

**T.C.**  
**İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI**

**PIYASADA SATIŞA SUNULAN SİYAH, YEŞİL VE  
BEYAZ ÇAYLARDAKİ KATEŞİN DÜZEYLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ali Ruşen HATİPOĞLU**

**İstanbul**  
**Kasım - 2021**

**T.C.**  
**İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI**

**PIYASADA SATIŞA SUNULAN SİYAH, YEŞİL VE BEYAZ**  
**ÇAYLARDAKİ KATEŞİN DÜZEYLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ali Ruşen HATİPOĞLU**

**Tez Danışmanı**  
**Prof. Dr. Bülent NAZLI**

**İstanbul**  
**Kasım - 2021**

## TEZ ONAYI

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Bülent NAZLI

Üye: Dr. Öğretim Üyesi Banu METİN

Üye: Dr. Öğretim Üyesi Halime PEHLİVANOĞLU

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Metin TOPRAK

Enstitü Müdürü

## **BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ**

Yüksek lisans tezi olarak hazırladığım “**Piyasada Satışa Sunulan Siyah, Yeşil ve Beyaz Çaylardaki Kateşin Düzeyleri**” adlı çalışmanın öneri aşamasından sonuçlandığı aşamaya kadar geçen süreçte bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle uyduğumu, tez içindeki tüm bilgileri bilimsel ahlak ve gelenek çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığımı, bu çalışmamda doğrudan veya dolaylı olarak yaptığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu beyan ederim.

**Ali Ruşen HATİPOĞLU**

## ÖN SÖZ

Araştırmamdaki her aşamada bilgi ve tecrübesiyle bana destek olan değerli tez danışmanım Prof. Dr. Bülent NAZLI'ya, yapılan analizlerde yardımcı olan Laboratuvarlar Koordinatör Yardımcısı Bilal ÇAKIR'a, tüm hocalarıma ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

**Ali Ruşen HATİPOĞLU**

**İstanbul - 2021**



**ÖZET**  
**PİYASADA SATIŞA SUNULAN SİYAH, YEŞİL VE BEYAZ**  
**ÇAYLARDAKİ KATEŞİN DÜZEYLERİ**

**Ali Ruşen HATİPOĞLU**

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği

Tez danışmanı: Prof. Dr. Bülent NAZLI

Kasım, 2021 - 82 Sayfa

Çay sudan sonra en çok tüketilen ikinci içecektir. Çayın işleme yöntemine göre siyah çay, yeşil çay, oolong çay, beyaz çay, pu-erh çay, koyu çay gibi farklı çeşitleri vardır. Çayın lezzeti, aroması yanı sıra sağlığı geliştirici etkileri de dünyanın en popüler içeceklerinden biri olmasını sağlamaktadır. Çay, polifenoller, kafein, aminoasitler, vitaminler, uçucu yağlar vd. bileşikleri içerir. Çayın sağlık üzerindeki etkilerine, içerdikleri polifenolik bileşiklerden kateşinlerin katkıları vardır. Bu çalışmada, çayların sağlığı geliştirici etkilerini oluşturan maddelerden olan kateşin içeriklerinin her üç çay çeşidindeki miktarlarının belirlenmesi ve kateşin içerikleri yönünden karşılaştırılmaları amaçlanmaktadır. Çalışmada, HPLC cihazı ile kateşin düzeyleri belirlenecek siyah, yeşil ve beyaz çay numuneleri materyal olarak kullanıldı. Bunun için, piyasada yüksek satış rakamlarına sahip olan firmanın farklı parti numaralı 3 siyah çay çeşidi, 3 yeşil çay çeşidi ve 3 beyaz çay çeşidi alındı. Numunelerde epigallokateşingallat, epikateşingallat, epikateşin, epigallokateşin düzeyleri mg/g kuru ağırlık olarak tespit edildi. Toplam kateşin miktarı yeşil çayda  $52,49 \pm 0,30$  mg/g, beyaz çayda  $50,82 \pm 0,21$  mg/g ve siyah çayda  $11,17 \pm 0,66$  mg/g'dır. Toplam kateşin miktarlarındaki sıralama, çay çeşidinin belirlenmesini de sağlayan ana etken fermantasyon derecesi ile uyumludur. Her üç çay çeşidinde de, sağlık faydaları açısından literatürde özellikle vurgulanan epigallokateşingallat en fazla bulunan kateşindir. Epigallokateşingallat en yüksek düzeyde beyaz çayda ( $38,22 \pm 0,06$  mg/g), takiben yeşil çayda ( $29,75 \pm 0,31$  mg/g), en düşük düzeyde siyah çayda ( $5,33 \pm 0,14$  mg/g) tespit edilmiştir. Fonksiyonel gıda olarak nitelendirilen çayın, sadece damak tadı tercihleri ve kültürel özelliklerden dolayı değil, içerdiği kateşinlerin sağlığı geliştirici etkilere sahip olmasından dolayı da tüketimi önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** siyah çay, yeşil çay, beyaz çay, flavanol, kateşin

**ABSTRACT**  
**CATECHIN LEVELS IN COMMERCIALY AVAILABLE**  
**BLACK, GREEN AND WHITE TEAS**

**Ali Ruşen HATİPOĞLU**

MSc, Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Bülent NAZLI

November, 2021 - 82 Pages

Tea is the second most consumed beverage after water. According to the processing method of tea, there are different varieties such as black tea, green tea, oolong tea, white tea, pu-erh tea and dark tea. The taste and aroma of tea, as well as its health-promoting effects, make it one of the most popular beverages in the world. Tea contains polyphenols, caffeine, amino acids, vitamins, essential oils etc. Catechins, one of the polyphenolic compounds they contain, contribute to the health effects of tea. In this study, it is aimed to determine the amount of catechin content in all three tea varieties and to compare them in terms of catechin contents. In the study, black tea, green tea and white tea samples, whose catechin levels will be determined by HPLC device, were used as material. For this, 3 black tea samples, 3 green tea samples and 3 white tea samples with different lot numbers of the company, which has high sales figures in the market, were taken. Epigallocatechingallate, epicatechingallate, epicatechin, epigallocatechin levels in the samples were determined as mg/g dry weight. Total amount of catechin is  $52.49\pm 0.30$  mg/g in green tea,  $50.82\pm 0.21$  mg/g in white tea and  $11.17\pm 0.66$  mg/g in black tea. The ranking in total catechin amounts is compatible with the main factor fermentation degree, which also determines the tea variety. Epigallocatechingallate is the most abundant catechin in all three tea samples, which is especially emphasized in the literature in terms of its health benefits. The highest level of epigallocatechingallate was detected in white tea ( $38,22\pm 0,06$  mg/g), followed by green tea ( $29,75\pm 0,31$  mg/g), and the lowest level in black tea ( $5,33\pm 0,14$  mg/g). The consumption of tea as a functional food, is important not only because of taste preferences and cultural characteristics, but also because of the health-promoting effects of the catechins.

**Keywords:** black tea, green tea, white tea, flavanol, catechin

# İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI .....	i
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ.....	ii
ÖN SÖZ.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT .....	v
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix

## BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ .....	1
-------------	---

## İKİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR BİLGİSİ.....	4
2.1. Çay Bitkisinin Özellikleri .....	4
2.2.Çay Bitkisinin Yetiştirme Koşulları .....	5
2.3.Dünyada ve Ülkemizde Çay Bitkisinin Yetiştirildiği Bölgeler .....	8
2.4.Çay Bitkisi Yaprağının İçeriği .....	9
2.4.1.Polifenoller.....	12
2.4.2.Flavonoidler .....	16
2.4.3.Flavanoller (Flavan-3-oller).....	18
2.5.Çay Yaprağının İşlenmesi .....	23
2.5.1.Çay Çeşitleri.....	24
2.5.2.Beyaz, Yeşil ve Siyah Çayların Üretim Süreçleri.....	25
2.5.2.1.Soldurma.....	25
2.5.2.2.Buhara maruz bırakma / Tavada pişirme.....	26
2.5.2.3.Kıvırma.....	26
2.5.2.4.Fermantasyon (Oksidasyon).....	27
2.5.2.5.Kurutma .....	28
2.5.3.Beyaz Çay Üretimi.....	28
2.5.4.Yeşil Çay Üretimi .....	30
2.5.5.Siyah Çay Üretimi.....	31

2.6.Çay Numunelerinde Kateşin Düzeylerinin Tespiti.....	33
2.6.1.Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) .....	34
2.6.2.HPLC Cihazının Bileşenleri.....	35
2.6.2.1.Mobil Faz (Çözücü) Şişeleri.....	37
2.6.2.2. Degasser (Degazör).....	37
2.6.2.3.Pompa.....	37
2.6.2.4.Enjektör.....	38
2.6.2.5.Kolon Fırını ve Kolon.....	39
2.6.2.6.Dedektör ve Kaydedici.....	40
2.6.3.HPLC Cihazının Çalışma Basamakları.....	41
2.6.4.HPLC Yönteminin Kullanım Alanları.....	42

## **ÜÇÜNCÜ BÖLÜM**

<b>MATERYAL VE METOT .....</b>	<b>43</b>
3.1. Materyal.....	43
3.2.Metot .....	43
3.2.1. HPLC Analizi İçin Numune Hazırlanması .....	43
3.2.2.HPLC Yöntemi ile Analiz.....	43

## **DÖRDÜNCÜ BÖLÜM**

<b>BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>45</b>
4.1.Siyah, Yeşil ve Beyaz Çaylardaki Kateşin Miktarlarının Değerlendirilmesi.....	48
4.2.Kateşin Miktarlarının Siyah, Yeşil ve Beyaz Çaya Göre Kıyaslanması.....	51
4.3.Siyah, Yeşil ve Beyaz Çaydaki Toplam Kateşin Miktarlarının Kıyaslanması.....	53

## **BEŞİNCİ BÖLÜM**

<b>SONUÇ.....</b>	<b>55</b>
-------------------	-----------

<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>57</b>
-----------------------	-----------

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1: Genç çay sürgününün kimyasal içeriği .....	10
Tablo 2.2: Çay yaprağının işlenmesinde etkili olan enzimler.....	11
Tablo 2.3: Polifenollerin alt grupları, örnekleri, besin kaynakları ve genel kimyasal yapıları.....	14
Tablo 2.4: Flavanoidlerin alt grupları, örnekleri, besin kaynakları ve genel kimyasal yapıları.....	17
Tablo 2.5: Kateşin monomerlerinden theaflavinlerin oluşumu.....	19
Tablo 2.6: Çayda bulunan kateşin, theaflavin maddelerinin kimyasal yapısı .....	21
Tablo 4.1: Siyah çay numunelerinin kateşin içerikleri (mg/g).....	47
Tablo 4.2: Yeşil çay numunelerinin kateşin içerikleri (mg/g) .....	47
Tablo 4.3: Beyaz çay numunelerinin kateşin içerikleri (mg/g).....	47
Tablo 4.4: Siyah, yeşil ve beyaz çay numunelerinin kateşin içerikleri (mg/g).....	49

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Çay bitkisi çalısı, yaprağı, çiçeği, meyvesi ve tohumu.....	5
Şekil 2.2: Polifenollerin alt grupları.....	13
Şekil 2.3: Polifenolik gıda alımı ve yaşlanma ile ilişkili metabolik ve dejeneratif hastalıkların ilişkisi .....	16
Şekil 2.4: Flavanol türevlerinin kimyasal yapıları .....	19
Şekil 2.5: Theaflavin ve Thaerubigin oluşum mekanizmaları .....	20
Şekil 2.6: Beyaz, yeşil ve siyah çay türleri için üretim süreçlerinin akış şeması.....	25
Şekil 2.7: HPLC sisteminin bileşenleri .....	35
Şekil 2.8: HPLC cihazının dıştan görünümü .....	36
Şekil 2.9: HPLC cihazını oluşturan birimlerin açık görünümü .....	36
Şekil 2.10: HPLC cihazının bölümleri.....	36
Şekil 2.11: HPLC cihazı enjeksiyon bölmesi.....	38
Şekil 2.12: HPLC cihazı manuel enjeksiyon bölmesi ve enjektörleri.....	38
Şekil 2.13: HPLC cihazı kolon örnekleri .....	40
Şekil 2.14: Kromatogram örneği.....	40
Şekil 2.15: HPLC kolonundan ayrılan iki maddenin dedektör sinyallerinin kromatogramı .....	41
Şekil 2.16: HPLC cihazının şematik görünümü.....	42
Şekil 3.1: Naylon membran filtreden süzülen sıvı.....	44
Şekil 3.2: Filtre edilen sıvıların koyulduğu HPLC vialleri .....	44
Şekil 4.1: Standart grafik.....	45
Şekil 4.2: Beyaz çay numunesine ait grafik .....	46
Şekil 4.3: Siyah, yeşil ve beyaz çaydaki EGCG, EGC, EC ve ECG miktarlarının (mg/g) kıyaslanması .....	49
Şekil 4.4: Siyah, yeşil ve beyaz çaydaki EGCG, EGC, EC ve ECG miktarlarının (mg/g) kıyaslanması .....	50
Şekil 4.5: EGCG, EGC, EC ve ECG miktarlarının (mg/g) siyah, yeşil ve beyaz çaydaki miktarlarının kıyaslanması.....	51
Şekil 4.6: EGCG, EGC, EC ve ECG miktarlarının (mg/g) siyah, yeşil ve beyaz çaydaki miktarlarının kıyaslanması.....	52
Şekil 4.7: Siyah, yeşil ve beyaz çaydaki toplam kateşin miktarlarının kıyaslanması	54

## BİRİNCİ BÖLÜM

### GİRİŞ

Çay tüm dünyada, sudan sonra en çok tüketilen ikinci içecektir (Sang vd., 2011; Seyis vd., 2018; Li vd., 2018). Dünya nüfusunun üçte ikisinden fazlası bu içeceği tüketmektedir (Li vd., 2018). *Camellia sinensis* bitkisinin tomurcuk ve yapraklarından üretilen, sıcak veya soğuk suya karıştırılmasıyla hazırlanabilen, tüm dünyada oldukça yaygın, sıcak veya soğuk içilebilen bir içecektir (Salman ve Özdemir, 2018; Damiani vd., 2014; Yu vd., 2014). Çayın işleme yöntemine göre siyah çay, yeşil çay, oolong çay, beyaz çay, pu-erh çay, koyu çay gibi farklı çay çeşitleri vardır (Salman ve Özdemir, 2018; Damiani vd., 2014).

