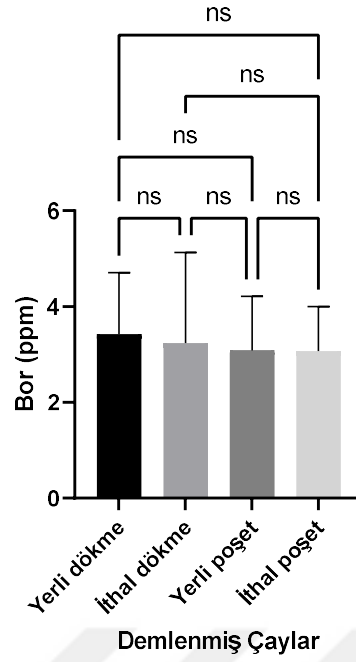
Şekil 11. Yerli ve ithal demlenmiş çaylara bor geçiş % lerinin karşılaştırılması
^{ns}p>0,05 (anlamsız)

6.2.2.2 Demlenmiş yerli (dökme-poşet) ve ithal (dökme-poşet) çayların bor miktarının karşılaştırılması

Demlenmiş yerli (dökme-poşet) ve demlenmiş ithal (dökme-poşet) çayların bor miktarının karşılaştırılması sonucu anlamlı farklılıklar saptanmamıştır (p>0.05) (Tablo 14, Şekil 12).

Tablo 14. Demlenmiş yerli (dökme-poşet) ve ithal (dökme-poşet) çaylarda bor miktarı (ppm)

Bor (ppm)	Yerli dökme çay (n=13)	İthal dökme çay (n=8)	Yerli poşet çay (n=12)	İthal poşet çay (n=9)	p>0.05 Anova
Ortanca	3,54	2,88	2,74	3,20	
Ortalama	3,42	3,24	3,09	3,07	
Standart Sapma	1,29	1,90	1,12	0,92	
Standart Hata	0,36	0,67	0,32	0,31	



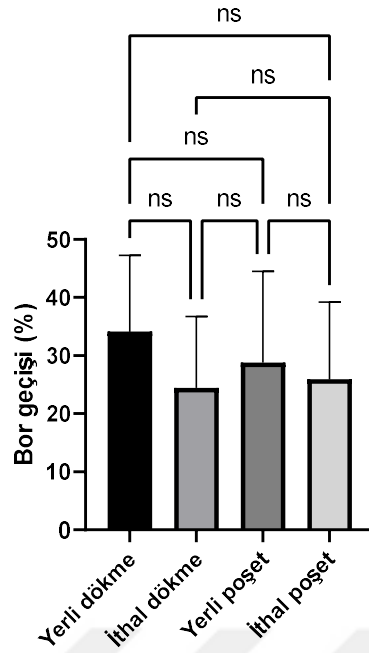
Şekil 12. Demlenmiş yerli (dökme-poşet) ve ithal (dökme-poşet) çaylarda bor miktarlarının karşılaştırılması
^{ns}p>0,05 (anlamsız)

6.2.2.3 Demlenmiş yerli (dökme-poşet) ve ithal (dökme-süzen poşet) çaylarda bor geçiş %'nin karşılaştırması

Yerli çayları ve ithal çayları kendi aralarında dökme çay ve süzen poşet çay olarak ikiye ayırıp incelediğimizde demlenmiş çaylara bor geçişi yüzdesi ithal (dökme ve poşet) çaylarda yerli çaylara (dökme ve poşet) göre daha az olmasına rağmen aralarındaki fark anlamlı değildi (p>0.05) (Tablo 15, Şekil 13).

Tablo 15. Demlenmiş yerli (dökme-poşet) ve ithal (dökme-süzen poşet) çaylarada bor geçişi %leri

Bor geçişi (%)	Yerli dökme çay (n=13)	İthal dökme çay (n=8)	Yerli poşet çay (n=12)	İthal poşet çay (n=9)	P>0,05 Kruskal-Wallis test
Ortanca	33,02	23,66	24,24	22,89	
Ortalama	34,08	24,46	28,82	25,88	
Standart Sapma	13,18	12,29	15,72	13,29	
Standart Hata	3,66	4,35	4,54	4,43	



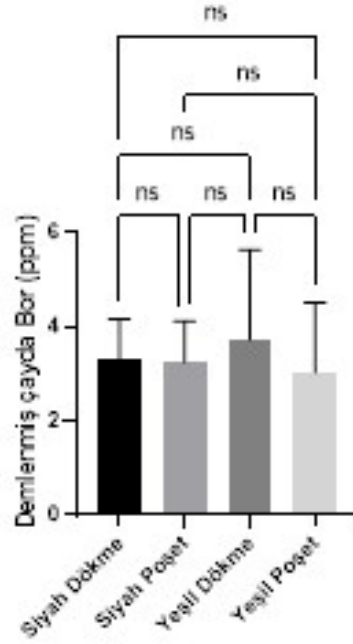
Şekil 13. Demlenmiş yerli (dökme-poşet) ve ithal (dökme-poşet) çaylarda bor geçişi %lerinin karşılaştırılması
^{ns}p>0,05 (anlamsız)

6.2.3 Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylardaki bor miktarının karşılaştırılması

Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil çay (dökme-poşet) çaylarda bor miktarı arasında anlamlı fark tesbit edilmedi ($p>0.05$) (Tablo 16, Şekil 14).

Tablo 16. Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylardaki bor miktarı (ppm)

Bor (ppm)	Siyah dökme çay (n=6)	Siyah poşet çay (n=11)	Yeşil dökme çay (n=8)	Yeşil poşet çay (n=6)	p>0.05) Kruskal-Wallis test
Ortanca	3,26	3,20	4,09	3,02	
Ortalama	3,29	3,26	3,73	3,04	
Standart Sapma	0,88	0,86	1,91	1,49	
Standart Hata	0,36	0,26	0,68	0,61	



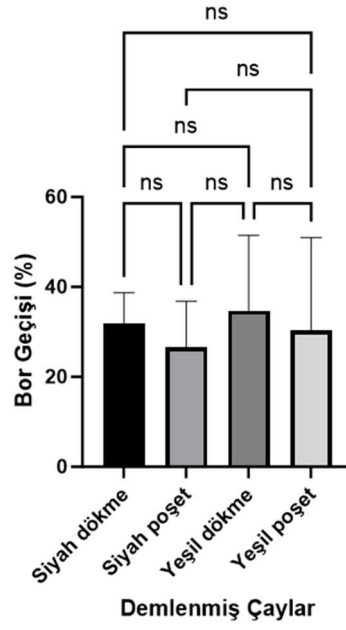
Şekil 14. Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylardaki bor miktarlarının karşılaştırılması
^{ns}p>0,05 (anlamsız)

6.2.3.1 Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylarda bor geçiş %'lerinin karşılaştırılması

Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil çay (dökme-poşet) çaylarda bor geçiş %'leri arasında anlamlı fark tespit edilmedi (p>0.05) (Tablo 17, Şekil 15).

Tablo 17. Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylarda bor geçiş %'leri

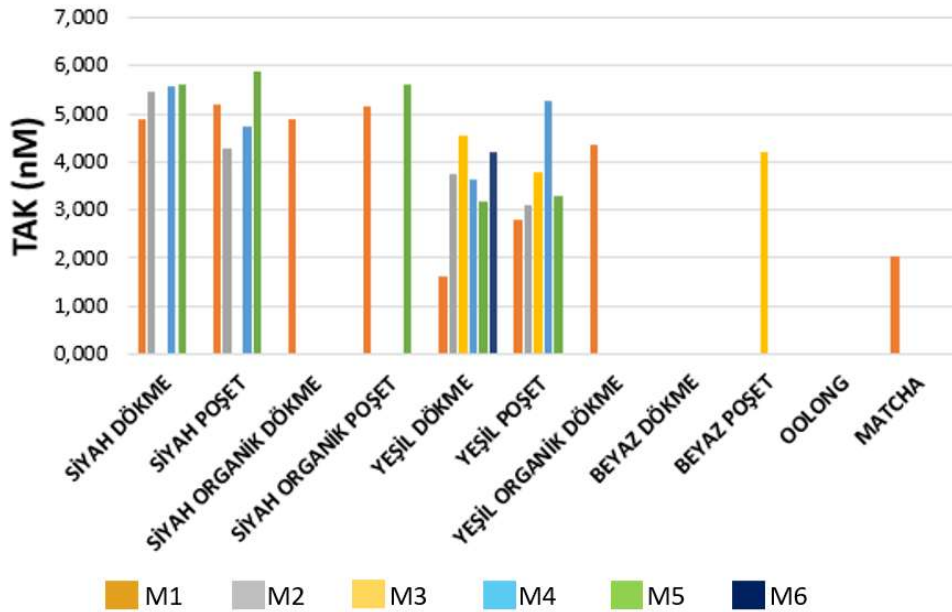
Bor geçişi (%)	Siyah dökme çay (n=6)	Siyah poşet çay (n=11)	Yeşil dökme çay (n=8)	Yeşil poşet çay (n=6)	p>0.05) Kruskal-Wallis test
Ortanca	32,35	23,01	38,67	26,19	
Ortalama	31,97	26,60	34,75	30,28	
Standart Sapma	6,71	10,23	16,73	20,71	
Standart Hata	2,74	3,08	5,92	8,45	



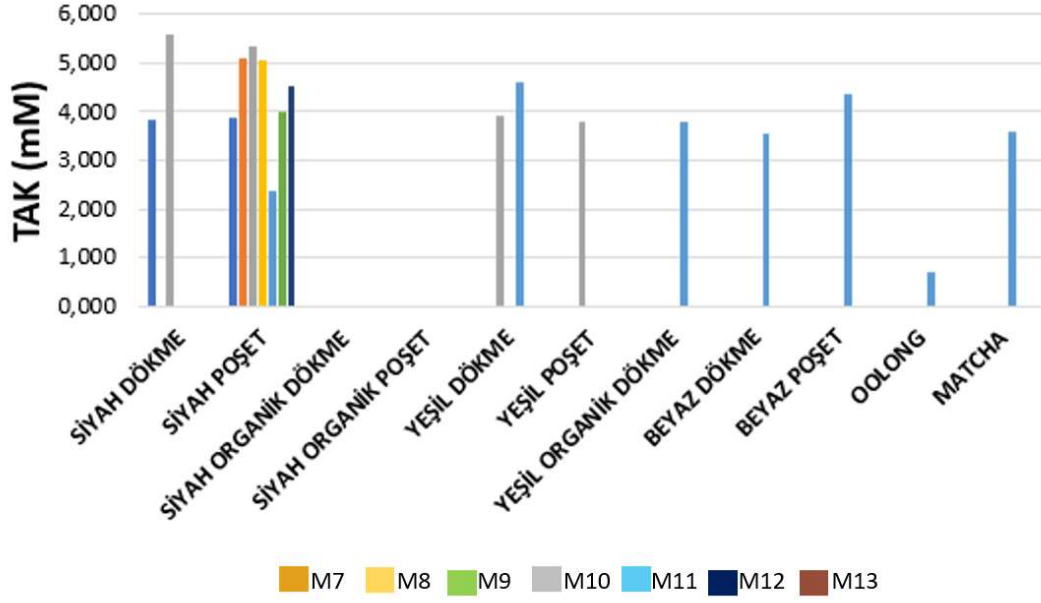
Şekil 15. Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylarda bor geçiş %'lerinin karşılaştırılması
^{ns}p>0,05 (anlamsız)

6.2.4 Demlenmiş çaylarda TAK miktarı

Demlenmiş çaylarda en yüksek TAK değeri, yerli çaylarda M5 siyah poşet çayında (5,88 mM), ithal çaylarda ise M8 siyah dökme çayında (5,59 mM) bulunmuştur (Şekil 16, Şekil 17). En düşük TAK değeri, yerli çaylarda M1 yeşil dökme çayında (1,63 mM), ithal çaylarda ise M9 oolong çayında (0,69 mM) bulunmuştur (Şekil 16, Şekil 17).