Çayın ilgi çeken lezzetinin, aromasının ve iyi tadının yanı sıra sağlığı geliştirici etkileri de dünyanın en popüler içeceklerinden biri olmasını sağlamaktadır (Cabrera, Reyes ve Giménez, 2006; Hilal ve Engelhardt, 2007). Çay, büyük miktarlarda polifenoller, kafein, aminoasitler, vitaminler, uçucu yağlar ve benzersiz biyolojik aktiviteleri ve sağlık yararları olan diğer bileşikler içerir (Kocadağlı, Özdemir ve Gökmen, 2012). M.Ö. 3000 gibi erken bir tarihte Çinliler, etkili farmasötik aktivitesi nedeniyle onu tıbbi bir içecek olarak kullanmışlardır (Hilal ve Engelhardt, 2007). Çay tüketiminin, vücuttaki fazla sıvıyı atmak, kanamayı kontrol etmek, yaraları iyileştirmek ve kalp sağlığını iyileştirmek gibi amaçlarla çoğunlukla tıbbi bir bitki olarak kullanılmasının, eski Çin ve Hindistan'a kadar uzandığı düşünülmektedir (Li vd., 2018).

Çayın anavatanının Çin ya da Hindistan olduğunu iddia eden iki farklı görüş mevcuttur (Zihnioğlu, 1960; Kinez, 1967; Tekeli, 1976; Eden, 1965). Çin mitolojisine göre çay, San Huang döneminin (M.Ö. 3000-2700) ikinci imparatoru Shen Nong (Yan Di, Shen Nong Shi) tarafından M.Ö. 2737'de keşfedilmiştir. Araştırmacı kimliğe sahip, tarım ve bitki tıbbı ile de ilgilenen imparator; hijyen ve halk sağlığı konularındaki bilgisi sebebiyle, suyun kaynatıldıktan sonra içilmesini önermiştir. Bir gezi esnasında, ormanda iken, su kaynatılan kaba, kuru yaprakların düşmesi ile oluşan kahverengi suyu içen kişide zindelik ve dinçlik oluştuğunu gözlemlemiştir. Kaynar suya düşen kuru yaprakların, yabani çay ağacına ait olduğunun anlaşılmasıyla, çay keşfedilmiştir (Kaçar, 2010; Lu, 1995; Shouyi, 1982). Hindistan kökenli efsane, çayın aslen Hindistan'da yetiştirildiğini ve Budizm'in

(Buda olarak da bilinen Prens Siddhartha aracılığıyla) yayılmasıyla Çin, Kore ve Japonya'ya getirildiğini iddia etmektedir. Çay tüketiminin tarihini çevreleyen belirsizliğe rağmen, hem Çin hem Hindistan çayın doğum yeri olarak kabul edilmektedir (Ukers, 1935).

Çay kelimesinin etimolojisine bakıldığında, dünya ülkelerinde genellikle “ça” ve “te” sözcüklerinden kaynaklandığı görülmektedir. Her iki sözcüğün de kökeni Çince “ça (茶)” sözcüğüdür. Aslında bu ayrımın sebebi; sözcüğün Mandarin Çincesi’nde “ça” olarak, Min Nan Çincesi’nde “te” olarak kullanılmasıdır (Sonnad, 2018). Bu iki sözcük, karadan ve denizden iki farklı yoldan dünyaya yayılmıştır. Karadan İpek Yolu’yla çayın ulaştığı yerlerde çay isimlendirilirken “ça” kelimesi, deniz yoluyla çayın ulaştığı yerlerde çay isimlendirilirken ise “te” sözcüğü temel alınmıştır. Karayolu ile çayın ulaştığı ülkelerden Türkiye, Rusya ve İran’da çay için kullanılan sözcükler sırasıyla “çay”, “çay (чай)” ve “çay (چای)”dır. Telaffuzu cha (ça) olan sözcük Türkçe, Farsça, Japonca, Hintçe ve Rusça’da çay şeklinde yer almıştır. Liman şehri olan ve Min Nan Çince’sinin kullanıldığı Fujian Bölgesi’nden, deniz yolu vasıtasıyla ile çayı Avrupa’ya getiren Hollanda ile İngiltere, Fransa ve Almanya sırasıyla “tea”, “thé”, “tee” ve “thee” kelimeleri ile çayı adlandırmaktadır. Denizyolu ile çayın ulaştığı bölgelerdeki telaffuzunda tea, t’e, tee ve tay sözcükleri görülmektedir (Kaçar, 2010; Sonnad, 2018; Yıldırım Şahin, 2020).

Çay günümüzde Çin, Hindistan, Kenya, Sri Lanka, Türkiye, Vietnam, İran ve Japonya’nın başını çektiği 25’ten fazla ülkede ticari olarak yetiştirilmektedir (Cabrera, Reyes ve Giménez, 2006; Seyis vd., 2018). Ancak; dünya’da üstüne kar yağın, dolayısıyla haşere barınamayan tek çay Türkiye’dedir (Yıldırım Şahin, 2020).

Yaş çay hasadı, Türkiye, Gürcistan Cumhuriyeti, Japonya ve İran gibi ülkelerde iki-üç sürgün şeklinde, genellikle 6 ayda (Mayıs-Ekim) yapılırken, diğer üretici ülkelerdeki yaş çay hasadı süresi 9-12 ay sürmektedir. Türkiye’deki çay hasadı çoğunlukla üç, bazen de dört sürüm şeklinde olmaktadır: Birinci sürüm; Mayıs, ikinci sürüm; Temmuz, üçüncü sürüm; Ağustos-Eylül ve dördüncü sürüm; Ekim ayında toplanmaktadır (Yıldırım Şahin, 2020).

Ülkemizde, *Camellia sinensis* bitkisinin infüzyonu ile üretilen çay piyasasında öncelikli olarak siyah çay, takiben de yeşil çay hakimdir. Son zamanlarda beyaz çay da piyasada yer almaya başlamıştır. Siyah ve yeşil çayın sağlığı geliştirici etkileri yanı sıra beyaz çayın da sağlık faydaları dikkat çekmektedir. Çayın sağlık üzerindeki etkilerine, içerdikleri polifenolik maddelerden biri olan kateşinlerin katkıları vardır (Sharangi, 2009; Chen ve Lin, 2015; Yang ve Wang, 2016; Cao vd., 2019). Literatür araştırmaları siyah ve yeşil çay üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak; beyaz çay ile ilgili araştırmalar, siyah ve yeşil çay türlerine nazaran daha azdır. Siyah, yeşil ve beyaz çayı yani üç çay çeşidini de birlikte ele alan çalışmalar çok fazla değildir. Ülkemizdeki çalışmalar tarandığında kateşin içerikleri yönünden siyah, yeşil ve beyaz çaylarla karşılaştırmalı araştırmaların çok fazla sayıda olmadığı görülmektedir. Bu nedenle bu çalışmada, çayların sağlığı geliştirici etkilerini oluşturan maddelerden biri olan kateşin içeriklerinin siyah, yeşil ve beyaz çay çeşitlerindeki miktarlarının belirlenmesi ve kateşin içerikleri yönünden karşılaştırılmaları amaçlanmaktadır.

## İKİNCİ BÖLÜM

### LİTERATÜR BİLGİSİ

#### 2.1. Çay Bitkisinin Özellikleri

Çay bitkisi, botanikteki bölümü *Angiosperma* (çiçek açanlar), sınıfı *Dicotyledonea*, familyası *Theaceae* ya da *Camellia*'dır. Çay bitkisinin genel adı *Camellia Sinensis* O. *Kuntze*'dir (Kaçar, 2010). Çay bitkisi çin çayı, assam çayı ve kamboçya çayı olmak üzere üç değişik çeşide (varyeteye) sahiptir (Kingdon-Ward, 1950).

Çay bitkisi, yaprağını dökmeyen, büyümeye bırakılınca ağaç görünümü alan bir bitkidir (Şekil 2.1). Sarı-beyaz çiçekleri, uzun, tırtıklı yaprakları vardır (Şekil 2.1). Genç yaprakların alt kısımlarında kısa beyaz tüyler vardır. Genç dalları grimsi sarı ve tüysüzdür. Sonraki yıl dalları morumsu kırmızıdır. Terminal tomurcukları gümüşü gri ve tüylüdür. Yaprak sapları 4-7 mm uzunluğundadır. *Camellia sinensis*'in çiçeklenmesi Ekim'den Şubat'a kadar ve meyve vermesi Ağustos'tan Ekim'e kadar gerçekleşir (Min ve Bartholomew, 2007). Çay bitkisinin çiçeği beyaz renkli, güzel kokuludur. Çay bitkisinin çiçek açma zamanı, çeşidine ve gelişme ortamına göre değişir. Sıcak iklime sahip ülkelerde yılın hemen hemen her ayında bitki üzerinde çiçek vardır. Rize ve çevresinde, çay bitkisi genellikle Ağustos ayında çiçek açar. Ekim ve Kasım aylarında bol miktarda çiçek görülür. Aralık ayı sonunda çiçeklenme sona erer. Çay bitkisinin meyvelerinin tamamlanması yaklaşık bir yıl sürer. Meyveleri olgunlaşmadan önce yeşil renkli, kalın kabuklu, yaklaşık 2,5 cm çapında, 1-4 bölmelidir (Şekil 2.1). Meyvenin her bölümünde genellikle bir tohum oluşur. Meyve olgunlaştığı zaman tohumlar kahve renkli olur ve bölmeler (kapsüller) açılarak tohumlar dökülür (Şekil 2.1).

Tohumlar genellikle 1-2 cm çapında küre ya da yarım küre şeklindedir. Tohumların üzeri sert bir kabukla kaplıdır. Çay bitkisinin tohumunun yağı çıkarılabilmektedir. Ancak, Türkiye'de çay bitkisi ve çay tohumu yağı üretiminde çay bitkisi tohumu kullanılmamaktadır. Çiçeklerin ve tohumların oluşması ile çay yapraklarında aroma maddeleri birikir. Bu nedenle, bu mevsimde toplanan yapraklar nitelikli çay üretimi için hususi bir öneme sahiptir (Kaçar, 2010).



**Şekil 2.1: Çay bitkisi çalısı, yaprağı, çiçeği, meyvesi, tohumu**

## **2.2. Çay Bitkisinin Yetiştirme Koşulları**

Çay bitkisi, yılda 120-150 cm'den fazla yağış alan ve sıcaklığı 12-30 °C arasında olan bölgelerde ekilebilir. Optimum yetiştirme koşulları yıllık 250-300 cm yağış ve ortalama 18-20 °C sıcaklıklardır (Williges, U., 2004). Çay bitkisinin yetiştiği bölgelerde hava sıcaklığının sık bir şekilde 0 °C'nin altına düşmesi istenilmez. Sıcaklık -15 °C'ye düştüğünde çay bitkisi donar, esmer bir renk alır ve bitkinin ölümü gerçekleşir. Sıcaklık artışı ile ürün miktarı genellikle artar. Öte yandan ani şekilde 40 °C'nin üzerine ulaşan sıcaklıklar, çay bitkisinin zarar görmesine neden olur (Kaçar, 2010). Deniz seviyesinden 2200 metreye kadar ekim yapılabilir, bazı çay çeşitlerinin yüksekliği 3000 metreye kadar çıkabilir. Daha yüksek rakımlar genellikle daha yüksek çay kalitesiyle ilişkilendirilir. Çay ekimi için günde en az beş saat doğrudan veya onbir saat dolaylı güneş ışığı gereklidir.