Şekil 16. Yerli demlenmiş çaylarda TAK (mM) değerleri grafiği



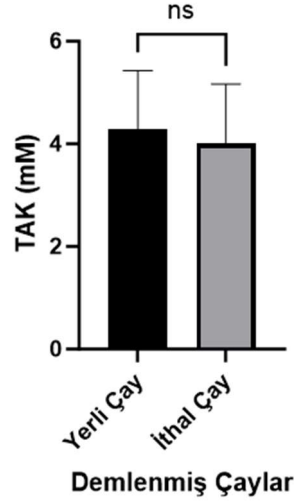
Şekil 17. İthal demlenmiş çaylarda TAK (mM) değerleri grafiği

6.2.4.1 Demlenmiş yerli ve ithal çaylarda TAK değerlerinin karşılaştırması

Demlenmiş yerli ve ithal çaylarda TAK değerleri karşılaştırıldığında anlamlı fark saptanmamıştır ($p>0.05$) (Tablo 18, Şekil 18).

Tablo 18. Demlenmiş yerli ve ithal çaylarda TAK değerleri (mM)

TAK (mM)	Yerli çay (n=25)	İthal çay (n=17)	P>0.05 Mann-Whitney U
Ortanca	4,37	3,93	
Ortalama	4,28	4,01	
Standart Sapma	1,15	1,16	
Standart Hata	0,23	0,28	



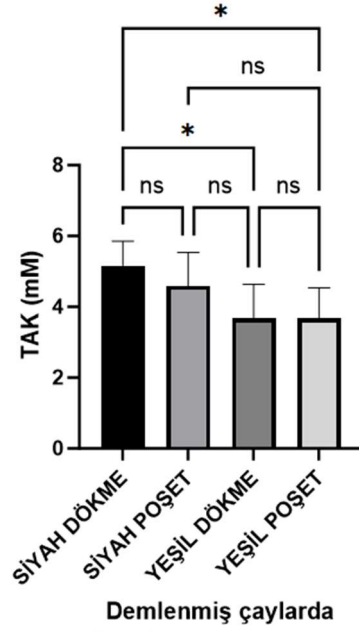
Şekil 18. Demlenmiş yerli ve ithal çaylarda TAK değerlerinin karşılaştırılması
^{ns}p>0,05 (Anlamsız)

6.2.4.2 Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylarda TAK değerlerinin karşılaştırılması

Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme ve poşet) çaylarda TAK miktarı karşılaştırıldığında siyah dökme çayların TAK değerleri arasında fark bulunmadı ($p>0.05$) (Tablo 19). Ancak ikili karşılaştırmada, siyah dökme çayların TAK değerleri yeşil dökme ve yeşil poşet çaylarından anlamlı derecede yüksek idi ($p<0.05$) (Şekil 19).

Tablo 19. Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çayların TAK miktarları (mM)

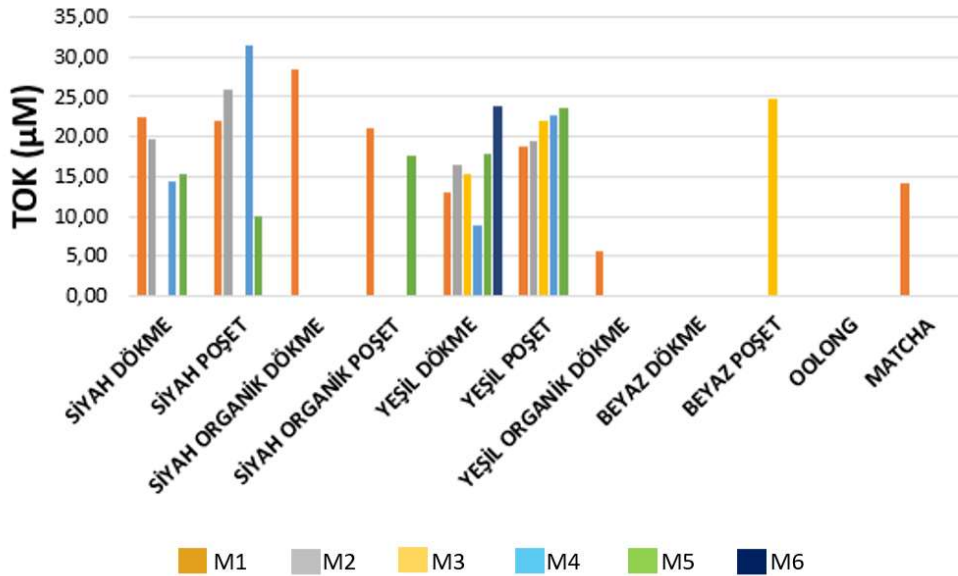
TAK (mM)	Siyah dökme çay (n=6)	Siyah poşet çay (n=11)	Yeşil dökme çay (n=8)	Yeşil poşet çay (n=6)	p>0.05) Kruskal-Wallis test
Ortanca	5,51	4,75	3,83	3,53	
Ortalama	5,16	4,59	3,68	3,67	
Standart Sapma	0,70	0,95	0,96	0,87	
Standart Hata	0,28	0,29	0,34	0,35	



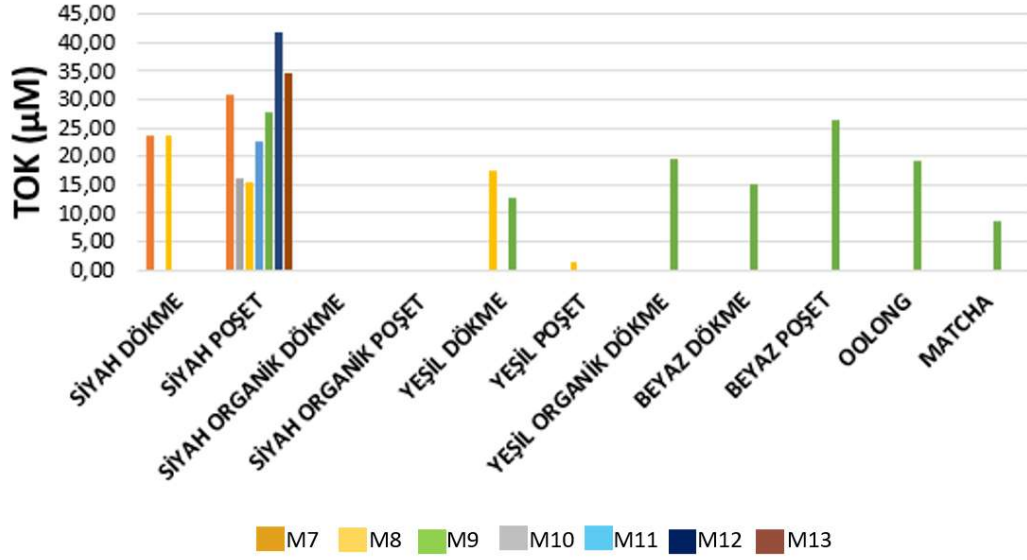
Şekil 19. Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylarda TAK miktarlarının karşılaştırılması
* $p < 0,05$, $^{ns}p > 0,05$ (anlamsız)

6.2.5 Demlenmiş çaylarda TOK miktarı

Demlenmiş çaylarda en yüksek TOK değeri yerli çaylarda M4 siyah poşet çayında ($31,47 \mu\text{M}$), ithal çaylarda ise M12 siyah poşet çayında ($41,76 \mu\text{M}$) bulunmuştur (Şekil 20, Şekil 21). En düşük TOK değeri yerli çaylarda M1 yeşil organik dökme çayında ($5,59 \mu\text{M}$), ithal çaylarda ise M8 yeşil poşet çayında ($1,47 \mu\text{M}$) olarak bulunmuştur (Şekil 20, Şekil 21).



Şekil 20. Demlenmiş yerli çaylarda TOK (μM) değerleri grafiği



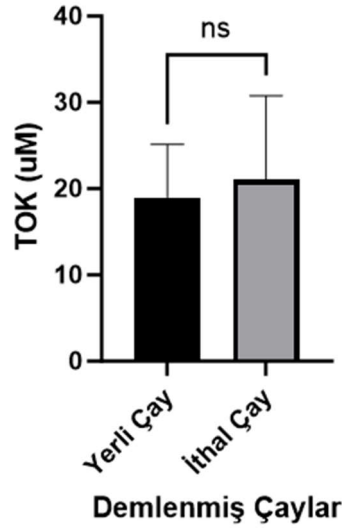
Şekil 21. Demlenmiş ithal çaylarda TOK (µM) değerleri grafiği

6.2.5.1 Demlenmiş yerli ve ithal çaylarda TOK değerlerinin karşılaştırması

Demlenmiş yerli ve ithal çayların TOK değerleri karşılaştırıldığında ithal çayların TOK değerleri daha yüksek olmasına rağmen aralarındaki fark anlamlı değildi ($p>0.05$) (Tablo 20, Şekil 22).