Çay bitkisinde gölgelenme sağlması amacıyla, kimi ülkelerde, özel olarak gölge ağaçları yetiştirilmekte, çay bitkisinin güneş ışınlarının zararlı etkilerinden korunması amaçlanmaktadır. Gölgelemenin faydaları; ürün miktarının artması (Barua, 1960), toprak suyunun yitirilmesinin önlenmesi (Barua, 1960), ağaç yapraklarının toprağa düşmesi sebebiyle çay toprağının organik madde ve besin maddeleri açısından zenginleşmesi (Venkataraniani, 1961), çay bitkisinin yapraklarının yüzey genişliğinin ve kuru yaprak ağırlıklarının artması (Gogoi, 1976), çay bitkisinin toprak sıcaklığının kökün daha iyi gelişmesine olanak sağlması, genç çay sürgünlerinde (-) epikateşin, (-) epikateşin-3-gallat, (-) epigallokateşinin artmasına, (-) epigallokateşin-3-gallatın azalmasına neden olması (Saijo, 1980) şeklinde sayılabilir.

Çay bitkisinin yetiştirileceği topraklar iyi drene edilmiş, kumlu ya da kumdan kile değişen yapıda, iyice havalandırılmış, derin ve sağlıklı bir humus tabakası olan, asit

tepkimeli (düşük pH) ve bitki besin maddelerince zengin olmalıdır. Çay bitkisi kalsifüj (kalsiyumu sevmeyen veya kireç sevmeyen) bir bitki olması nedeniyle, gelişme ortamının asidik, optimum olarak 4,5-6,0 pH değerleri arasında olmasını ister. Bu aralıkların dışındaki pH'larda çay bitkisinin gelişimi olumsuz etkilenir. Amonyum sülfat gübresi çaylık alanlarda tek yanlı ve bol miktarda kullanılırsa, toprağın daha fazla asidik hale gelmesine neden olur. Bu nedenle çay toprakları için özel olarak üretilmiş olan, çay gübresi olarak da isimlendirilen 25-5-10 kompoze gübresinin ya da organik gübrenin kullanılması ülkemizde önerilmektedir. Çay bitkisi alüminyum biriktiren nadir bitkilerden biridir. Çay bitkisi, ihtiyaç duyduğu alüminyumunu topraktan yeterince alamayınca, çay bitkisinden elde edilen ürünün miktarı ve kalitesi düşer. Aynı zamanda topraktaki azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, kükürt, mangan, çinko ve bor düzeyleri de son derece önemlidir (Kaçar, 2010; Ahmed ve Stepp, 2013).

Kuraklık, su basması, aşırı sıcaklık ve don, çay bitkisinin büyümesi için zararlıdır ve kimya, tat, aroma ve biyoaktivite açısından daha düşük kaliteli bir ürüne neden olabilir. Çay bitkisi genellikle ilk iki ila dört yıl boyunca kontrollü fidanlık koşullarında veya diğer korumalı koşullarda yetiştirilir. Şu anda olgunlaşmamış olarak sınıflandırılırlar ve hasat edilmezler. Çay bitkileri olgunlaştıktan sonra tarlaya ekilir ve hasat için hazır hale gelir (Ahmed ve Stepp, 2013).

Çay bitkisi uygun sıcaklık, nem ve yağış seviyesi olan bölgelerde yıl boyu sürgün verebilen bir bitkidir. Ancak, sıcaklık, nem ve yağış seviyeleri arasında mevsimler arasında farklılıkların olduğu Kuzey ve Kuzeydoğu Hindistan'da, Kuzeydoğu Çin ve Japonya'da, Güney Afrika'nın bazı bölgelerinde, Gürcistan, Azerbaycan, İran'ın Hazar Denizi kıyılarında ve ülkemizde çay bitkisindeki sürgün oluşumu kesintili bir şekilde olur. Çünkü; soğuk aylarda çay bitkisinin yaprak ve tomurcuklarında gelişim ve sürgün oluşumu duraklar. Bu döneme çay bitkisinin dinlenme (dormansi) dönemi denilir (Kaçar, 2010).

Çay hasadı takvimi, çay bitkisinin ucundaki genç tomurcuklarının ve bitişik yapraklarının mevcudiyeti, gün ışığı/karanlık oranı, sıcaklık, nem ve yağış seviyeleri ile belirlenir. Bir çay üretim sisteminin enlem ve yüksekliğine bağlı olarak üç ila dört çay hasat mevsimi vardır. Çay bitkilerinin altı hafta boyunca 11 saatten daha az güneş ışığı aldığı 16 °K'nin üzerindeki ve 16 °G'nin altındaki enlemlerde, çay

bitkileri sonbaharın sonundan kışın sonuna kadar uyku moduna girer. Bu döneme çay bitkisinin dinlenme (dormansi) dönemi denilir. Yaprak büyümesi, bir dinlenme döneminden sonra ilkbaharda devam eder. Bu alanlarda ilkbahar, yaz veya muson mevsimi ve sonbahar olmak üzere üç hasat mevsimi vardır. Kış uykusu, kaliteli çay için önemli bir katkı olarak kabul edilir, çünkü genç sürgünleri, daha sonraki hasat çaylarında bulunmayan aromatik bileşikleri bahar hasadı mevsiminde salmaya teşvik eder. Çay bitkisi uygun sıcaklık, nem ve yağış seviyesi olan Sri Lanka gibi bölgelerde yıl boyu sürgün verebilen, dormansi dönemine girmeyen bir bitkidir. 16 °K'nin altındaki ve 16 °G'nin üzerindeki enlemlerde, çay bitkileri yıl boyunca yeni yaprak filizleri üretmeye devam eder. Bu alanlarda dört hasat mevsimi vardır. Hasat mevsimlerinden önce, yeni yaprak büyümesini teşvik etmek için çay bitkilerinin budaması yapılabilir (Kaçar, 2010; Ahmed ve Stepp, 2013).

Çay bitkisinin ömrü genellikle 100 yıl olarak kabul edilmektedir. Çay bitkisi ürün vermeye 4 yaşından itibaren başlar, en yüksek verime 10-15 yaşından sonra ulaşır, ekonomik verim yaşı genellikle 50 yıl olarak kabul edilmektedir (Kaçar, 2010).

Çay bitkisinde ürün denildiği zaman yılın değişik aylarında hasat edilen yaş çay yaprağı miktarı akla gelir. Ticari açıdan işlenen, içtiğimiz çay kısmı, çay bitkisinin yeşil, körpe, yumuşak yapraklarıdır. Çay üretimi için genel kural, sürgün ucundan koparılan iki yaprak ve bir tomurcuğun kullanılmasıdır. Bunun nedeni, çeşitli maddelerin genç yapraklarda ve tomurcukta toplanmış olmasıdır. Genel kural bu şekilde olsa da, hasat edilen yaprak birimi, üretilmek istenen çay türüne göre değişir. Pek çok çay türü, uç tomurcuk, boğumlar arası ve tomurcuğun hemen altında bir ila iki-üç yaprak içerir. Bazı yeşil çay türleri için hasat edilen birim, tek bir genç yapraktan, beyaz çay türleri için sadece tomurcuktan ya da bir tomurcuk bir yapraktan oluşur. Yaşlı yapraklar genellikle yüksek kaliteli yeşil çay üretmek için kullanılmaz çünkü bu yapraklar büzücü, kekremsi bir tada sahiptir. Çay yaprakları elle toplanır veya bir makas ya da kesme makinesi ile mekanik olarak toplanır. Birçok yüksek kaliteli yeşil ve beyaz çay elle toplanır. Çiftçiler günde 30 kiloya kadar taze çay yaprağını elle toplayabilirler. Elle yolma, çay yetiştiriciliğinde en yoğun emek gerektiren, en pahalı işlemdir. İşgücü verimliliğini artırmak ve işçilik maliyetlerini azaltmak için birçok durumda yerini mekanize toplayıcılar almıştır (Kaçar, 2010; Ahmed ve Stepp, 2013).

### 2.3. Dünyada ve Ülkemizde Çay Bitkisinin Yetiştirildiği Bölgeler

Kuzey yarım kürede yaklaşık 42 enlem derecesinden güney yarım kürede 27 enlem derecesine kadar olan bölgede çay bitkisi yetiştirilmektedir. Ancak dünyada ekonomik olarak çay üretiminin yapıldığı yerler sınırlıdır. Hindistan, Çin, Srilanka, Bangladeş, Japonya, Endonezya, Malezya, Formoza, Birmanya, Niyazaland, Kenya, Tanganika, Uganda, Mozambik, Brezilya, Şili, Arjantin, Gürcistan, Azerbaycan, İran ve Türkiye’de ekonomik düzeyde yetiştirilmekte ve çay üretimi yapılmaktadır (Kaçar, 2010).

Ülkemizde Doğu Karadeniz Bölgesi’nde 41,4 enlem derecesinde çay bitkisinin yetişebilmesi için uygun koşulların oluşmasında, bölgeyi kuşatan ve yüksekliği 3000 metreyi geçen sıra dağlar oldukça önemlidir. Gürcistan’daki Kafkas sıra dağları ile Doğu Karadeniz’deki Kaçkar sıra dağları karadan gelen soğuk ve kuru rüzgarlara set oluşturup bölgede sıcaklığın düşmesini önler, bunun yanı sıra denizden gelen nemli rüzgarları da tutarak yağmur şekline dönüşmesine neden olur. Yüksek sıra dağlar sayesinde bölgede çay bitkisinin yetişebilmesi için sıcak, bol yağışlı yarı tropik, mikroklima iklim şartları sağlanmaktadır (Kaçar, 2010).

Çay bitkisi, yayla bitkisi olarak da nitelendirilmektedir. Bu nedenle, çay bitkisinin yetiştirilme koşulları deniz seviyesi, denizden 1000 metre yükseklik ve 1000 metrenin üzerindeki yükseklik olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Denizden yükseklik arttıkça çay yaprakları kokulu, üstün nitelikli olabilmektedir. Çay bitkisinin ülkemizde yetişebildiği yüksekliğe bakıldığında, ülkemizde en fazla 1000 metre yüksekliğe kadar üretilebildiği görülmektedir (Kaçar, 2010).

Çay bitkisinin gelişme döneminde aylık sıcaklık ortalamalarının büyük değişiklik göstermemesi, normal gelişimini devam ettirebilmesi için önemlidir. Çay bitkisinden ekonomik fayda elde edilebilmesi için yıllık sıcaklık ortalamalarının 14 °C’nin altına inmemesi gereklidir. Ülkemizde aralık, ocak, şubat ve mart aylarında sıcaklık 10 °C’nin altında seyretmektedir. Bu sıcaklık derecelerinde çay bitkisinin gelişimi duraklamakta, çay bitkisi dinlenme dönemine girmektedir. Bu nedenle ülkemizde çay hasat dönemi 5-6 aydır. Rize’de 60 yıllık ortalamalara göre yıllık ortalama sıcaklığı 13,4 °C olarak tespit edilmiştir. Rize’de çay yaprağının hasadının yapıldığı mayıs-ekim ayları arasında hava sıcaklıkları sürekli 12,5 °C’nin üzerinde seyretmektedir (Kaçar, 2010).

Çay bitkisi gelişimi için suya ihtiyaç duyar. Bu nedenle, çay bitkisinin normal gelişimi için toplam yıllık yağış miktarının 2000 mm'den az olmaması, aylara göre yağış dağılımının düzenli olması gerekmektedir. Ancak yağış şeklinin sağanak olmasından ziyade, sürekli ve yavaş yavaş olması çay bitkisinin yetişebilmesi açısından önemlidir. Çay bitkisinin ekonomik anlamda verimli olabilmesi için gelişme mevsiminde 1200 mm'nin üzerinde yağış istenir. Yağış miktarı ile çay bitkisinden alınan ürün miktarı artar. Çay üretiminin yapıldığı Rize'de 60 yıllık ortalamalara göre yıllık yağış miktarı 2300,2 mm'dir. Yıl içerisinde en az yağış nisan ve mayıs, en fazla yağış ekim ve kasım aylarında gerçekleşmektedir (Kaçar, 2010).

Bağıl nem, çay bitkisinin nitelikli ve bol miktarda ürün vermesinin yanı sıra aromalı çay üretimi için de önemli bir husustur. Çay bitkisinin yetiştirildiği bölgelerde yıllık bağıl nemin en az %70 olması önemlidir. Ülkemizde yoğun şekilde çay üretiminin yapıldığı Rize'de 60 yıllık ortalamalara göre; bağıl nem %76'dır. Yıl içerisinde bağıl nem %72 ile %80 arasında düzgün bir dağılıma sahiptir (Kaçar, 2010).

Parlak güneş ışınlarının doğrudan çay bitkisi üzerine gelmesi kimi zaman zararlı olabilmektedir. Sürekli yağan yağmuru takiben bulutların arasından kesintili olarak güneş ışıklarının gelmesi çay bitkisinin gelişimi açısından daha yararlıdır, çayın niteliği üzerine olumlu etkilere sahiptir. Rize'de 55 yıllık ortalamalara göre yıllık açık gün sayısı ortalama 52,4 gündür (Kaçar, 2010).

#### **2.4. Çay Bitkisi Yaprakının İçeriği**

Çay yapraklarının bileşimi iklimsel, genetik ve kültürel faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Katiyar ve Mukhtar, 1997). Çay bitkisinin tomurcuk, genç yaprak, olgun yaprak, yaşlı yaprak ve farklı bölümlerinde bulunan madde miktarları farklıdır. Hasat dönemi ve zamanı da çay bitkisinin içeriğini etkileyebilmektedir. Çayın işlenmesinde kullanılan genç çay yaprakları ile tomurcuğu; olgun yapraklara, gövde ve köke göre değişik maddeleri göreceli olarak daha fazla içerirler (Kaçar, 2010).

Çay bitkisinin yaprak içeriği nitelikli çay üretimi açısından çok önemlidir. Çayın işlenmesi sırasında genç-körpe yaprakları ve tomurcuğu içeren sürgünler kullanılmaktadır (Kaçar, 2010). Çay bitkisinin yaprağı, enzimler, polifenoller, kateşinler, karotenoidler, uçucu maddeler, vitaminler ve mineral maddeler

içermektedir. Genç çay sürgününün içeriği Tablo 2.1’de belirtilmektedir (Anonymus, 2001).

**Tablo 2.1: Genç çay sürgününün içeriği**

Madde	Kuru madde esasına göre miktar (%)	Madde	Kuru madde esasına göre miktar (%)
Toplam polifenoller	25-30	Alkaloidler	
a Flavan-3-ol’lar		a Kafein	3-4
i. (-) Epigallokateşin galat (EGCG)	8-12	b Teobromin	0.2
ii. (-) Epikateşin galat (ECG)	3-6	c Teofillin	0.5
iii. (-) Epigallokateşin (EGC)	3-6	Monosakkaritler	4-5
iv. (-) Epikateşin (EC)	1-3	Polisakkaritler	14-22
v. (+) Kateşin	1-2	Sellüloz ve hemisellüloz	4-7
vi. (+) Gallokateşin (GC)	3-4	Pektinler	5-6
b Flavonollar ve flavanol glikozidler	3-4	Lignin	5-6
c Leukoantosiyeninler	2-3	Protein	14-17
d Polifenolik asitler ve depsidler	3-4	Lipidler	3-5
Aminoasitler (Teanin, Glutamin, Arjinin)	4-5	Klorofiller ve diğer pigmentler	0.5-0.6
Organik asitler	0.5-0.6	Kül (mineral maddeler)	5-6

**Kaynak:** Anonymus, 2001

Genç çay sürgünlerinde en fazla miktarda bulunan madde polifenollerdir. Polifenol grubunun içinde en fazla flavanol alt grubu, flavanolların içinde de en fazla miktarda (-) epigallokateşingallat bulunmaktadır (Anonymus, 2001).

Çay yaprağındaki enzimler çay üretimi açısından önemli yere sahiptir. Enzim, canlı hücrelerce yapılan ve yaşamın devamı için gerekli bir reaksiyonu katalize eden, protein veya protein benzeri yapıya sahip biyolojik katalizör şeklinde tarif edilmektedir (Gürses, 1977). Çay bitkisinde bulunan enzimler çay yaprakları ve tomurcukları işlenirken biyokimyasal reaksiyonlar gerçekleştirerek, çayın karakteristik tat ve koku kazanmasını sağlarlar. Yaş çay yaprağının kuru çaya

işlenmesi evresinde etkili enzimler ve etkiledikleri reaksiyonlar ile oluşturdukları sonuçlar Tablo 2.2’de yer almaktadır (Çalikoğlu ve Bayrak, 2009).

**Tablo 2.2: Çay yaprağının işlenmesinde etkili olan enzimler**

Enzimin Adı	Etkilediği reaksiyonlar ve sonuçları
Polifenol oksidaz (Kateşin oksidaz)	Çaydaki primer flavanollerin oksitlenmesi ve dolayısıyla tat ve rengin oluşması
Peroksidaz	Flavanollerin oksitlenmesi (ortamda H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> bulunması durumunda)
Pektinaz	Pektik maddelerin parçalanması ve demin olgunluk kazanması
Alkoldehidrojenaz	Bazı alkollerin oluşumu ve dolayısıyla çay aromasının gelişimi
Transaminaz	Terpenlerin biyosentezi ve bazı aminoasitlerin dönüşümü ile aroma oluşumu
Peptidaz	Solma aşamasında proteinlerin aminoasitlere parçalanması

**Kaynak:** Çalikoğlu ve Bayrak, 2009

Polifenol oksidaz enzimi, patojenik etkenlere karşı koruyucu olması nedeniyle, çay bitkisinin epidermal hücrelerinde bulunan (Wickremasinghe, Roberts ve Perera, 1967), siyah çayın işlenmesinde özellikle önemli olan, aktivatör olarak bakır elementine ihtiyaç duyan bir enzimdir (Sreerangachar, 1943). Polifenol oksidaz enzim aktivitesi genç çay yapraklarında, olgun çay yapraklarına kıyasla daha fazladır (Takeo ve Baker, 1973). Polifenol oksidaz enzim aktivitesi siyah çay işleme aşamalarında da değişiklik gösterir. Siyah çay prosesindeki başlangıç aşamalarından soldurma ve kıvrırma işlemlerinde, enzim aktivitesi 2-3 kez artarken, fermantasyon aşamasında enzim aktivitesi azalmaktadır (Takeo, 1966). Siyah çay prosesinin ilk aşamalarında enzim sentezi nedeniyle aktivite yükselirken, fermantasyon aşamasında polifenollerin oksidasyona uğramasıyla oluşan oksidasyon ürünleri, enzim proteinleri ile çözünemez bileşikler oluşturur ve enzim aktivitesini azaltırlar (Kaçar, 2010). Polifenol enzim aktivitesini etkileyen diğer faktörler; çay bitkisinin tipi, hasat zamanıdır (Ravichandran ve Parthiban, 1998).

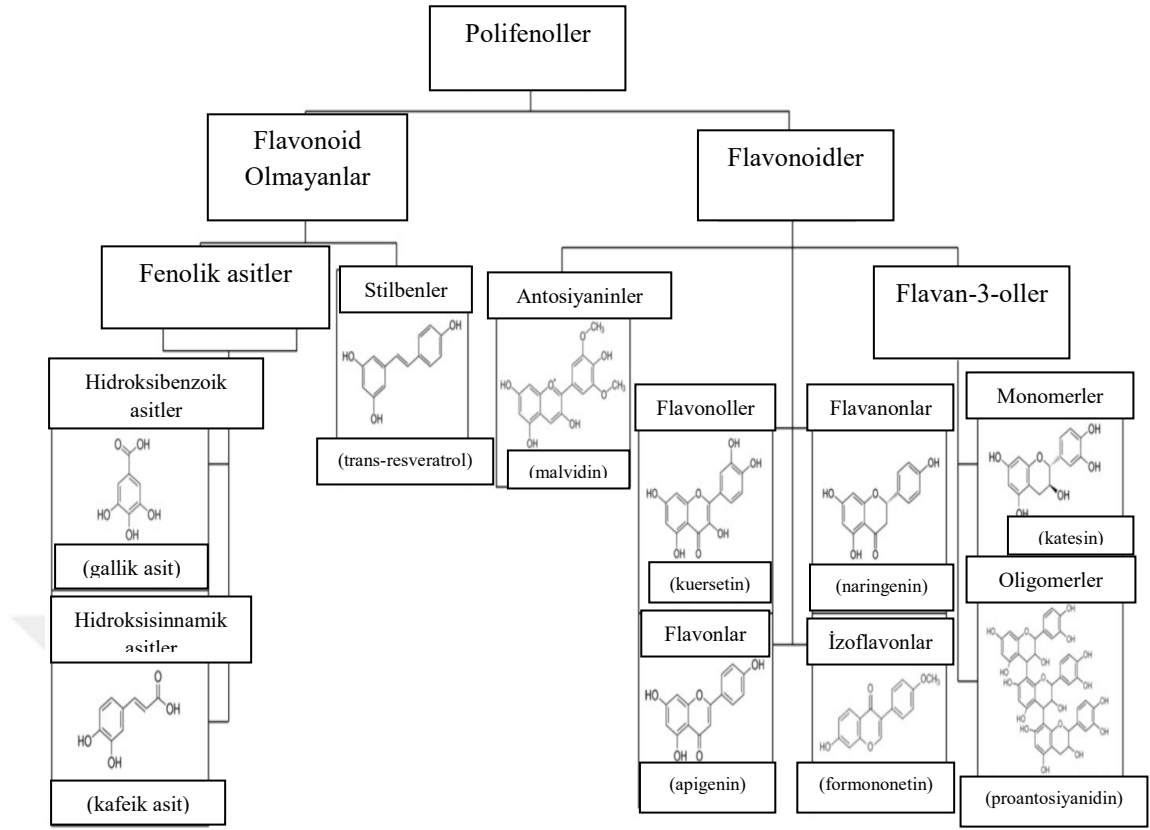
Peroksidaz enzimi ortamda hidrojen peroksit varlığında flavanollerin oksitlenmesini sağlamaktadır (Çalikoğlu ve Bayrak 2009). Aktivitesi, siyah çaya işleme esnasında artmaktadır (Trimanna, 1972).

Polifenol oksidaz (PPO) ve peroksidaz (POD), yeşil çayın siyah çaya dönüştürülmesinde fermantasyon (oksidasyon) aşamasından sorumlu taze çay yapraklarında bulunan iki doğal endojen enzimdir. Bununla birlikte, yeşil çay üretimi durumunda, kateşinlerin herhangi bir enzimatik oksidasyonunu önlemek için bu enzimleri inaktive etmek gerekir (Murugesh ve Subramanian, 2014).

#### **2.4.1. Polifenoller**

Polifenoller, yalnızca bitkiler aleminde bulunan geniş bir fitokimyasallar grubudur, 8000'den fazla çeşidi tanımlanmıştır. Bitki tarafından; mantar, bakteri ve böceklerin (fitoaleksinler) saldırısına karşı savunma için, oksidatif strese, UV radyasyonuna vb. karşı korunma amacıyla ikincil metabolitler olarak sentezlenirler. Bitkilerdeki çeşitli işlevler için de gereklidirler, bitkilerin büyümesinde, düzenlenmesinde ve yapısında önemli rol oynarlar. Stres ve büyüme koşulları, polifenollerin yapısını ve içeriğini değiştirir. Farklı türler arasında farklılık gösterirler. Bitkisel gıdaların organoleptik (tat, renk, burukluk) ve besinsel özelliklerinden sorumludurlar (Fraga vd., 2019; Ahuja, Kissen ve Bones, 2012; Dai ve Mumper, 2010; Pejčić vd., 2019; Bonello vd., 2019).

Kimyasal olarak fenolik moleküller, bir veya daha fazla -OH molekülünün eklendiği aromatik halkadan oluşur (Gutiérrez-Grijalva vd., 2016). Polifenoller, genellikle fenolik halkaların sayısına göre çeşitli şekillerde sınıflandırılır. Polifenoller temel olarak iki alt gruba ayrılır: (1) Flavonoidler ve (2) Flavonoid olmayanlar. Flavonoidler alt grubu, hidrojenasyon miktarına bağlı olarak iki aromatik halka ile bağlanmış heterosiklik oksijenden oluşur. Flavonoidler grubu altı alt gruba ayrılırlar. Bunlar; flavanoller, flavanonlar, flavonoller, izoflavonlar, flavonlar ve antosiyaninlerdir. Flavonoid olmayanlar grubu ise, sinamik ve benzoik bileşikler gibi organik asitlere bağlı aromatik halkalar içerir. Fenolik asitler, lignanlar, tanenler, stilbenler ve kumarin de flavonoid olmayan moleküllerin alt gruplarıdır (Bravo, 1998; Tsao, 2010; Rasines-Perea ve Teissedre, 2017; Tešić vd., 2018). Şekil 2.2'de polifenollerin alt grupları gösterilmektedir.