Tablo 20. Demlenmiş yerli ve ithal çaylarda TOK değerleri (µM)

TOK (µM)	Yerli çay (n=25)	İthal çay (n=17)	
Ortanca	19,41	19,41	p>0.05 “t” testi
Ortalama	18,99	21,02	
Standart Sapma	6,13	9,75	
Standart Hata	1,23	2,36	



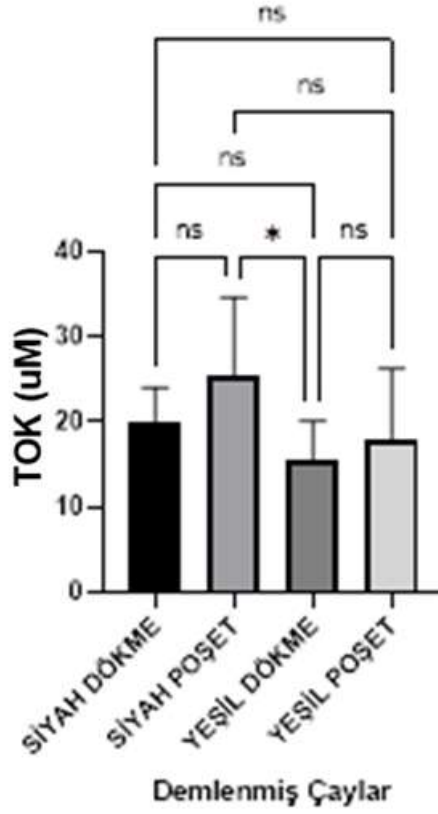
Şekil 22. Demlenmiş yerli ve ithal çaylarda TOK değerleri (µM)
^{ns}p>0,05 (anlamsız)

6.2.5.2 Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme ve poşet) çaylarda TOK değerlerinin karşılaştırılması

Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve demlenmiş yeşil (dökme-poşet) çayların TOK miktarları karşılaştırıldığında siyah dökme çayların TOK değerlerinin yeşil dökme çaylarından anlamlı derecede farklı olmadığı tespit edildi (Tablo 21, Şekil23). Sadece siyah poşet çayların TOK değeri yeşil dökme çaylardan daha yüksek bulundu (p<0.05).

Tablo 21. Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylarda TOK değerleri (µM)

TOK (µM)	Siyah dökme çay (n=6)	Siyah poşet çay (n=11)	Yeşil dökme çay (n=8)	Yeşil poşet çay (n=6)	p>0.05) Kruskal-Wallis test
Ortanca	21,03	25,88	15,88	20,74	
Ortalama	19,90	25,35	15,66	17,99	
Standart Sapma	4,20	9,29	4,45	8,30	
Standart Hata	1,71	2,80	1,57	3,39	



Şekil 23. Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylarda TOK değerlerinin karşılaştırılması
* $p < 0,05$, ns: Anlamsız

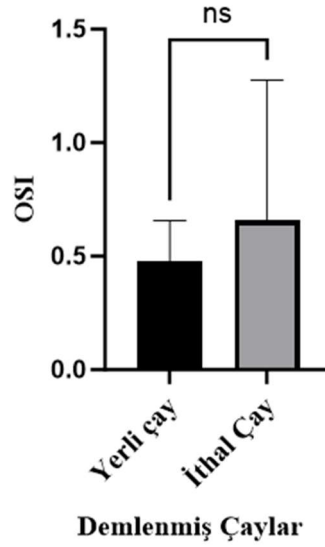
6.2.6 Demlenmiş çaylarda OSİ değeri

6.2.6.1 Demlenmiş yerli ve ithal çaylarda OSİ değerlerinin karşılaştırması

Demlenmiş yerli ve ithal çayların OSİ değerleri karşılaştırıldığında aralarındaki fark anlamlı bulunmadı ($p > 0,05$) Tablo 22, Şekil 24).

Tablo 22. Demlenmiş yerli ve ithal çaylarda OSİ değerleri

OSİ	Yerli çay (n=25)	İthal çay (n=17)	p>0.05) Kruskal- Wallis
Ortanca	0,66	2,74	
Ortalama	0,48	0,66	
Standart Sapma	0,18	0,62	
Standart Hata	0,04	0,15	



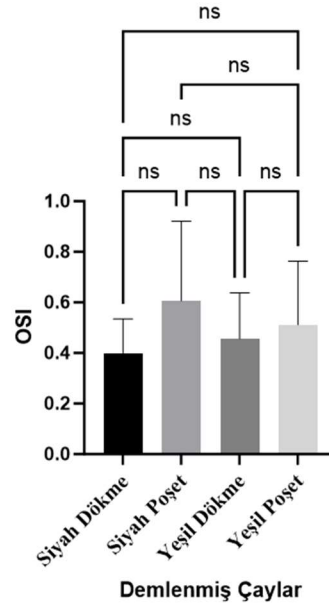
Şekil 24. Demlenmiş yerli ve ithal çaylarda OSİ değerleri
^{ns}p>0,05 (anlamsız)

6.2.6.2 Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme ve poşet) çaylarda OSİ değerlerinin karşılaştırılması

Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve demlenmiş yeşil (dökme-poşet) çayların OSİ değerleri karşılaştırıldığında gruplar arasında anlamlı fark olmadığı tespit edildi (p>0.05) (Tablo 23, Şekil 25).

Tablo 23. Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylarda OSİ değerleri

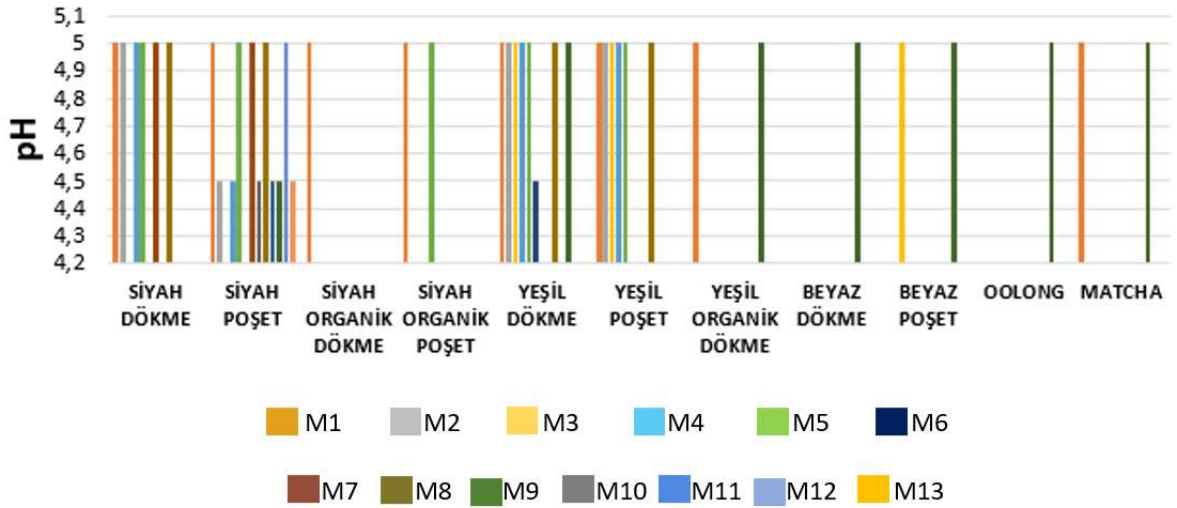
OSİ	Siyah dökme çay (n=6)	Siyah poşet çay (n=11)	Yeşil dökme çay (n=8)	Yeşil poşet çay (n=6)	p>0.05) Kruskal-Wallis
Ortanca	0,36	0,99	0,55	0,68	
Ortalama	0,40	0,61	0,46	0,51	
Standart Sapma	0,13	0,31	0,18	0,25	
Standart Hata	0,06	0,09	0,06	0,10	



Şekil 25. Demlenmiş siyah (dökme-poşet) ve yeşil (dökme-poşet) çaylarda OSI değerlerinin karşılaştırılması
^{ns}p>0,05 (anlamsız)

6.2.7 Demlenmiş Çayların pH Değeri

Çalışmamızda incelediğimiz tüm çayların pH değeri Şekil 24’de görülmektedir. Yerli ve ithal siyah poşet çayların çoğunun ve M6 yeşil dökme çayının pH’ı yaklaşık 4.5 civarında olup diğerlerinin pH’ı 5 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 26 Demlenmiş çayların pH değerleri

7. TARTIŞMA ve SONUÇ

Çaylarda Bor:

İnsan vücudundaki borun ana kaynaklarını içme suyu, çay, maden suyu, süt gibi içecekler ve başta kuruyemişler olmak üzere çeşitli gıdalar oluşturmaktadır. Ayrıca çeşitli doğa faaliyetleri (volkanik patlamalar, jeotermal ve tektonik hareketler vb.) sonucu borun bulunduğu atmosfere veya su kaynağına doğrudan maruziyetler de bor alımının kaynaklarındandır (Kot, 2009). Son olarak günümüzde çeşitli endüstri ürünlerinde borun kullanılması ve hatta üretim sonucu oluşan borlu atıklar da bor maruziyeti oluşturmaktadır. Çalışmalardan elde edilen sonuçlar, borun dinamik bir eser element olarak geniş bir yelpazedeki biyolojik fonksiyonları etkilediğini göstermektedir (Kuru ve Yarat, 2017) Bu durum biyolojik örneklerde, özellikle de insan beslenmesiyle ilgili olanlarda bor düzeylerinin belirlenmesinin gerekliliğini vurgulamaktadır.

Henüz tam aydınlatılmış olmamakla birlikte borun vücuda sindirim sistemi, cilt teması ve solunum yolu ile alındığı düşünülmektedir. İnsan vücudunda yaklaşık olarak 3-20 mg seviyelerinde bulunan borun en çok kalpte (28 ppm), ardından kemiklerde (4,3-17,9 ppm) ve karaciğerde (2,3 ppm) biriktiği bildirilmektedir. Ülkelere göre değişmekle beraber günlük bor alımı genel olarak 1-3 mg olarak kabul edilmektedir (Bakırdere et al., 2010; Dinca ve Scorei, 2013).

2000’i aşkın kimyasal bileşeniyle oldukça karmaşık bir yapıya sahip çay’ın içeriği, üretildiği çay bitkisinin yetiştiği bölgenin iklim özellikleri ile toprak yapısına ve üretim sürecine göre değişkenlik gösterebilir (Hajiboland, 2017). Yaklaşık %25’i su olan taze çay yapraklarının üretim sonrasındaki kuru formunun su miktarı %5’e iner. Su haricindeki diğer kısmı genel olarak olarak fenolik bileşikler, kafein, proteinler, aminoasitler, polisakkaritler, basit karbonhidratlar, ve mineraller oluşturur. (Tekin, 2021).

Bor, bitkilerde hücre duvarının sentezi ve yapısının devamlılığı, hücre büyümesi, çeşitli enzimatik reaksiyonların gerçekleşmesi ve gerekli iyonların zarlardan taşınması gibi metabolik olaylarda işlev görmesi nedeniyle kritik önem taşır. (Brdar-Jokanović, 2020). Çay bitkisi için de son derece önemli bir element olan bor, yağmurun da katkısıyla asidik özellikteki toprakta çözülmüş borik asit bileşiği formunda çay köklerinden sızarak bitkinin üst kısımlarına kadar ulaşır. (Hajiboland, 2013). Çayın yetiştiği toprağın asitliği arttığında, köklerden daha fazla borun emildiği bilinmektedir. Toprakta gelen doğal borun yanısıra, büyümenin iyileşmesi için

kullanılan borlu gübreler ve zararlı oluşunu engellemek için kullanılan borlu ilaçlar da çaydaki borun kaynaklarındandır (Balcı and Taban, 2018; Baruah, et al. 2011).

Çeşitli materyallerde kalitatif veya kantitatif bor analizi için birçok tayin yöntemi mevcuttur. Bor tayini kolorimetrik, florimetrik, volumetrik, potansiyometrik, atomik spektrometrik, kromatografik ve İndüktif Eşleşmiş Plazma (Inductively Coupled Plasma, ICP) gibi bazı yöntemler kullanılarak yapılmaktadır. Literatürde en sık kullanılan metodlar kolorimetrik metodlar ve ICP metodlarıdır. Bor gibi miktarı az olan elementlerin ölçümünde ICP yöntemi büyük bir kolaylık sağlamaktadır. Yüksek hassasiyete sahiptir, ancak pahalı bir yöntemdir. Kolorimetrik metodlar, bor tayini için spesifik reaktifler kullanarak renk gelişimine dayalı bir dizi spektrofotometrik metodlardır. Kurkumin, arsenazo, azometin H, karmin veya kristal viyole metodlarının kullanıldığı kolorimetrik yöntemler, ICP yöntemine göre daha düşük hassasiyete sahip olsa bile pahalı olmayışı avantaj sağlamaktadır (Barin ve ark., 2016; Sah ve Brown, 1997).

Karminik asit, tayin edilmek istenen maddenin dışında ortamdaki molibden, silikat, germanyum, amonyum, kalsiyum klorür, potasyum, fosfat, magnezyum gibi diğer bileşenlerle girişim yapmadığı için kolorimetrik yöntemle bor tayini için en ideal reaktiflerden biridir.. Diğer bir avantajı da su, bitki ve toprak gibi numunelerde tekrarlanabilir doğru sonuçlar veriyor olmasıdır (Hatcher ve Wilcox, 1950).

Toplam 42 adet (21 adet dökme ve 21 adet poşet) çayın bor içeriğinin karminik asit yöntemiyle tayin edilerek incelendiği çalışmamızda tüm yerli çay (n=25) örneklerinde ortalama bor miktarı 7.7- 14.45 ppm arasında değiştiği; ithal çaylarda (n=17) ortalama bor miktarı ise 6.64-19.34 ppm arasında değiştiği ve ithal çaylarda bor miktarının yerli çaylara göre fazla olduğu tespit edilmiştir. Çay bor miktarındaki bu değişimler coğrafi faktörlerden kaynaklanıyor olabilir.

Çalışmamızda bulunan siyah çayın bor düzeyi, çayların elementel analizine ilişkin bir incelemede 3,10-57,8 ppm arasında belirtilen bor konsantrasyonuna benzerdi (Szymczycha-Madeja ve ark., 2012). Bu aynı zamanda, yapılmış çay ve çay infüzyonundaki mikro besinlerin (B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo ve Zn) içeriğiyle ilgili başka bir inceleme makalesinde bahsedilen bor konsantrasyonuna da benzerdi (Karak ve ark., 2017).

Farklı sürgün dönemlerinde hasat edilen çay bitkilerinin mineral besin kompozisyonunun incelendiği bir çalışmada bor başta olmak üzere birçok elementin kompozisyonundaki değişimler ve bunların toprak özellikleriyle ilişkileri incelenmiştir. Çay yapraklarındaki bor

içeriğinin 10,63-31,58 ppm (Kaya, 2019) arasında değiştiği tespit edilmiştir. Sonuçlarımız bu araştırmanın bulgularıyla tutarlıdır.

Demlenen çaylarda Bor:

Çalışmamızda demlenen siyah dökme çay ile demlenen poşet çaylardaki bor miktarı arasında anlamlı bir fark tespit edilmedi. Demlenen çay numunelerindeki bor miktarı yaklaşık 3,3 ppm'dir. Diğer bir deyişle, demlenen çay örneğine aktarılan bor miktarı yaklaşık 3-4 kat azalarak %30 civarına inmiştir.

Bir çalışmada, indüktif eşleşmiş plazma-atomik emisyon spektrometresi kullanılarak Polonya Pazarında bulunan siyah çaylar ve meyve çaylarındaki suda çözünen ve asitte çözünen fraksiyonlarda bor konsantrasyonları belirlenmiş ve potansiyel insan sağlığı riski araştırılmıştır. Siyah çaylarda ortalama toplam bor içeriği 8,31 ile 18,40 mg/kg (ppm) arasında değişmektedir. Siyah çaydaki borun ekstraksiyon derecesi %8 ile %27 arasında değişmektedir. Metal kontamine gıdaların diğer kaynaklardan aynı anda alınmaması halinde insan tüketimi açısından herhangi bir sağlık riski oluşturmayacağı sonucuna varılmıştır. Frankowska'nın çalışmasının bulguları bu çalışmaya benzerdi (Ziola-Frankowska, ve ark., 2014). Bu çalışma ile onların arasındaki fark yöntemdeydi. Onlar ICP yöntemini kullanırken, biz spektrofotometrik yöntemi (karminik asit yöntemi) kullandık. Ancak ICP ve karminik asit yöntemiyle belirlenen bor konsantrasyonları birbiriyle koreleydi (Kuru ve ark., 2018b).

Türkiye'de yapılan bir çalışmada, demlenen çaylardaki (siyah çay, papatya çayı, elma çayı, kuşburnu çayı, adaçayı çayı, ıhlamur çayı ve Lipton tarafından üretilen yeşil çay) bor konsantrasyonları Optik Emisyon Spektroskopisi kullanılarak belirlenmiştir. Beş dakika sonra çay demlemelerindeki bor içeriği 0,084 ile 2,023 ppm (Moroydor Derun ve ark., 2010) arasında değişmiştir. Bu miktar demlenenmiş çaylara ilişkin sonuçlarımızdan daha düşüktü. İnfüzyon süresinin bizim çalışmamızda 20 dakika, onlarınkinde ise 5 dakika olması bu farkı açıklayabilir.

Çaylarda Bor ve sağlık:

Bor alımını etkileyen diğer faktörler arasında yaş, cinsiyet ve metabolizma hızı yer alır. Bu faktörler göz önüne alındığında Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından önerilen günlük bor alımı şu şekildedir: 1-3 yaş için 3 mg; 4-6 yaş için 4 mg; 7-10 yaş arası 5 mg; 11-14 yaş arası 7 mg; 15-17 yaş arası 9 mg; yetişkinler için ise 10 mg. Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre yetişkinler için güvenli doz aralığı 1-13 mg bor/gün olarak tanımlanmış olsa da, 70 kg ağırlığındaki bir yetişkin için bu değer 28 mg bor/gün olarak revize edilmiştir. Bu hesaplamalar yıllara göre ülkelere ve kuruluşlara göre değişmekte ve bunun sonucunda içme

suyu, çay ve maden suyundaki bor miktarına getirilen limitleri etkilemektedir (Kuru ve ark., 2018a ; Meacham ve ark., 2010; WHO, 1996). Bir bireyin günde beş bardak (500 mL) çay tükettiğini varsayarsak, dökme veya demlenmiş çaydan alınan günlük ortalama bor alımı sırasıyla 5,25 mg veya 1,75 mg'dır.

Çaylarda TAK, TOK ve OSİ:

Çayın içecek olarak çok tüketilmesinin nedenleri arasında antioksidan (Zhu ve ark., 2015), antimitojenik ve antikanserojenik (Kuroda ve Hara, 1999), antiviral, antifungal (Friedman, 2007), antialerjik (Yamamoto ve ark., 2004) ve antimikrobiyal (Paola ve ark., 2005) etkiler yer almaktadır. Polifenoller veya flavonoidler özellikle çayda, meyve, sebze, fındık ve ceviz gibi sert kabuklu yemişlerde, tohumlarda, bitkilerin sap kısmında ve çiçeklerinde, şarapta ve balda yaygın olarak bulunmaktadır (Wollgast ve Anklam, 2000). Çay yapraklarının bileşimi iklime, üretim çeşitlerine ve genetik faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Yeşil çayın flavonoid içeriği yaklaşık 160- 1500 mg/g kuru ağırlık, siyah çayın ise 120-1300 mg/g kuru ağırlık aralığındadır. Bu değerlerin antioksidan kapasitesi yüksek olan elma, şeftali, üzüm, portakal, greylift gibi meyvelerden çok daha fazla olduğu ileri sürülmektedir (Yen ve ark, 1997). Çayın flavonoid içeriği ve antioksidan kapasitesinin incelenmesiyle ilgili birçok araştırma yapılmıştır.

Carlioni ve ark. (2013) beyaz, siyah ve yeşil çayların antioksidan aktivitelerini araştırdıkları bir çalışmada çayları demledikleri oran 2.5 g/100 g olarak belirtilmiş ve yeşil çayların toplam fenolik madde miktarlarını 2360 ve 2260 mg/100g, siyah çayların toplam fenolik madde miktarlarını 1070 ve 1490 mg/ 100 g olarak saptanmıştır. Siyah çaylarda toplam fenolik madde miktarlarının daha düşük olmasının nedeni demleme süresinin daha kısa olması ile ilişkilendirilebileceğini ifade etmişlerdir. Çayın demleme süresinin ve sıcaklığının toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite üzerine etkisi daha önce yapılan bir çalışmada ortaya konulmuştur (Kelebek, 2016). En yüksek antioksidan aktivite değeri yeşil çay örneklerinde (1942.761 µmol TE/L) belirlenmiştir (Kadiroglu ve Diiblan, 2017).