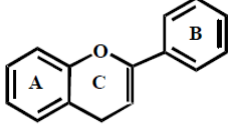
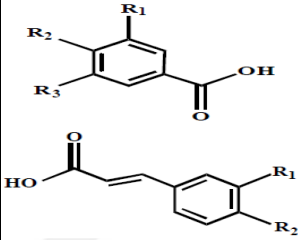
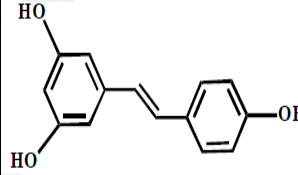
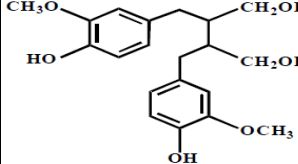


**Şekil 2.2: Polifenollerin alt grupları**

**Kaynak:** Rasines-Perea ve Teissedre, 2017

Gıdalardaki en önemli polifenol kaynakları çay, kahve ve meyvelerdir (Zamora-Ros vd., 2016). Polifenoller; sebzeler (enginar, lahana, brokoli, kuşkonmaz, avokado, pancar ve ıspanak), sert kabuklu yemişler (fındık, antep fıstığı, badem, hint fıstığı, yer fıstığı, ceviz ve macadamia), koyu pigmentli meyveler (kızılcık, yaban mersini, erik, böğürtlen, ahududu, çilek, kuş üzümü, incir, kiraz, guava, portakal, mango, üzüm ve nar), baharat bitkileri (karanfil, tarçın, kekik, kimyon, zerdeçal, maydanoz, fesleğen, köri tozu, hardal tohumu, zencefil, pul biber, sarımsak, kişniş, soğan ve kakule) ve tıbbi otlar (çay, adaçayı, kekik, mercanköşk, tarhun, nane ve dereotu) gibi çok sayıda bitkide bulunur (Pandey ve Rizvi, 2009a; Williamson, 2017). Tablo 2.3'te polifenollerin alt grupları ve örnekleri, besin kaynakları ile genel kimyasal yapıları gösterilmektedir.

**Tablo 2.3: Polifenollerin alt grupları, örnekleri, besin kaynakları ve genel kimyasal yapıları**

Polifenoller	Örnekleri	Besin Kaynakları	Genel Kimyasal Yapısı
1. Flavonoidler	Kateşinler Kuercetin Mirisetin Siyanidin	Çay Elma, Soğan Üzüm Soya fasulyeleri	
2. Fenolik Asitler  Hidroksibenzoik asitler  Hidroksisinnamik asitler	Gallik Asit Protokateşik asit Kafeik Asit Ferulik Asit	Yaban mersini Tahıllar Yağlı tohumlar Kayısı Havuçlar Turunçgiller	
3. Stilbenler	Resveratrol Piceidler Astringinler	Üzüm Yer fıstığı Nar Çilek, Dut, Böğürtlen gibi meyveler	
4. Lignanlar	Sekoizolarisiresinol matairesinol	Karabuğday Keten tohumu Susam tohumu Arpa	

**Kaynak:** Pandey ve Rizvi, 2009b

Polifenoller, çay yapraklarının palisad hücrelerinde bulunan, çaya özellik kazandıran en önemli yapı maddelerindedir (Selvendran ve King, 1976). Yaş çay yaprağının polifenol içeriği üzerine çeşitli etmenler etki eder. Bunlar; 1. Hasat sonrası çay yaprağının fabrikaya taşınması ve fabrikadaki ön uygulamalar, 2. Hasat mevsimi ve zamanı, 3. Çay yaprağının yaşı ve konumu, 4. Hasatta uygulanan yöntem, 5. Çay bitkisinin çeşididir. Çay yaprağı hasat sonrası en kısa sürede, herhangi bir zarar görmeden fabrikaya ulaşmalıdır. Solma ve buna ilişkin kimyasal ve biyokimyasal değişiklikler hasattan hemen sonra başlar (Kaçar, 2010).

Polifenollerin miktarı, genç yapraklardan (iki yaprak bir tomurcuk) yaşlı yapraklara (genç sürgünün altındaki beşinci yaprağa kadar) doğru giderek azalır (Nakagawa ve Torii, 1964; Bhatia ve Ullah, 1968; Forrest ve Bendall, 1969; Taban, Okay ve Kunter, 2001). Polifenoller gövdede en az miktarda bulunur (Linn vd., 1996).

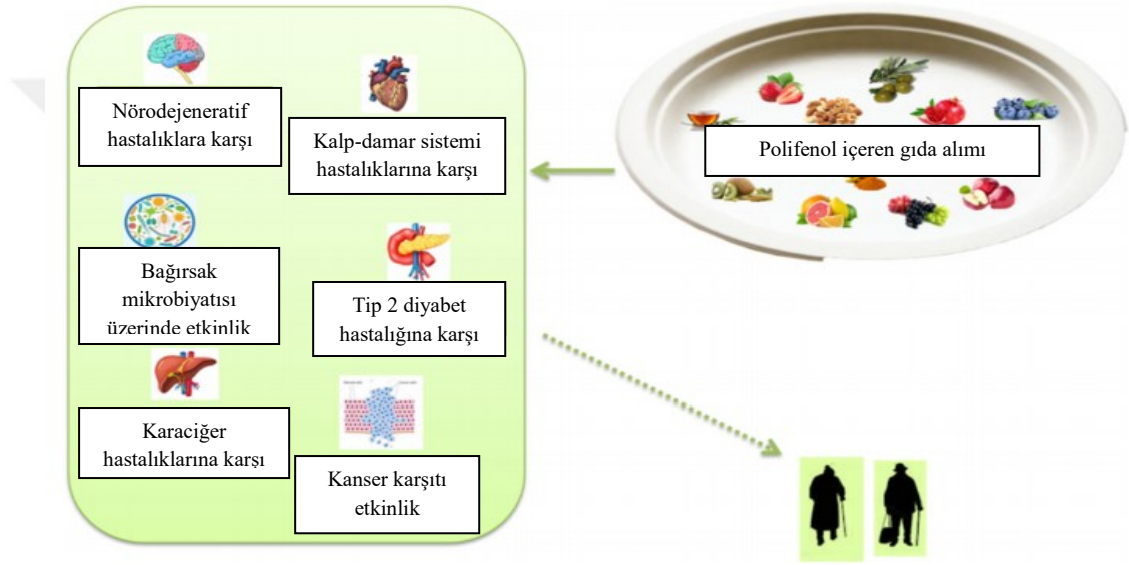
Nitelikli çay üretimi için körpe çay yaprakları ile tomurcukların kullanılmasının temel nedeni de polifenol içeriğidir. Bu nedenle çayın iki yaprak ve bir tomurcuktan üretilmesi önemlidir. Hasat dönemi ilerledikçe, polifenol içeriğinin hem genç hem yaşlı yapraklarda azaldığını (Linn vd., 1996; Taban, Okay ve Kunter, 2001), birinci hasat dönemi yaprakların ikinci hasat dönemi yapraklarına, ikinci hasat dönemi yaprakların da üçüncü hasat dönemi yapraklarına kıyasla daha fazla polifenol ihtiva ettiğini gösteren çalışmaların yanı sıra hasat dönemi ilerledikçe hem antioksidan aktivitesinin hem toplam polifenol içeriğinin arttığını gösteren çalışmalar da vardır (Ertürk vd., 2010; Harbowy ve Balentine, 1997). Ertürk vd. (2010)'nin çalışmasında bu durum, Rize yöresinde mayıs ayına göre eylül ayında günün daha uzun ve güneşlenmenin daha güçlü olması nedeniyle fenolik bileşiklerin daha fazla sentezlenmesine dayanılarak açıklanmıştır. Gölgeleme yapılan çay klonlarından alınan genç sürgünlerde toplam fenolik miktarı, gölgeleme yapılmayanlara göre çok daha düşük miktarda olduğu belirtilmektedir (Mahanta ve Baruah, 1992). Klondan üretilen çay bitkisinin polifenol içeriği, tohumdan üretilen çay bitkisine göre her üç hasat döneminde de yüksektir (Taban, Okay ve Kunter, 2001).

Çay bitkisinde bulunan fenolik bileşikler, kuru çaydan elde edilen demin kalitesini arttıran önemli bir kalite ögesidir (Hara vd., 1995).

Kapsamlı epidemiyolojik çalışmalar ve asırlık geleneksel halk deneyimleri, polifenollerin insan sağlığı üzerindeki olumlu etkilerini doğrulamaktadır (Pejčić vd., 2019). Polifenolik bileşikler, antiinflamatuvar, antioksidan ve antikanserojen özelliklere sahiptir (Quero vd., 2020). Polifenolik bileşikler, beslenme uzmanları ve sayısız bilim insanı tarafından en güçlü doğal antioksidanlar olarak kabul edilmektedir (Devi ve Chamoli, 2020). Doğal polifenollerin çoğu, tipik olarak sarı, kırmızı veya mor olan pigmentlerdir ve UV radyasyonunu emebilir. Doğal polifenollerin güneşten koruyucu özellikleri, UV radyasyonun yol açtığı derideki iltihaplanmayı, oksidatif stresi ve DNA'ya zarar veren etkilerini azaltabilir (Nichols ve Katiyar, 2010; Dunaway vd., 2018).

Kapsamlı araştırmalar, hücresel modeller ile hayvan ve insan modellerinde polifenollerin yaşlanma karşıtı özelliklerini ve yaşlanma ile ilişkili çeşitli hastalıkları yavaşlatma yeteneklerini göstermiştir (Şekil 2.3). Bu etkiler, dokularda yaşlanma ile ilişkili olan oksidatif stresin azaltılmasıyla, endojen antioksidan sistemlerin

desteklenmesiyle sağlanmaktadır. Bu fitokimyasallar epigenetik değişiklikleri indükleyebilir, ayrıca kök hücre fonksiyonu üzerinde faydalı etkiler gösterebilir. Hem in vitro hem de in vivo doku rejenerasyonunun önemli destekleyicileri oldukları da gösterilmektedir. Enflamasyon karşıtı antienflamatuar etkileri, polifenollerin bir diğer önemli özellikleridir. Polifenolik içeriğe sahip gıda tüketimiyle yaşlanma ile ilişkili metabolik ve dejeneratif hastalıklardan korunma sağlanabilmektedir. Polifenoller, nörodejeneratif hastalıklara, kardiyovasküler sistem hastalıklarına, tip 2 diyabete, karaciğer hastalıklarına, kansere karşı etkinlik gösterirler. Bağırsak mikrobiyotası üzerine olumlu etkilere sahiptirler (Meccariello ve D'Angelo, 2021).



**Şekil 2.3: Polifenolik gıda alımı ve yaşlanma ile ilişkili metabolik ve dejeneratif hastalıkların ilişkisi**

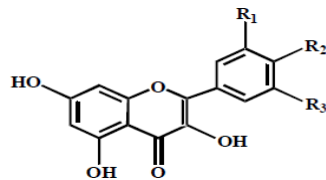
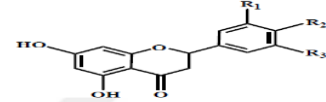
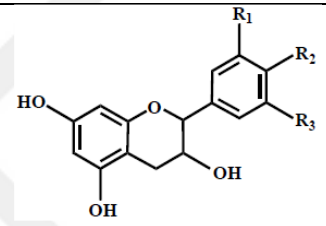
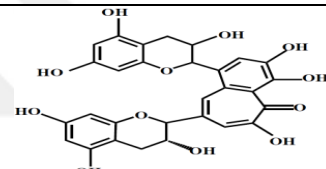
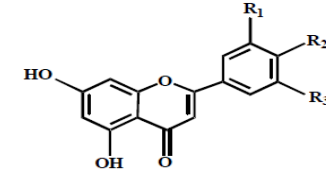
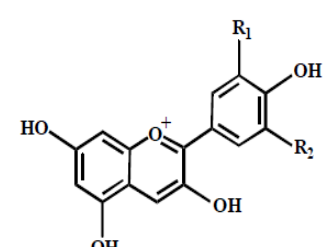
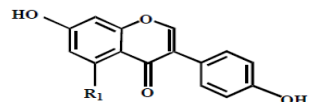
**Kaynak:** Meccariello ve D'Angelo, 2021

#### 2.4.2. Flavonoidler

Flavonoidler, ortak bir kimyasal yapıya sahip bitkiler tarafından sentezlenen geniş bir bileşik ailesidir (Beecher, 2003). Flavonoidler, kimyasal yapılarına göre alt sınıflara ayrılabilir (Higdon ve Drake, 2013a). Flavonoid bileşiklerinin temel yapısı, bir heterosiklik piran C halkası aracılığıyla bağlanan iki benzen halkasından (A ve B) oluşan flavon çekirdeğidir (Panche, Diwan ve Chandra, 2016). Merkezi piran halkasının oksidasyon derecesine göre flavonoidler altı sınıfa ayrılabilir: 1. Flavonlar, 2. Flavonoller, 3. Flavanonlar, 4. İzoflavonoidler, 5. Flavan-3-oller (monomerler ve oligomerler) ve 6. Antosiyaninler (Pejčić vd., 2019; Higdon ve

Drake, 2013a). Tablo 2.4'te flavonoidlerin alt grupları ve örnekleri, besin kaynakları ile genel kimyasal yapıları gösterilmektedir.