Organik gıdalar T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığının tanımına göre; modern genetik mühendislik tekniklerinin, sentetik pestisitlerin, antibiyotiklerin, büyüme hormonlarının, kimyasal gübrelerin, katkı maddelerinin ve kimyasal ambalaj malzemelerinin kullanılmadığı bitkisel ve hayvansal gıdalardır (TC gıda yönetmeliği, 2010). Son yıllarda organik gıda üretiminde ve tüketiminde ciddi oranda bir artış meydana gelmiştir (Brantsaeter ve ark., 2017). Organik gıda tüketimindeki artışın temel nedeninin; sağlıklı, lezzetli ve doğa dostu gıdalara yönelik artan talep olduğu bildirilmektedir (Wang ve ark., 2020). Ancak bazı bilimsel çalışmalarda organik gıdaların daha sağlıklı, besleyici, kaliteli, güvenli, lezzetli olduğu

desteklenirken (Mie ve ark., 2017; Grinder-Pedersen ve ark., 2003; Faller ve Fialho, 2009), bazı çalışmalarda organik veya organik olmayan gıdaların herhangi birisinin bir diğerine üstünlüğünün olmadığı bildirilmektedir (Wunderlich ve ark., 2008; Fillion and Arazi, 2002). Bu hususta da organik olan ve olmayan gıdalarda en çok karşılaştırılan parametrelerden birisi antioksidan aktivitedir (Dangour ve ark., 2010). Demlenmiş organik çay örneklerinin (infüzyonlarının) TAK ve TOK değerlendirilmesinin yapıldığı çalışmada bazı organik çayların organik olmayan çeşitlerine kıyasla antioksidan kapasitesinin yanı sıra oksidan kapasitesinin de yüksek olduğu belirlenmiştir. Çayların antioksidan/oksidan kapasitesinin; bitki çeşidine, doza ve demleme yöntemine göre değişebildiği ve bu nedenle tüm organik çay çeşitlerinin organik olmayanlara kıyasla daha sağlıklı olduğu genellemesinin yapılamayacağı ileri sürülmüştür. Hem antioksidan hem oksidan aktivitenin beraber değerlendirilmesine imkan veren oksidatif stres indeksi temel alındığında, OSİ değeri en yüksek olan çay türünün papatya çayı olduğu tesbit edilmiştir (Ağagündüz, 2020). Çalışmamızda demlenmiş çayların OSİ değerleri yaklaşık 0.5 olup antioksidan etkilerinin daha yüksek olduğunun göstergesidir.

Yapılan bir çalışmada, bazı poşet çaylardan ihlamur, rezene, adaçayı, mate, ekinezya, papatya, form, siyah ve yeşil çayların toplam fenolik madde ve antioksidan aktiviteleri belirlenmiştir. Kuru çaylardan elde edilen ekstraktlar ile bu çayların uygun koşullarda demlenmesiyle oluşan infüzyondan elde edilen ekstraktlardaki toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktiviteleri belirlenmiş demdeki oranları irdelenmiştir. Toplam fenolik madde içeriği hem kuru çayda hemde demde en fazla yeşil çayda ardından siyah çayda bulunmuştur. Demlenmiş çaylarda antioksidan aktivitesi en yüksek olan çaylar ise ihlamur, mate, ekinezya, adaçayıdır. Toplam fenolik bileşen miktarı ile antioksidan aktiviteleri arasında hem kuru çayda hem de demlerde korelasyon bulunmamıştır (Cavlak ve Yağmur, 2016).

Başka bir çalışmada, pH metre ile kombine platin elektrot kullanarak potansiyometrik ölçüm ile yeşil çay yapraklarının toplam antioksidan aktivitesi 660,75 mmol-eqv./mres.kuru ağırlık olarak bulunmuştur. Yeşil yaprakların yüksek düzeyde antioksidan aktiviteye sahip olduğu ve iyi bir fenolik bileşen kaynağı olduğu gösterilmiştir. Fitokimyasalların miktarı ile antioksidan aktivite arasında önemli bir korelasyon saptanması nedeniyle fitokimyasalların antioksidan aktivitede ana rolü oynadığı ileri sürülmüştür (Maslov ve ark., 2022).

Yağmuroğlu'nun (2022) çalışmasında, dijital görüntü tabanlı kolorimetrik tespit sistemi kullanılarak, dört farklı marka çay ekstraktı örneğinin (çay A, çay B, çay C, çay D) toplam antioksidan kapasitesi askorbik asit eşdeğeri olarak 380 ± 8 mg/L (çay A), 402 mg/L ± 4 mg/L (çay B), 213 ± 3 mg/L (çay C), 232 ± 4 mg/L (çay D) bulunmuştur (Yağmuroğlu, 2022).

Yapılan deneysel çalışmalarla çayın sağlık üzerine etkileri de araştırılmıştır. Zeyuan ve ark. (1998) yeşil ve siyah çayın eritrositler üzerinde antioksidan etkisini karşılaştırmış ve siyah çayın daha etkin olduğunu tespit etmişlerdir. Langley-Evans (2000a), diyetle alınan antioksidanların % 35-45'nin çay flavonoidlerinden kaynaklandığını, demleme sırasında sıcaklık arttıkça demeye geçen antioksidan miktarının arttığını belirtmiştir. Yen ve arkadaşları (1997), günde ortalama 23 mg flavonoid alındığını, bunun % 48'inin çaydan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Vinson ve Dabbagh (1998), A.B.D'de günlük çay tüketiminin kişi başına 1 g/gün olduğunu, böylece çayla 200-300 mg/gün flavonoid alındığını, bu miktarın günlük tavsiye edilen C ve E vitaminleriyle β -karotenin toplamından (70 mg/gün) daha yüksek olduğunu bildirerek antioksidan kaynağı olarak çayın önemini vurgulamışlardır. Yang ve Landau (2000), çay fenoliklerinin farelerde deri ve akciğer tümörü oluşumunda, hücre çoğalmasını önlediğini, saf kateşinlerin hücre gelişimini ve çoğalmasını inhibe ettiğini gözlemişlerdir. Vinson ve Dabbagh (1998) ile Langley-Evans'ın (2000b) yaptıkları çalışmalar yüksek antioksidan aktiviteye sahip olan çayın, düşük yoğunluklu kolesterolün (LDL) oksidasyonunu geciktirdiği ve çay tüketimiyle plazmadaki antioksidan potansiyelin önemli derecede arttığını göstermiştir.

Toplam antioksidan miktarını belirlemek için farklı bilimsel yaklaşımlara sahip birçok yöntem bulunmaktadır (Öztaş, 2006). Toplam antioksidan kapasite belirleme teknikleri, elektron transferine dayalı yöntemler ve hidrojen atomu transferine dayalı yöntemler gibi pek çok yöntem mevcuttur (Yağmuroğlu, 2022). Belirtildiği üzere farklı yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalarda bulunan TAK, TOK değerlerinin ifadesi de birbirinden çok farklı olmaktadır. Çalışmamızda TAK tayinin prensibi 2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolin 6-sülfonik asitin) (ABTS) karakteristik renginin ağartılmasına dayandırılmaktadır. Numunede bulunan antioksidanlar, ağartma oranını konsantrasyonlarıyla orantılı bir derecede hızlandırır. Bu reaksiyon spektrofotometrik olarak izlenebilir ve ağartma hızı numunenin TAK'ı ile ters orantılıdır (Erel, 2004). TOK tayini için örnekde bulunan oksidanlar, ferröz iyon-o-dianisidin kompleksini ferrik iyonuna oksitler. Oksidasyon reaksiyonu, reaksiyon ortamında bulunan gliserol molekülleri tarafından güçlendirilir. Ferrik iyonu asidik ortamda ksilenol turuncu ile renkli bir kompleks oluşturur. Spektrofotometrik olarak ölçülebilen renk yoğunluğu, numunede bulunan oksidan moleküllerin toplam miktarı ile ilişkilidir (Erel, 2005). Çalışmamızda demlenmiş çayların TAK değerleri ve TOK değerleri düzeylerine göre oksidatif stress indeksi 0.5 olarak hesaplanmaktadır. Bu sonuç çayların yüksek antioksidan özelliğinin önemli bir göstergesidir. Demlenmiş yerli çay ve demlenmiş ithal çay TAK (~4 mM) ve TOK (~20 μ M) değerleri karşılaştırıldığında anlamlı fark saptanmadı, Demlenmiş siyah (dökme ve süzen poşet) ve demlenmiş yeşil (dökme ve süzen poşet) çayların TAK ortalama miktarları sırasıyla 5.16,

4.59, 3.68 ve 3.67 mM değeri idi. siyah dökme çayların TAK değeri yeşil dökme çaylarından anlamlı derecede yüksek idi. Demlenmiş siyah (dökme ve süzen poşet) ve demlenmiş yeşil (dökme ve süzen poşet) çayların TOK miktarı karşılaştırıldığında siyah dökme çayların TOK değerlerinin yeşil dökme çaylarından anlamlı derecede farklı değildi. Ancak bu anlamlı fark, farklı markalara ait çayların kullanılması nedeniyle anlamlı olmayabilir.

Çayda pH:

Son yıllarda yaşam tarzındaki değişikliklere bağlı olarak asit içeren ürünlerin tüketilme miktarı ve tüketim sıklığı artmıştır. Yeme davranışındaki bu değişimin ardından çocuklarda ve gençlerde diş erozyonu vakalarının görülme sıklığında artış gözlenmiştir. Diş erozyonunun en önemli dışsal faktörlerinden biri asitli içecek ve gıdaların yüksek tüketimidir (Packer, 2009). Türk insanı gün boyu, özellikle kahvaltıda ve akşamları bol miktarda çay içer ve yemekten sonra çay içmek geleneksel bir uygulamadır. Birçok kişi, çayın daha sağlıklı bir seçenek olduğu inancı nedeniyle, zararlı olduğu düşünülen diğer içeceklerin yerine çay tüketmektedir. Ancak çayın diş minesini üzerinde aşındırıcı etkisi olduğu bilinmektedir (Alturfan ve ark., 2009). Asitli içecekler veya gıda maddeleri gibi ajanların aşındırıcı potansiyeli kimyasal faktörlere (örneğin pH, titre edilebilir asitlik, mineral içeriği, diş yüzeyindeki klirens) ve kalsiyum şelasyon özelliklerine bağlıdır. Bir yiyecek veya içeceğin pH değeri (asitlik), o yiyecek veya içeceğin aşındırıcı potansiyelinin doğru bir göstergesi olarak kabul edilir. Son zamanlarda, toplam nötrleştirilebilir asitliğin, bir içeceğin toplam asit içeriğinin daha doğru bir ölçümü olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir; bu nedenle aşındırıcı potansiyeli tahmin etmek için daha iyi bir süreç olabilir (Cairns ve ark., 2002; Larsen and Nyvad, 1999).

Türkiye pazarındaki bazı bitki ve meyve çaylarının aşındırıcı potansiyeli, pH'ları ve nötralle edilebilir asitlikleri farklı demleme sürelerinde (0, 2, 5, 10 dakika) ölçülerek karşılaştırılmıştır. Meyve ve bitki çaylarının pH'ının sırasıyla 2,72 ila 3,62 ve 6,47 ila 7,24 arasında değiştiği; nötralle edilebilir asitliği ise sırasıyla 0,30-2,70 ve 0,00-0,20 olarak bulunmuştur. Böğürtlen çayının an asitli meyve çayı (pH 2,7) olduğu saptanmıştır (Akyuz ve Yarat, 2010).