**Tablo 2.4: Flavonoidlerin alt grupları, örnekleri, besin kaynakları ve genel kimyasal yapıları**

Flavonoidler	Örnekleri	Besin Kaynakları	Genel Kimyasal Yapısı
Flavonoller	Kuersetin Kaempferol Mirisetin İsorhamnetin	Çay Soğan Elma Çilek, Turna yemişi, Zeytin, Muz	
Flavanonlar	Naringenin Hesperetin Eriodictyol	Portakal Limon Ananas, Greyfurt	
Flavanoller	<u>Monomerler:</u> Kateşinler Epikateşin Gallokateşin Epigallaokateşin Epikateşingallat, Epigallokateşingallat	Çay Üzüm Erik Elma Kızılcık, Çilek, Dut, Yaban mersini, Kızılcık, Böğürtlen gibi meyveler Marul	
	<u>Dimer ve polimerler:</u> Theaflavin Thearubigin Proantosiyanidin		
Flavonlar	Apigenin Luteolin	Elma Kereviz, Limon Maydanoz Kekik, Pancar	
Antosiyaninler	Siyanidin Delphinidin Malvidin Pelargonidin Peonidin Petunidin	Kırmızı, mavi, mor küçük meyveler (Yaban mersini, Çilek, Ahududu, Turna yemişi, Kızılcık), Kiraz, Üzümler (Kırmızı, mor)	
İzoflavonlar	Daidzein Genistein, Glisitin Biyokanin a Formononetin	Soya fasulyeleri Baklagiller	

**Kaynak:** Pandey ve Rizvi, 2009b; Manach vd., 2004

Flavonoidlerin bitkilerdeki birincil rolü onları UV radyasyonundan, canlı veya inorganik stresten korumaktır. Gıda endüstrisinde, yağ oksidasyonunu önlemek için

gıdalara flavonoidler eklenir (Pejčić vd., 2019). Serbest flavonoidlerin antioksidan aktivitesi, hidroksil gruplarının sayısına ve konumuna bağlıdır (Panche, Diwan ve Chandra, 2016).

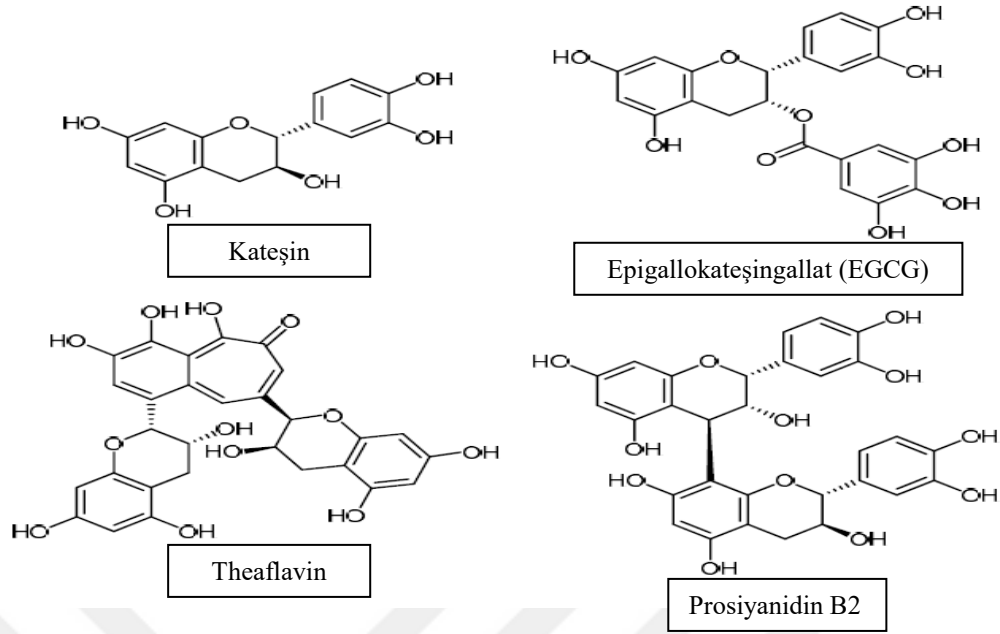
Bireysel flavonoid alımları değişebilse de, Batı popülasyonlarında toplam flavonoid alımları ortalama 150-200 mg/gün gibi görünmektedir (Manach vd., 2004; Gu vd., 2004). ABD'li yetişkinlerde ortalama flavonoid alımı günde yaklaşık 250 mg'dır ve toplam alımın %80'ini flavonoid alt grubundan flavan-3-ol'ler oluşturur. Çay, flavonoidlerin ana birincil kaynağıdır ve tüm flavonoidlerin alımının %80'ini oluşturur. Kore'de günlük ortalama flavonoid alımı yaklaşık 110 mg'dır (Sebastian vd., 2015; Kim vd., 2015).

Tarımsal uygulamalar, çevresel faktörler, olgunlaşma, işleme, depolama ve pişirme dahil olmak üzere birçok faktör, gıdaların flavonoid içeriğini etkileyebilir (Higdon ve Drake, 2013a).

Flavonoidler bitkisel gıdalarda bulunan, hemen hemen her tür oksidana karşı antioksidan etkinlik gösteren bileşiklerdendir. Antioksidan etkinliğini singlet moleküler oksijen ve peroksil radikallerini de temizleyerek gerçekleştirebilirler. Düşük yoğunluklu lipoproteinlerin oksidasyon seviyesini azaltarak kardiyovasküler hastalıklara karşı koruma sağlamaktadırlar (Gulcin, 2012). Özellikle yeşil çay ekstresi, serbest oksijen ve nitrojen (ROS ve RNS) radikallerine karşı önemli etkilere sahiptir (Ding vd., 2018). Antioksidan özellikleri sayesinde, koroner kalp hastalığı, felç ve kanserler gibi oksidatif hasarın aracılık ettiği hastalıklara karşı da etki ettiği bilinmektedir (Gulcin vd., 2010).

### **2.4.3. Flavanoller (Flavan-3-oller)**

Flavanoller grubu, flavonoid grubunun bir üyesidir. Flavanoller, monomerler ve oligomerler şeklinde ikiye ayrılırlar. Monomerler alt grubu; kateşin, epikateşin, epikateşin-3-gallat, epigallokateşin ve epigallokateşin-3-gallat'tır. Oligomer (dimer ve polimer) alt grubu üyeleri ise; theaflavinler, thearubiginler ve proantosiyanidinlerdir (Graham, 1992; Ruidavets vd., 2000; Hammerstone, Lazarus ve Schmitz, 2000). Bazı flavanol türevlerinin kimyasal yapıları Şekil 2.4'te sunulmuştur.



**Şekil 2.4: Flavanol türevlerinin kimyasal yapıları**

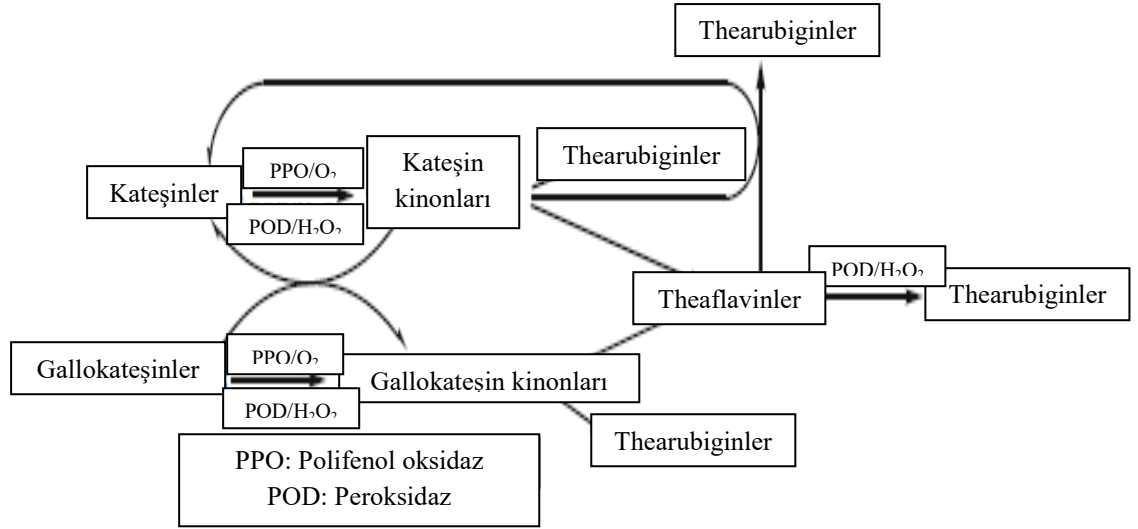
**Kaynak:** Pejčić vd., 2019

Kateşinler, flavanollerin monomerik formunun klasik bir örneğidir. Yeşil çay ve çikolata açık ara en zengin kateşin kaynaklarıdır (Lakenbrink vd., 2000). Kateşinler yeşil çayda yüksek konsantrasyonda (%30-42) ve siyah çayda daha az (%3-10) bulunur (Siddiqui vd., 2004). Siyah çay, nispeten daha az monomer flavanol içerir, çünkü bunlar çay yapraklarının fermantasyonu sırasında theaflavinler (dimerler) ve thearubiginler (polimerler) olarak bilinen daha karmaşık yoğun polifenollere oksitlenirler (Pandey ve Rizvi, 2009b) (Tablo 2.5) (Şekil 2.5).

**Tablo 2.5: Kateşin monomerlerinden theaflavinlerin oluşumu**

Epikateşin (EC) + Epigallokateşin (EGC)	→	Theaflavin (TF)
EC + Epigallokateşin gallat (EGCG)	→	Theaflavin-3-gallat (TF-3-G)
Epikateşin gallat (ECG) + EGC	→	Theaflavin-3-gallat (TF-3'-G)
ECG + EGCG	→	Theaflavin-3, 3'- digallat (TF DG)

**Kaynak:** Owuor ve Obanda, 2007



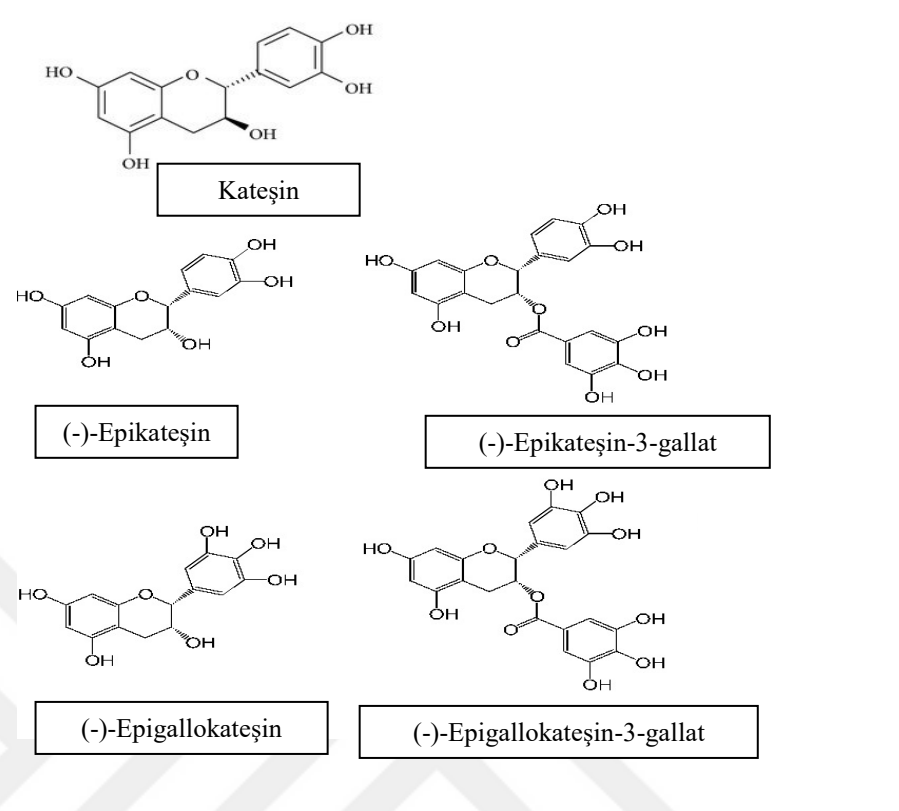
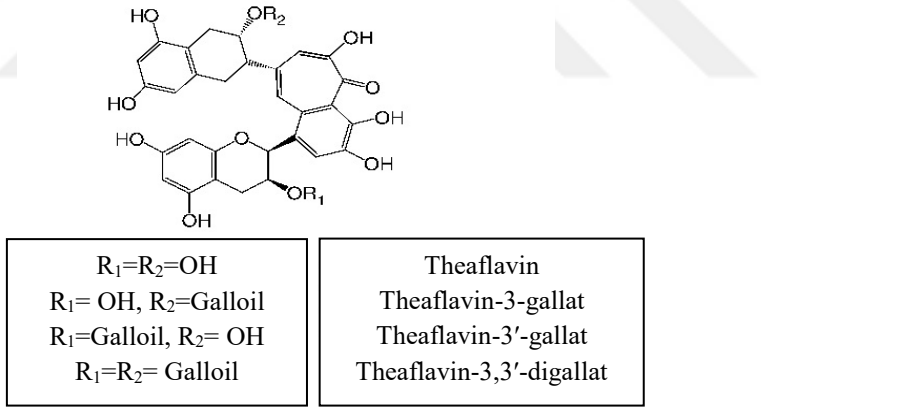
**Şekil 2.5: Theaflavin ve Thearubigin oluşum mekanizması**

**Kaynak:** Finger, 1994

Kateşinler; çay bitkileri, kakao bitkileri, çikolatalar, meyveler (muz, elma, yaban mersini, şeftali ve armut), sebzeler ve şarapta bol miktarda bulunur (Ruidavets vd., 2000; Hammerstone, Lazarus ve Schmitz, 2000).