Brezilya'da ticari olarak satılan çayların aşındırıcı potansiyeli, pH ve titre edilebilir asitlik ölçümleriyle değerlendirilmiştir. İçmeye hazır çaylar için ortalama pH değeri 2,89 ile 4,03 arasında bulunurken demlenmiş çaylar ve yerba mate için ortalama pH değeri 6,75 ile 7,89 arasında bulunmuştur. Titre edilebilir asitlik açısından ise hazır çaylar 3,77 ml ile 12,68 ml arasında değişen ortalama değerler göstermiştir. Demlenmiş çaylar (yerba mate dahil), pH değeri 7,0'ın üzerinde olduğundan titre edilebilir asitlik açısından test edilmemiştir. Ticari olarak satılan çaylardan içime hazır çayların diğer çaylara göre daha düşük pH değerine ve daha

yüksek titre edilebilir asitliğe sahip olduğu tesbit edilmiş ve aşındırıcı bir potansiyele sahip oldukları ileri sürülmüştür (Lunkes ve Hashizume, 2014).

Çalışmamızda ayrıca Türkiye'de en çok tüketilen çayların potansiyel aşındırıcı etkileri demlenmiş çayların pH'sı belirlenerek değerlendirildi. Mine demineralizasyonu için kritik pH (5,5) gereklidir. Sonuçlar çayların oldukça asidik olduğunu göstermektedir. Test edilen çayların pH'sının kritik pH değerinden daha düşük olduğu saptanmıştır. Çalışmamızda incelediğimiz yerli ve ithal siyah poşet çayların çoğunun pH'ı yaklaşık 4.5 civarında olup diğer çaylardan Lazika yeşil dökme (pH= 4.5) hariç diğerlerinin pH 5 olarak tespit edilmiştir. Toplam nötrleştirilebilir asitlik değeri ise ölçülmemiştir. Bu sonuçlara dayanarak çay tüketiminden sonra ağız pH'ını yükseltmek amacıyla su içilmesini tavsiye etmekteyiz.

Sonuç:

Sonuç olarak günlük üst limit düzeyi dikkate alındığında araştırmamız çay tüketiminin bor düzeyleri açısından güvenli olduğunu desteklemektedir. Ayrıca günlük üst sınırı aşmadan bor alım ihtiyacımızın karşılanmasına yardımcı olur. Bu nedenle homeostazisin korunmasına ve birçok hastalığın önlenmesine ve tedavisine katkı sağlama potansiyeline sahiptir. Ayrıca çayların oksidatif stres indeksi (OSİ) 1'den küçük olduğundan antioksidan etkileri oldukça iyi idi. Test edilen çayların pH'sının kritik pH değerinden daha düşük olması, çok fazla çay tüketimi dış minesinin demineralizasyonuna neden olabilir. Çay içiminden sonra ağız pH'ını yükseltmek amacıyla su içilmesi koruyucu etki yapabilir.

8. KAYNAKLAR

- Abou Seeda, M. A., Abou El-Nour, E. A. A., Yassen, A. A., Hammad, S. A. (2021). Boron structure, functions and its interaction with nutrients in plant physiology. A review. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 10(1), 117-179. DOI: 10.36632/mejar/2021.10.1.9
- Acar, S. (2019). Şanlıurfa’da tüketilen siyah çay çeşitlerinin ağır metal içeriklerinin saptanması (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü). Harran Üniversitesi.
- Ağagündüz D. (2020). Organik Çay İnfüzyonlarının Toplam Antioksidan ve Oksidan Kapasitelerinin Değerlendirilmesi. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 48(2), 5-14. DOI: 10.33076/2020.BDD.1289
- Akbulut, A., Kara, Ş. M., Özcan, A. (2020). Siyah, yeşil ve beyaz çayların kalite kriterleri, mineral içerikleri, antioksidan ve antimicrobial aktivite yönünden karşılaştırılması. *Akademik Ziraat Dergisi*, 9(2), 279-288. DOI: <http://dx.doi.org/10.29278/azd.720699>
- Akça, F., Aras, D., Arslan, E. (2018). Kafein, etki mekanizmaları ve fiziksel performansa etkileri. *SPORMETRE*, 16 (1), 1-12.
- Akyuz, S., Yarat, A. (2010). The pH and Neutralisable Acidity of the Most-Consumed Turkish Fruit and Herbal Teas. *Oral Health and Dental Manegement Black Sea Countries*, IX(2), 75-78
- Alturfan, E. E., Yarat, A., Akyuz, S. (2009). Fluoride levels in various black tea, herbal and fruit infusions in Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 47, 1495-1498.
- Amaresh, N., A. R., M., El-Khider, M. A. (2011). Chemistry and pharmacology of caffeine in different types of tea leaves. *International Journal of Nutrition, Pharmacology, Neurological Diseases*, 1(2), 110-115. DOI:10.4103/2231-0738.84198
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Karademir, S. E. (2004). Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26), 7970– 7981. <https://doi.org/10.1021/jf048741x>
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Karademir, S. E., Altun, M. (2005). Total antioxidant capacity assay of human serum using copper(II)-neocuproine as chromogenic oxidant:

The CUPRAC method. *Free Radical Research*, 39(9), 949–961.
<https://doi.org/10.1080/10715760500210145>

Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Karademir, S. E., Erçağ, E. (2006). The cupric ion reducing antioxidant capacity and polyphenolic content of some herbal teas. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 57(5–6), 292–304.
<https://doi.org/10.1080/09637480600798132>

Aşkar, T. K., Er, H., Demirdöğen, R. E. (2018). Bir nutrasötik olarak borun kemik metabolizması üzerine etkileri. *Eurasian Journal of Health Sciences*, 1(1), 7-12.

Bakirdere S, Orenay-Boyacioglu S, Korkmaz M (2010). Effect of boron on human health. *The Open Mineral Processing Journal*, 3, 54-59. Doi: 10.2174/1874841401003010054

Balaban, O. T. (2019). Siyah çay üretiminde, ayın bazı fizikokimyasal ve biyoaktif özelliklerinin araştırılması (Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü). Bayburt Üniversitesi.

Balci, M., Taban, S. (2018). Effect of boron treatments on boron distribution and fresh leaf yield of tea plant. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*, 2(3), 74-81. DOI: 10.31015/jaefs.18012

Barin, J. S., Mello, P. A., Mesko, M. F., Duarte, F. A., Flores, E. M. M. (2016). Determination of elemental impurities in pharmaceutical products and related matrices by ICP-based methods : a review. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 408, 4547-4566.

Baruah, B. K., Haque, A., Das, B., Medhi, C., Misra, A. K. (2011). Boron in soil and water samples in some tea garden belt of Golaghat district, *Advances in Applied Science Reserch*, 2(4), 298-305.

Brantsaeter, A. L., Ydersbond T. A., Hoppin, J. A., Haugen, M., Meltzer, H. M. (2017). Organic food in the diet: Exposure and health implications. *Annual Review of Public Health*. 38, 295-313.

Brdar-Jokanović, M. (2020). Boron toxicity and deficiency in agricultural plants. *International Journal of Molecular Science*, 21, 1424. doi:10.3390/ijms21041424

Cairns, A. M., Watson, M., Creanor, S. L., Foye, R. H. (2002). The pH and titratable acidity of a range of diluting drinks and their potential effect on dental erosion. *Journal of Dentistry*, 30, 313-317.

- Çalıkoğlu, E., Bayrak, A. (2009). Çay işleme sırasında aroma maddelerindeki değişim. *GIDA*, 34(2): 115-119.
- Çalışır, G., Türkal, İ., Türten, B., Kütükoğlu, E., Özarlan, C. (2019). Çay içme kültürünün kişilerarası iletişime katkısı. *Mavi Atlas*, 7(2), 54-87. DOI: 10.18795/gumusmaviatlas.586232
- Can Ağca, A. (2007). Anadolu kaynaklı *Camellia Sinensis* (L.) O. Kuntze bitkisi üzerinde farmakognozik çalışmalar (Doktora Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü). Ankara Üniversitesi.
- Cao, G., Sofic, E., Prior, R. L. (1997). Antioxidant and prooxidant behavior of flavonoids: Structure-activity relationships. *Free Radical Biology and Medicine*, 22(5), 749–760. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(96\)00351-6](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(96)00351-6)
- Carloni, P., Tiano, L., Padella, L., Bacchetti, T., Customu, C., Kay, A., Damiani, E. (2013) Antioxidant activity of white, green and black tea obtained from the same tea cultivar. *Food Research International*, 53, 900– 908.
- Catelani, T. A., Bittar, D. B., Pezza, L., Pezza, H. R. (2019). Determination of amino acids in gym supplements using digital images and paper platform coupled to diffuse reflectance spectroscopy and USB device. *Talanta*, 196, 523–529. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2018.12.052>
- Cavlak, S., Yağmur, C. (2016). Bazı poşet çayların toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 34(4), 11-19.
- Cengiz, S., Okan, Y. T. (2021). Tüketicilerin ithal çay tüketim tercihlerinin belirlenmesi: Güneydoğu Anadolu Bölgesi örneği. *Güncel Pazarlama Yaklaşımları ve Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 84-97.
- Chang, C., T., You, C. F., Aggaward, S. K., Chung, C. H., Chao, H., C., Liu, H. C. (2015). Boron and strontium isotope ratios and major/trace elements concentrations in tea leaves at four major tea growing gardens in Taiwan. *Environmental Geochemistry and Health*. DOI 10.1007/s10653-015-9757-1
- Chen, Y. L., Duan, J., Jiang, Y. M., Shi, J., Peng, L., Xue, S., Kakuda, Y. (2013). Production, quality, and biological effects of oolong tea. *Food Reviews International*, 27(1), 1-15. <http://dx.doi.org/10.1080/87559129.2010.518294>

- Chin, J. M., Merves, M. L., Goldberger, B. A., Sampson-Cone, A., Cone, E. J. (2008). Caffeine content of brewed teas. *Journal of Analytical Toxicology*, 32, 702-704.
- Çimen, K. (2014). Türkiye’de çay yetiştiriciliği ve çay sanayii (Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü). İstanbul Üniversitesi.
- Dangour, A. D., Lock, K., Hayter, A., Aikenhead, A., Allen, E., Uauy, R. (2010). Nutrition-related health effects of organic foods: a systematic review. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 92(1), 203-210.
- Deliboran, A. (2020). Neden Bor ? Borun çevre ile insan, hayvan ve bitki sağlığı açısından önemi. *BAHÇE*, 49(2), 127-141.
- Demirbaş, M. (2020). Farklı işleme yöntemlerinin beyaz çay (*Camellia sinensis* L.) kalitesi üzerine etkisi (Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü). Atatürk Üniversitesi.
- Demircan, B., Velioglu, Y. S. (2020). Gıda ve çevreden alınan bor bileşiklerinin toksikolojik değerlendirmesi. *Akademik Gıda*, 18(3), 312-322.
- Demirtaş, A. (2010). Bor’un insan beslenmesi sağlığı açısından önemi. Atatürk Üniversitesi *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(1), 75-80.
- Dias, T. R., Tomás, G., Teixeira, N. F., Alves, M. G., Oliveira, P. F., Silva, B. M. (2013). White Tea (*Camellia Sinensis* (L.): Antioxidant Properties and Beneficial Health Effects. *International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics*, 2(2), 19-26. doi: <http://dx.doi.org/10.19070/2326-3350-130005>
- Dinca, L., Scorei, R. (2013). Boron in human nutrition and its regulations use. *Journal of Nutritional Therapeutics*, 2, 22-29. Doi: 10.6000/1929-5634.2013.02.01.3
- Elmas, C., Gezer, C. (2019). Çay bitkisinin (*Camellia sinensis*) bileşimi ve sağlığa etkileri. *Akademik Gıda*, 17(3), 417-428. DOI: 10.24323/akademik-gida.647733
- Erdoğan M. (Nisan 2013). Çay kaçakçılığı ve sektöre verdiği zararlar. Rize Ticaret Borsası. Rize.
- Erel, O. (2004). A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more stable ABTS radical cation. *Clinical Biochemistry*, 37(4), 277-285.

- Erel, O. (2005). A new automated colorimetric method for measuring total oxidant status. *Clinical Biochemistry*, 38(12), 1103-1111.
- Faller A. I. K., Fialho E. (2009). The antioxidant capacity and polyphenol content of organic and conventional retail vegetables after domestic cooking. *Food Research International*, 42(1), 210-215.
- Fidan, M. (2017). Beyaz çay (*Camellia sinensis* L.)'ın *Drosophila melanogaster*'de bazı antineoplastiklerin ner den olduğu mutajenik etki üzerine koruyucu etkisinin araştırılması (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü). Amasya Üniversitesi.
- Fillion, L., Arazi, S. (2002). Does organic food taste better? A claim substantiation approach. *Nutrition & Food Science*, 32, 153-157.
- Friedman, M. (2007) Overview of antibacterial, antitoxin, antiviral, and antifungal activities of tea flavonoids and teas. *Molecular Nutrition Food Research*, 51, 116–134.
- Grinder-Pedersen, L., Rasmussen, S. E., Bügel, S., Jørgensen, L.V., Dragsted, L. O., Gundersen, V., ve ark. (2003). Effect of diets based on foods from conventional versus organic production on intake and excretion of flavonoids and markers of antioxidative defense in humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(19), 5671-5676.
- Güçlü, K., Altun, M., Özyürek, M., Karademir, S. E., Apak, R. (2006). Antioxidant capacity of fresh, sun- and sulphited-dried Malatya apricot (*Prunus armeniaca*) assayed by CUPRAC, ABTS/TEAC and folin methods. *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 76–85. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01347.x>
- Gulati, A., Rawat, R., Singh, B., Ravindranath, S. D. (2003). Application of microwave energy in the manufacture of enhanced-quality green tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 4764-4768.
- Güneş, S. (2012). Türk çay kültürü ve ürünleri. *Milli Folklor*, 24(93), 234-251.
- Güzeldir, K. (2015). Yeşil çayın (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) fitoterapideki yeri ve önemi (Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü). Gazi Üniversitesi.
- Hajiboland, R. (2017). Environmental and nutritional requirements for tea cultivation. *Folia Horticulturae*, 29(2), 199-220. DOI: 10.1515/fhort-2017-0019

- Hajiboland, R., Bahrami-Rad, S., Bastani, S., Tolrà, R., Poschenrieder, C. (2013). Boron retranslocation in tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35, 2373–2381. DOI 10.1007/s11738-013-1272-3
- Hatcher, J. T., Wilcox, L. V. (1950). Colorimetric determination of boron using carmine. *Analytical Chemistry*, 22(4), 567-569.
- Jia, S., Wang, Y., Hu, J., Ding, Z., Liang, Q., Zhang, Y., Wang, H. (2016). Mineral and metabolic profiles in tea leaves and flower development. *Plant Physiology and Biochemistry*, 106, 316-326. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.06.013>
- Kadiroğlu, P., Dıblan, S. (2017). Siyah ve Yeşil Çayların Biyoaktif ve Antimikrobiyal Özelliklerinin Kıyaslanması. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 32, 13-18.
- Karadirek, Ş., Kanmaz, N., Balta, Z., Demirçivi, P., Üzer, A., Hizal, J., Apak, R. (2016). Determination of total antioxidant capacity of humic acids using CUPRAC, Folin-Ciocalteu, noble metal nanoparticle- and solid-liquid extraction-based methods. *Talanta*, 153, 120–129. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.03.006>
- Karak, T., Kutu, F. R., Nath, J. R., Sonar, I., Paul, R. K., Boruah, R. K., et al. (2017). Micronutrients (B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, and Zn) content in made tea (*Camellia sinensis* L.) and tea infusion with health prospect: A critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(14), 2996–3034. Doi: 10.1080/10408398.2015.1083534
- Kaya H. (2019). Farkli sürgün dönemlerinde hasat edilen çay bitkisinin mineral besin kompozisyonu (Yüksek Lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü). Ondokuz Mayıs Üniversitesi.
- Kelebek, H. (2016) LC-DAD-ESI-MS/MS characterization of phenolic constituents in Turkish black tea: Effect of infusion time and temperature. *Food Chemistry*, 204, 227–238.
- Kelebek, H., Dıblan, S., Kadiroğlu, P., Sevindik, O., Selli, S. (2017, Kasım 9-11). Siyah ve yeşil çaylardaki fenolik bileşiklerin karakterizasyonu ve antioksidan kapasite potansiyelinin belirlenmesi [Kongre Sunumu]. 10. Gıda Mühendisliği Kongresi, Antalya, Türkiye.
- Koca, İ., Bostancı, Ş., Oolong çayın üretimi, bileşimi ve sağlık üzerine etkisi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(3), 154-159.

- Kot, F. S. (2009). Boron sources, speciation and its potential impact on health. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 8, 3-28. DOI 10.1007/s11157-008-9140-0
- Krylova, E., Gavrilenko, N., Saranchina, N., Gavrilenko, M. (2016). Novel colorimetric sensor for cupric reducing antioxidant capacity (CUPRAC) measurement. *Procedia Engineering*, 168, 355–358. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.120>
- Kuroda, Y., Hara, Y. (1999). Antimutagenic and anticarcinogenic activity of tea polyphenols. *Mutation Research / Reviews in Mutation Research*, 436(1), 69–97.
- Kuru R, Yarat A. (2017). Bor ve sağlığımıza olan etkilerine güncel bir bakış. *Clinical and Experimental Health Sciences*, 7(3), 107-114. Doi: 10.5152/clinexphealthsci.2017.314
- Kuru, R., Kurt Mutlu, E., Cempel, E., Belentepe Celik, S., Yarat, A. (2018a). Evaluation of dietary boron in terms of health: A Retrospective Study. *Clinical and Experimental Health Sciences*, 8, 296-300. Doi: 10.5152/clinexphealthsci.2018.955
- Kuru, R., Yılmaz, S., Tasli, P. N., Yarat, A., Sahin, F. (2018b). Boron content of some foods consumed in Istanbul, Turkey. *Biological Trace Element Research*, 187, 1-8. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1319-9>
- Langley-Evans, S. C. (2000a). Consumption of Black Tea Elicits an Increase in Plasma Antioxidant Potential in Humans. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 51, 309-315.
- Langley-Evans, S. C. (2000b). Antioxidant Potential of Green and Black Tea Determined Using the Ferric Reducing Power (FRAP) Assay. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 51, 181-188.
- Larsen M. J., Nyvad B. (1999). Enamel erosion by some soft drinks and orange juices relative to their pH, buffering effect and contents of calcium phosphate. *Caries Research*, 33, 81-87.
- Lee, L. S., Kim, Y. C., Park, J. D., Kim, Y. B., Kim, S. H. (2016). Changes in major polyphenolic compounds of tea (*Camellia sinensis*) leaves during the production of black tea. *Food Science and Biotechnology*, 25(6), 1523-1527. DOI 10.1007/s10068-016-0236-y

- Leung, L. K., Su, Y., Chen, R., Zhang, Z., Huang, Y., Chen, Z. Y. (2001). Theaflavins in black tea and catechins in green tea are equally effective antioxidants. *The Journal of Nutrition*, 131 (9), 2248-2251.
- Lunkes, L. B. F., Hashizume, L. N. (2014). Evaluation of the pH and titratable acidity of teas commercially available in Brazilian market. *Revista Gaúcha Odontologia, Porto Alegre*, 62(1), 59-64.
- Maslov O, Kolisnyk S, Komisarenko M, Golik M. (2022). Study of total antioxidant activity of green tea leaves (*Camellia sinensis* L.). *Herba Polonica*. 68(1), 1-9. DOI:10.2478/hepo-2022-0003
- Meacham, S., Karakas, S., Wallace, A., Altun, F. (2010). Boron in human health: Evidence for dietary recommendations and public policies. *The Open Mineral Processing Journal*, 3, 36-53. Doi: 10.2174/1874841401003010036
- Mendi, A. F. (2018). Türkiye çay endüstrisi: Sektörel ve ampirik bir çalışma. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 4(2), 252-274.
- Mie, A., Andersen, H. R., Gunnarsson, S., Kahl, J., Kesse-Guyot, E., Rembiałkowska, E., ve ark. (2017). Human health implications of organic food and organic agriculture: a comprehensive review. *Environmental Health*. 16(1), 111.
- Moore, R. J., Jakson, K. G., Minihane, A. M. (2009). Green tea (*Camellia sinensis*) catechins and vascular function. *British Journal of Nutrition*, 102, 1790-1802. doi:10.1017/S0007114509991218
- Moroydor Derun, E., Kipcak, A.S., Dere Ozdemir, O. (2010). The Determination of the boron amounts of teas that are sold in Turkey by using the ICP-OES Technique. *Proceedings of the World Congress on Engineering*, 3, 2277-2279. ISBN: 978-988-18210-8-9 ISSN: 2078-0958 (Print); ISSN: 2078-0966-Online).
- Mürtezaoğlu, S.M. (2023). Yeşil çay ve yeşil çay atığı ekstraktları ile zenginleştirilen sodyum ajinat filmlerin karakterizasyonu (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü). Giresun Üniversitesi.
- Öz, G. (2021). Türk çayından üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çayların bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü). Akdeniz Üniversitesi.