Tüm çay türlerinde en bol bulunan flavonoid sınıfı flavanollerdir. Fermente edilmeyen beyaz ve yeşil çaylarda başlıca flavanol monomerleri olan kateşin (C), epikateşin (EC), epigallokateşin (EGC), epikateşin gallat (ECG) ve epigallokateşin gallat (EGCG) bulunur (Balentine ve Paetau-Robinson, 2000; Higdon ve Drake, 2013a). Yarı fermente edilmiş oolong çaylarında ve tam fermente edilmiş siyah çaylarda, beyaz ve yeşil çaylara kıyasla daha az kateşin, buna karşın daha fazla theaflavinler ve thearubiginler bulunur. Çay ayrıca flavanol adı verilen başka bir flavonoid sınıfı için de iyi bir kaynaktır. Çayda bulunan flavanoller arasında kaempferol, kuersetin ve mirisetin bulunur. Çayın flavanol içeriği işlemeden minimum düzeyde etkilenir ve flavanoller tüm çaylarda karşılaştırılabilir miktarlarda bulunur. Flavanollerin aksine, flavanoller çayda genellikle glikozitler (bir şeker molekülüne bağlı) olarak bulunur (Higdon ve Drake, 2013b). Tablo 2.6'da çayda bulunan kateşin ve theaflavin maddelerinin kimyasal yapıları gösterilmektedir.

**Tablo 2.6: Çayda bulunan kateşin, theaflavin maddelerinin kimyasal yapısı**

Kateşinler	 <p>Kateşin</p> <p>(-)-Epikateşin</p> <p>(-)-Epikateşin-3-gallat</p> <p>(-)-Epigallokateşin</p> <p>(-)-Epigallokateşin-3-gallat</p>
Theaflavinler	 <p><math>R_1=R_2=OH</math> <math>R_1=OH, R_2=Galloil</math> <math>R_1=Galloil, R_2=OH</math> <math>R_1=R_2=Galloil</math></p> <p>Theaflavin Theaflavin-3-gallat Theaflavin-3'-gallat Theaflavin-3,3'-digallat</p>

**Kaynak:** Hou vd., 2004; Zhao vd., 2014

Çay kateşinleri, diğer çay polifenollerine kıyasla en etkili antioksidan aktiviteye sahiptir. Hem flavanol monomerleri hem de dimerleri yüksek antioksidan kapasiteye sahiptir (Chacona vd., 2009; Yılmaz ve Toledo, 2004). Tek elektron indirgeme potansiyelleri nedeniyle verimli serbest radikal süpürücülerdir. Serbest radikallerle reaksiyon hızı ve ortaya çıkan antioksidan radikallerin stabilitesi, antioksidanların reaktivitesine katkıda bulunur (Ananingsih, Sharma ve Zhou, 2013). Kateşinlerin arasında epigallokateşingallat, toplam kateşinlerin yaklaşık yarısını oluşturur ve

ayrıca tüm kateşinlerin en güçlüsüdür ve antioksidan aktivitesi C ve E vitaminlerinden yaklaşık 25-100 kat daha güçlüdür. EGCG hem antimatriks metalloproteinaz hem de antianjiyogenez aktivitelerine sahiptir (Khan, Afaq ve Mukhtar, 2007).

Çay kateşinleri en çok antioksidan özellikleriyle bilinse de güçlü anti-diyabetik, anti-kanser ve anti-aging aktivitelere de sahiptirler (Khan, Afaq ve Mukhtar, 2007; Maurya ve Rizvi, 2009; Rizvi vd., 2005). Bunun dışında kateşinlerin kilo kontrolü, Parkinson ve Alzheimer hastalıklarından koruyucu özellikleri olan bileşikler olduğu da belgelenmiştir. İyi bilinen sağlık yararlarının yanı sıra, çay kateşinleri, çeşitli enfeksiyöz ajanlara karşı antimikrobiyal ve antiviral aktiviteler uygular (Song ve Seong, 2007).

Kateşinlerin insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri, muhtemelen demir (Fe) ve bakır (Cu) gibi metal iyonlarının şelasyonundan kaynaklanmaktadır. Sindirim sırasında bağırsak lümenindeki demir ve fenolik bileşiklerin yanı sıra demir ve polifenoller arasındaki Fe-şelatlayıcı kompleksler de gösterilmiştir (Liao, Kao ve Hiipakka, 2001; Hurrell, Reddy ve Cook, 1999).

Alzheimer hastalarında, çay kateşin polifenolleri anti-inflamasyon, anti-oksidatif stres, anti-apoptozis ve beta-amiloid protein agregasyonunu inhibe etme yeteneği gibi nöroprotektif özellikler göstermiştir. Mancini vd. (2017), yeşil çayın bilişsel faaliyetler üzerinde olumlu etkileri olduğunu ifade etmektedirler. Çeşitli kanıtlar, yeşil çay polifenollerinin, ultraviyole ışınlarının neden olduğu cilt yaşlanmasının hızlanmasına karşı, antimelanojenik, kırışıklık önleyici, antioksidan ve antienflamatuar etkileri olan, cilt üzerinde savunma eylemleri sağladığını göstermektedir (Kakutani, Watanabe ve Murayama, 2019; Roh vd., 2017). Yeşil veya siyah çayın sistematik tüketimi, çeşitli antioksidan enzimlerin ekspresyonunu indükleyebilir ve oksidatif DNA hasarını engelleyebilir (Prasanth vd., 2019). Elmetts vd. (2001), çay ekstraktının ultraviyole ışınlarının neden olduğu eritem üzerinde doza bağlı bir inhibitör etkisi olduğunu ifade etmektedirler. Bu nedenle araştırmacılar çay ekstraktının foto yaşlanma karşıtı doğal bir alternatif olabileceğini söylemektedirler. Drosophila ile yapılan in vivo araştırmada, kateşinler ve theaflavinlerin ortalama yaşam süresindeki artışla ilgili etkileri tanımlanmıştır (Li vd., 2007).

## 2.5. ay Yaprakının İşlenmesi

ay bitkisinin, çay içeceği haline gelmesi için tarlada hasat işlemine takiben, fabrikada üretilmek istenen çay çeşidi için gerekli prosesler ile işlenmesi gerekmektedir. ay yaprakının işlenmesi sürecinde hasatta ve hasat sonrasında bazı hususlara dikkat edilmelidir. ay bitkisinin yapraklarına, tarladaki hasat işleminden itibaren, fabrikadaki soldurulma işlemine alınıncaya kadar çok zen gösterilmelidir. Soldurma işleminden önceki aşamaların herhangi birinde yaş çay yapraklarının zedelenmesi, fabrikadaki tüm işlemler en st seviyede uygulansa da, imal edilen çayın niteliksiz olmasına neden olur. Bu sebeple, yaş çay yaprakının özenle hasat edilmesi, özenle toplanması, en kısa süre içinde usulüne uygun şekilde fabrikaya taşınması gerekmektedir (Kaçar, 2010).

En iyi hasat yöntemi elle hasattır, bunu makasla hasat, daha sonra da makine ile hasat izlemektedir. Hasat anında çay yaprakları ile tomurcuğun kırılıp, kıvrılarak zedelenmemesine dikkat edilmelidir. Yeşil ay yaprakı, temiz bir örtü üstünde, güneş görmeyen gölge bir yerde biriktirilmelidir. Alım yerine, uygun büyüklükte sepetlere, özel olarak üretilmiş hasırdan veya plastikten yapılmış kaplara ya da torbalara konularak, sıkıştırılmadan, en seri şekilde ulaştırılmalıdır (Kaçar, 2010).

Fabrikaya getirilen yaş çay yaprakı zaman geçirilmeden soldurma işlemine alınmalıdır. Soldurma işlemi öncesinde, yaş çay yaprakları, büyük sepetlerde ve kamyon vb. araçların kasalarında sıkışık biçimde doldurulmamalı, fabrikada yığın halinde bekletilmemelidir. Uygun muhafaza şartları sağlanamazsa, yaş çay yapraklarında sıcaklık kısa süre içerisinde 50 C'ye kadar ulaşır. Yüksek sıcaklık çay yapraklarının kırmızımsı renk almasına, kızarıklıklarına ve zarar görmesine neden olur. Kızarmış ay yapraklarından üretilen çayın rengi donuk ve mat, demi de bulanık olur. Bu nedenle soldurma işlemi öncesinde, eğer yüksek sıcaklık sonucu kızarmış çay yaprakları varsa, bunların dikkatle ayrılması gerekmektedir (Kaçar, 2010).

ay yaprakları işlenmeden önce uzun süre bekletilirse, ortam koşullarına bağlı olarak bakteri faaliyetleri gittikçe artar. Bakteri faaliyetleri özellikle nemli çay yapraklarında hızla artar, çay yapraklarının ekşimesi söz konusu olur. Sıkışık yığınlar halinde bekletilen çay yapraklarının sıcaklıkları 50 C'ye kadar yükselirse, yaş çay yapraklarında bulunan enzimlerin aktiviteleri büyük miktarda ya da tamamen

kaybedilir. İstenmeyen tüm bu durumlar, üretilen çayın niteliğini olumsuz etkiler. Özetle hasat niteliği, hasat sonrası bekleme, taşıma koşulları, fabrikada çay prosesi başlayınca kadar geçirilen tüm süreç çok önemlidir. Bu süreçte, yaş çay yaprağının zedelenmemesi için çaba gösterilmeli, yaş çay yaprağı uygun şekilde ve en hızlı şekilde fabrikaya taşınmalı, en kısa sürede soldurma işlemine alınmalıdır (Kaçar, 2010).

### 2.5.1. Çay Çeşitleri

Çay bitkisinin genellikle bir tomurcuk ve iki ya da üç yaprağı içeren genç sürgünleri, farklı üretim yöntemleri ile muamele edilirler. Bu sayede, duyuşal özellikleri ve kimyasal içerikleri farklı kuru çaylar üretilebilir (Kaçar, 2010).

Çay üretim tekniklerine göre çaylar üç ana gruba ayrılabilir:

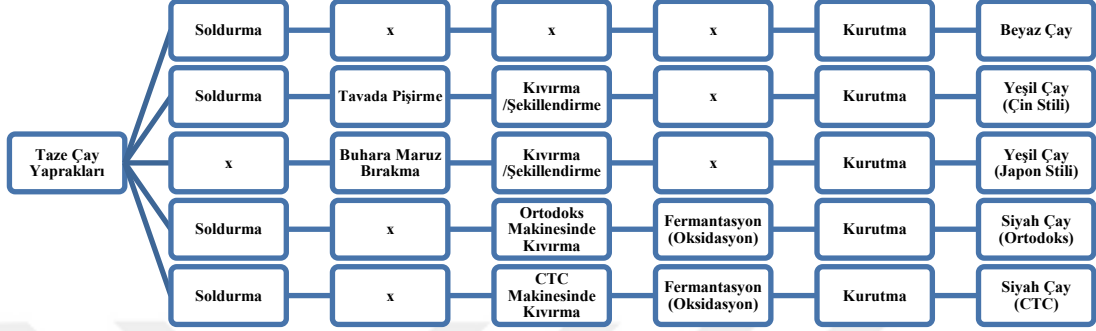
1. Fermente (okside) olmuş çaylar
2. Yarı fermente olmuş çaylar
3. Fermente olmamış çaylar

Fermente olmuş çay grubuna örnek siyah çaylar, yarı fermente olmuş çay grubuna örnek oolong çayı, fermente olmamış çay grubuna örnek yeşil çay ve beyaz çay olarak sayılabilir. Dünya çay üretiminin yaklaşık %78'inin siyah çay, %20'sinin yeşil çay ve sadece %2'sinin diğer çay türleri olduğu tahmin edilmektedir (Cooper, 2011).

Çay işleme sürecinde, çaya özgü tat, koku, aroma, renk gibi özellikler ortaya çıkar. Çayın işlenmesindeki temel amaç; yaş çay yaprağında bulunan ve çayın niteliğine olumlu etki yapan maddelerin yitirilmeden ve bozulmadan kuru çaya geçmesinin sağlanması, olumsuz etki yapabilecek maddelerin ise zararsız şekle dönüştürülmesi ya da yok edilmesidir (Kaçar, 2010).