- Özkan, F., Demir, Y. (2023). Rize ilinde geleneksel ve organic çay tarımı yapılan alanların topraklarında bazı verimlilik parametreleri ile ağır metal içeriklerinin karşılaştırılması. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(2), 1405-1417. DOI: 10.21597/jist.1114164
- Özkan, T. (2006). Mor havuç, konsantresi, şalgam suyu, nar suyu ve nar ekşisi ürünlerinde antioksidan aktivitesi tayini ve fenolik madde profilinin belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü). İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Packer, C. D. (2009). Cola-induced hypokalaemia: a super-sized problem. *The International Journal of Clinical Practice*, 63(6), 833-835. doi: 10.1111/j.1742-1241.2009.02066.x
- Paola, R.D., Mazzon, E., Muia, C., Genovese, T., Menegazzi, M., Zaffini, R., Suzuki, H., Cuzzocrea, S. (2005) Green tea polyphenols attenuates lung injury in carrageenan-induced pleurisy injury in mice. *Respiratory Research*, 6, 1465–9921.
- Pastoriza, S., Mesias, M., Cabrera, C., Rufián-Henares, J. A., (2017). Healthy properties of green and white teas: an update. *Food & Function*, 8, 2650-2662.
- Prenci, E., Berto, S., Gosmaro, F., Fisicaro, P., Bagnati, M., & Bellomo, G. (2020). Measurement uncertainty evaluation of the Total Antioxidant Capacity of human plasma tested by the CUPRAC-BCS method. *Measurement. Journal of the International Measurement Confederation*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.107289>
- Sah, R. N., Brown, P. H. (1997). Boron determination-A review of analytical methods. *Microchemical Journal*, 56, 285-304.
- Salman, S., Özdemir, F. (2018). Beyaz çay: Üretimi, bileşimi ve sağlık üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 16(2), 218-223. DOI: 10.24323/akademik-gida.449867
- Sánchez-Rodríguez, M. A., Mendoza-Núñez, V. M. (2019) Oxidative stress indexes for diagnosis of health or disease in humans. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 4128152, 1-32. DOI: 10.1155/2019/4128152.
- Sarı, E. N., Soysal, Y. (2021). Bor elementi ve biyolojik sistemlere etkisi. *Tıp Fakültesi Klinikleri*, 4(2), 57-65.
- Saygın, M., Özgüner, M. F. (2020). Uykunun mikro yapısı ve mimarisi. *Uyku Bülteni*, 1(1), 19-29.

- Serap, C., Cahide, Y. (2016). Bazı poşet çayların toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 34(4), 11-19.
- Sögüt, Ö., Acar, O. (2020). Bor ve sağlık. *Literatür Eczacılık Bilimleri Dergisi*, 9(1), 11-17.
- Szymczycha-Madeja, A., Welna, M., Pohl, P. (2012). Elemental analysis of teas and their infusions by spectrometric methods. *Trends in Analytical Chemistry*, 35, 165-181. Doi: 10.1016/j.trac.2011.12.005
- T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik. Resmi Gazete: 18.08.2010-27676.-Ağagündüz D den.
- Tanaka, T., Kouno, I. (2003). Oxidation of Tea Catechins: Chemical Structures and Reaction Mechanism. *Food Science and Technology Research*, 9(2), 128-133.
- Tekin, T. (2021). Beyaz, yeşil ve siyah çay özütlerinin ayçiçek yağının oksidatif stabilitesi üzerine etkisi (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü). Ankara Üniversitesi.
- Tosun, İ., Karadeniz, B. (2005). Çay ve çay fenoliklerinin antioksidan aktivitesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), 78-83.
- Tufanoğlu, E. (2017). Türkiye’de çay üretimi, tüketimi ve sorunları (Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü). Giresun Üniversitesi.
- Uçkun, Z. (2013). Esansiyel bir komponent : Bor – Borun günlük alımı ve fizyolojik etkileri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(2), 119-123.
- Uluşık, I., Karakaya, H. Ç., Koc, A. (2018). The importance of boron in biological systems. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 45, 156–162.
- Vinson, J. A., Dabbagh, Y. A. (1998). Tea phenols: Antioxidant effectiveness of teas, tea components, tea fractions and their binding with lipoproteins. *Nutrition Research*, 18, 1067-1075.
- Wang, J., Pham, T. L., Dang, V. T. (2020). Environmental consciousness and organic food purchase intention: a moderated mediation model of perceived food quality and price sensitivity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), 850.

- Weewatanakorn, M., Hung, W. L., Pan, M. H., Li, S., Wan, D. X., Ho, C. T. (2015). Chemistry and health beneficial effects of oolong tea and theasinensins. *Food Science and Human Wellness*, 4, 133–146. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.10.002>
- Welna, M., Szymczycha-Madeja, A., Pohl, P. (2013). A comparison of samples preparation strategies in the multi-elemental analysis of tea by spectrometric methods. *Food Research International*, 53, 922–930. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.03.030>
- Wetherilt, H., Gürcan, T., Löker, M., Özay, G. (1991). Türk çaylarının nesnel kalite parametrelerine göre değerlendirilmesi. *GIDA*, 16(3), 209-216.
- Willson, K. C., Clifford, M. N. (1992). Tea: Cultivation to consumption. In J. Weatherstone (Eds). *Historical introduction*. (1st ed., pp. 1-23). Springer-Science+Business Media, B.V.
- Wollgast, J. and Anklam, E. (2000). Review on Polyphenols in Theobroma cacao: Changes in Composition During the Manufacture of Chocolate and Methodology for Identification and Quantification. *Food Research International*, 33, 423-447.
- World Health Organization. International Atomic Energy Agency & Food and Agriculture Organization of the United Nations (1996). Trace elements in human nutrition and health. World Health Organization, Switzerland, Geneva. Boron; Chapter 13. WHO Library Cataloguing in Publication Data, ISBN 92 4 156173 4, Typeset in India Printed in Belgium. (360 p)
- Wunderlich, S. M., Feldman, C., Kane, S., Hazhin, T. (2008). Nutritional quality of organic, conventional, and seasonally grown broccoli using vitamin C as a marker. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 59(1), 34-45.
- Yağmuroğlu O. (2022). Determination of Total Antioxidant Capacities as Ascorbic Acid Equivalent of Tea Extract Samples from Different Brands Using Digital Image-Based Colorimetric Detection Method. *Gazi University Journal of Science, Part C : Design and technology*, 10(4), 682-690. DOI:10.29109/gujsc.1172357
- Yamaguchi, S., Ninomiya, K. (1998). What is umami? *Food Reviews International*, 14(2&3), 123-138. <https://doi.org/10.1080/87559129809541155>
- Yamamoto, Y., Matsunaga, K., Friedman, H. (2004) Protective effects of green tea catechins on alveolar macrophages against bacterial infections. *Biofactors*, 21, 119-121.

- Yang, C. S., Landau, J. M. (2000). Effects of Tea Consumption on Nutrition and Health. *American Society for Nutritional Sciences*, 130, 2409-2412.
- Yardımcı, İ., Alkan, M. (2021). Seramik çaydanlıklar ve Türklerde çay kültürü. *International Journal of Social Sciences*, 5(23), 51-68.
- Yen, G. C., Chen, H. Y., Peng, H. H. (1997). Antioxidant and Pro-oxidant Effects of Various Tea Extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(1), 30-34.
- Yeniçirak, B. (2019). Türkiye’de yetiştirilen beyaz çay çeşitlerinin antioksidan aktivitesi ve fenolik madde profilinin belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü). Ondokuz Mayıs Üniversitesi.
- Yeşilbağ, D. (2009). Hayvan beslemede bor elementinin kullanımı. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 27(1-2), 61-68.
- Yıldırım, H. (2014). Kronik bor etkisinde kalan ve kalmayan kadınların eksfoliy serviks hücrelerinde mikronükleus sıklığının karşılaştırılması. (Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü). Celal Bayar Üniversitesi.
- Yurtoğlu, N. (2018). Türkiye Cumhuriyeti’nde çay yetiştiriciliği ve çay politikaları. *Journal of History Studies*, 10(8), 209-232. DOI Number: 10.9737/hist.2018.671
- Zamora-Garcia, I., Correa-Tome, F. E., Hernandez-Belmonte, U. H., Ayala-Ramirez, V., Ramirez-Paredes, J. P. (2021). Mobile digital colorimetry for the determination of ammonia in aquaculture applications. *Computers and Electronics in Agriculture*, 181. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105960>
- Zeyuan, D., Bingyin, T., Xiaolin, L., Jinming, H., and Yifeng, C. (1998). Effect of Green Tea and Black Tea on the Blood Glucose, the Blood Triglycerids, and Antioxidants in Aged Rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(10), 3875-3878.
- Zhu, Y., Luo, Y., Wang, P., Zhao, M., Li, L., Hu, X. Chen, F. (2015). Simultaneous determination of free amino acids in Puerh tea and their changes during fermentation. *Food Chemistry*, 194, 643–649.
- Ziola-Frankowska A, Frankowski M, Novotny K, Kanicky V. (2014). Comparison of the level of boron concentrations in black teas with fruit teas available on the Polish market. *The Scientific World Journal*, 2014. Doi:10.1155/2014/898425

9. BİLİMSEL FAALİYETLER

Kongre bildirisi :

Aslıhan Cihan, Begüm Özel Korlu, Burçin Alev Tüzüner, Ayşen Yarat. Tea boron content of the most consumed green and black tea infusions in Turkey and health impact (Türkiye'de en çok tüketilen yeşil ve siyah çay infüzyonlarının bor içeriği ve sağlığa etkisi). International Gevher Nesibe Health Sciences Conference-XII February 19-20, 2024 / Ankara, Türkiye / Proceedings Book. Page:378. ISBN: 978-625-367-662-9. www.gevhernesibe.org

Yayınlar :

Aslıhan Cihan, Ayşen Yarat. İçtiğimiz çaylar. Eczacı Farmakope. 2023-Nisan, sayı 65, sayfa 20-24. www.farmakope.net.

Aslıhan Cihan, Armağan Begum Özel Korlu, Burcin Alev Tuzuner, Aysen Yarat. Determination of boron levels in tea samples and health impact: a preliminary study. ACTA Pharmaceutica Scientia (Acta Pharm Sci) (in press).