## 2.5.2. Beyaz, Yeşil ve Siyah Çayların Üretim Süreçleri

Beyaz, yeşil ve siyah çay türleri için üretim süreçlerinin akış şeması Şekil 2.6'da gösterilmektedir.



Şekil 2.6: Beyaz, yeşil ve siyah çay türleri için üretim süreçlerinin akış şeması

Kaynak: Kosińska ve Andlauer, 2014

### 2.5.2.1. Soldurma

Beyaz çay, Çin stili yeşil çay ve siyah çay üretimlerinin ilk aşaması, soldurma işlemidir (Kosińska ve Andlauer, 2014). Genellikle güneşte veya ısıtılmış bir odada rafta gerçekleşir. Soldurma işlemi ile yapraklar kıvrıma hazırlanır, yapraklardaki nem uzaklaştırılır ve yaprak yumuşatılır. Soldurma süresi çayın türüne bağlıdır: Beyaz çay yaprakları 4-5 saat soldurulurken yeşil, oolong ve siyah çay en az iki kat daha uzun süre soldurulurlar (Cooper, 2011). Soldurma işleminin amaçları, kısmi kurutma ile çay yaprağının özsuyunun buharlaştırılıp azaltılması, çay yaprağının konsantre hale getirilerek çay yaprağının bir sonraki aşama olan kıvrma aşamasına, fiziki olarak uygun hale getirilmesi, kırılmadan pul pul küçük parçalara ayrılmadan düzgün şekilde kıvrılabilmesi, özsuyunun buharlaştırılmasıyla biyokimyasal reaksiyonların en üst düzeyde gerçekleşebileceği fermantasyon işlemine uygun hale getirilmesidir. Soldurma işlemi yapılmazsa; yaş çay yaprağı kırılır, pul pul küçük parçalara ayrılır, fermantasyon reaksiyonlarında enzimleri içeren hücre özsuyu akar gider, hücre özsuyu ile ıslanan yaprak parçacıkları elek deliklerini tıkayarak eleme işini olumsuz şekilde etkiler (Kaçar, 2010).

### **2.5.2.2.Buhara maruz bırakma / Tavada pişirme**

Yaprak oksidasyonunu başlatan enzimlerin deaktivasyonu, yeşil çay üretiminde çok önemli bir süreçtir. Japon tarzı yeşil çay için tipik olan buhara maruz bırakmadır. Geleneksel Çin tarzı yeşil çay için tipik olan tavada pişirme adı verilen kuru ısıtma ile yüksek sıcaklığın hızlı bir şekilde uygulanmasıdır. Tavada pişirme sıcaklığı 230°C ya da 300-350 °C olabilir, bu da 100°C'lik buharlama sıcaklığından çok daha yüksektir (Kaçar, 2010; Wang, Kim ve Lee, 2000). Bu nedenle, bu adım için seçilen yöntem, elde edilen çay ürününün özelliklerini önemli ölçüde etkiler (Kosińska ve Andlauer, 2014).

### **2.5.2.3.Kıvrırma**

Kıvrırma işleminin temel amacı; bitki özsuğunu hücrelerden dışarı çıkartarak, kırılmadan kıvrılan çay yapraklarının yüzeyinin bitki özsuğu ile kaplanmasıdır. Bu sayede, oksidasyon reaksiyonları hızla gerçekleşir. Kıvrırmanın ilk aşamasında enzimlerin de rol aldığı reaksiyonlar sonucu, kateşinlerin theaflavinlere dönüşmeye başlaması ile çay yaprağının rengi, koyu yeşilden bakırmı kırmızıya, kahverengiye dönüşür. Bu aşamada çaya özgü hoş bir koku oluşur (Kaçar, 2010).

Kıvrırma işleminde, yapraklara basınç uygulanır, çay yaprakları ezilir, hücre özsuğu dışarı çıkar. Bükme, kıvrırma, düzleştirme, yeniden kıvrırma işlemleri sürecinde, kıvrırma makinelerinde yapraklar çevrimsel hareket ile basınç altında ezilip parçalanırken, yapraklardan dışarı çıkan hücre özsuğu kıvrılan yaprakların her yerini iyice kaplar (Kaçar, 2010).

Çay yapraklarının kıvrılması (yuvarlanması/bükülmesi) başlangıçta elle yapılırken, günümüzde makinelerle yapılmaktadır. Bu işlemin amacı çay yapraklarını parçalayarak çay özsuğunu açığa çıkarmak ve fermantasyon (oksidasyon) işlemi için gerekli olan polifenoller ile enzimlerin birbirlerine erişimini sağlamaktır. Ortodoks silindir (merdane) makinesi ve CTC (kıırma, yırtma ve kıvrırma) makinesi ile olmak üzere iki ana işleme türü vardır. Ortodoks kıvrırma, elle kıvrırmayı taklit eden makinelerle yapılır. CTC makineleri, daha hızlı ve kapsamlı yaprak parçalanmasını sağlayarak daha küçük partiküller oluşturur. Dolayısıyla enzimatik oksidasyon için daha büyük yüzey alanları üretir (Kosińska ve Andlauer, 2014).

#### 2.5.2.4. Fermantasyon (Oksidasyon)

Fermantasyon işleminde her ne kadar akla ilk olarak mikroorganizmaların yürüttüğü reaksiyonlar gelse de, çay yapraklarının fermantasyon işleminde mikroorganizmalar gerekmez, enzimler gerekir. Mikroorganizmaların neden olduğu reaksiyonlar söz konusu değildir. Çay yapraklarının fermantasyon işleminde, çay yapraklarında bulunan polifenoller, oksijen varlığında, uygun sıcaklık ve nem koşullarında, enzimler yardımıyla kimyasal olarak oksidasyon (yükseltgenme) reaksiyonlarına katılırlar (Kaçar, 2010).

Yaş çay yaprağında enzimler sitoplazma içindeki kloroplastlarda, polifenoller sitoplazma içindeki vakuollerde bulunurlar. Soldurma işleminden sonra uygulanan kıvrıma işlemi sırasında yaprak hücrelerinin ezilip parçalanmasıyla, enzimler ile polifenoller açığa çıkarlar. Enzimleri ve polifenolleri içeren hücre özsuyu, çay yaprağı parçacıkları üzerine ince bir tabaka halinde bulaşır. Polifenollerle enzimler birbirlerine karışırlar (Kaçar, 2010). Daha sonra kıvrılan yapraklar tepsilere yerleştirilir ve kontrollü sıcaklık, nem ve havalandırma bulunan bir odada 2-4 saat bırakılır. Flavanollerin (kateşinlerin) oksijen ve enzimler ile reaksiyona girdiği bu işlem fermantasyon olarak adlandırılır. Bu aşamada polifenollerin, polifenol oksidazlar tarafından enzimatik oksidasyonu gerçekleşmektedir. Yaprakların başlangıçtaki yeşil rengi, dimerik theaflavinlerin ve polimerik thearubiginlerin oluşumunu gösteren oksidasyon sırasında açık kahverengiye ve koyu kahverengiye dönüşür (Kosińska ve Andlauer, 2014).

Fermantasyon işleminde en önemli değişim, polifenolik bileşiklerde, özellikle flavanoller (kateşinler) grubunda gerçekleşir. Renksiz olan flavanoller, reaksiyonlar sonucu renkli (portakal sarıdan kırmızı kahverengiye değişen renklerde) bileşiklere ve çok sayıda uçucu bileşiklere dönüşürler. Böylelikle, çayın demi renk, kuvvet, nitelik kazanır, siyah çaya özgü aroma oluşur. Theaflavinler oluşur. Çay yaprağının rengi bakımsız kırmızıya dönüşür, aşırı buruk tat ve otsu koku kaybolur. Nihai olarak amber kokulu hoş bir içecek elde edilir (Kaçar, 2010).

Theaflavinler çözeltide parlak portakal-kırmızı renk gösterirler. Çayın deminin hem niteliği hem de parlaklığı üzerinde önemli etkilere sahiptirler (Roberts ve Smith, 1961; Roberts ve Smith, 1963). Fermantasyon süresi normal sürenin üzerine çıkarsa Theaflavin miktarı azalmaktadır (Cloughley, 1980).

Siyah çayın fermantasyonu sırasında çay flavanollerinin %10'u theaflavine dönüşür, %15'i değişmeden flavanol yapısında kalır, %75'i ise thearubigin adı verilen kırmızı-kahverengi maddelere dönüşür. Thearubiginler, çay deminin rengi, kuvveti, çayın damak tadı üzerine olumlu etkilere sahiptir (Kaçar, 2010).

Fermantasyon süresi ve tepkimenin gerçekleştiği sıcaklık, oluşan theaflavin ve thearubigin miktarları üzerine etkilidir (Kharebava ve Nikolaishvili, 1964). Fermantasyon sürecinin başında theflavin fazlayken, süreç sonunda thearubigin miktarı artar. Fermantasyon süresi uzadıkça thearubigin oluşumu artar. Düşük sıcaklıklarda daha fazla theaflavin oluşur. Fermantasyonun başında theaflavin miktarı yüksekken çay demi daha buruk ve parlakken, thearubigin miktarı arttıkça çay deminin kuvveti artar (Kaçar, 2010). Fermantasyon işleminde siyah çayın aroması da oluşur (Yamanishi vd., 1966; Saijo ve Kuwabara, 1967).

#### **2.5.2.5. Kurutma**

Çay üretimindeki son adım, fermantasyonu durdurmak, mikroorganizma büyümesini bastırmak, uygun nem içeriğine ulaşmak ve çayın depolanabilmesini sağlamak için çay yapraklarının kurutulmasıdır. Daha sonra çaylar büyüklüklerine göre derecelendirilir, harmanlanır ve paketlenir (Kaçar, 2010) (Kosińska ve Andlauer, 2014).

#### **2.5.3. Beyaz Çay Üretimi**

Beyaz çay antioksidan, antimikrobiyal ve antikanser etkiler gibi geniş ölçekli sağlık üzerine yararlı etkilere sahiptir. Beyaz çay altıncı yüzyılda keşfedilmiştir. Hemen sonra kraliyet ailesinin seçimi haline gelmiştir. Modern beyaz çayın Çin'den ithali 1891'de başlamıştır (Anhui Agricultural University, 1979).

Beyaz çay, ismini kendine has özelliği olan, beyaz tüy ile kaplı olmasından dolayı almaktadır. Benzersiz özelliğini, kızartma ve ezme işleminin uygulanmadığı özel proses yönteminin bir sonucu olarak kazanmaktadır. Beyaz çayın yıllık üretimi göreceli olarak daha düşüktür (siyah çayın yaklaşık %0.1'i, 2000 ton) (Anhui Agricultural University, 1979).

Beyaz çayın benzersiz kalitesi ve lezzeti; özel yetiştirme alanından, özel çay bitkisi türünden ve özel işleme yönteminden kaynaklanmaktadır. Kurutulmuş beyaz çay dıştan naturel ve zarif görünür, lezzeti tatlı ve canlandırıcıdır. Farklı koparma kriterlerine bağlı olarak birçok beyaz çay türü vardır. Bunlar; “beyaz saçlı gümüş iğne (silver needle with white hair)”, “beyaz şakayık (white peony)”, “gongmei”, “shoumei”dir (Anhui Agricultural University, 1979).

Dabaicha ya da shuixian variyetelerinden yapılan “Gümüş iğne (silver needle)” sadece iri tomurcuktan ve “beyaz şakayık (white peony)” bir tomurcuk ve bir veya iki yapraktan oluşur. Qingzhong variyetesinden üretilen “Gongmei” ve “Shoumei” tomurcuksuz taze yapraklardan üretilir (Anhui Agricultural University, 1979; Ho, Shahidi ve Lin, 2008).

Beyaz çay üretimi için, çay bitkisinde tomurcuklar hala ince beyaz saçlarla kaplıken ve yapraklar henüz tamamen açılmamışken toplanır. Beyaz çay, esas olarak, klorofil üretimini önlemek için güneş ışığına maruz kalmayan küçük, gümüşü tüylere sahip yeni büyümüş tomurculardan ve genç yapraklardan üretilir. Beyaz çay üretimi için tomurcuklar ve yapraklar, tomurcuklar açılmadan önce koparılır, daha sonra soldurulur ve gölgede, güneş ışığı altında veya sıcaklık kontrollü bir odada kurutulur (Kosińska ve Andlauer, 2014).

Toplandıktan sonra, tomurcuklar açılmadan taze çay yaprakları güneşte soldurulur ve kurutulur, yapraklar yeşil veya siyah çaya kıyasla daha taze tutulur. Beyaz çay, taze çay yapraklarına yeşil çaydan daha yakındır ve diğer çay çeşitlerinden çok farklıdır. Onlara kıyasla çok az işleme tabi tutulmuştur. İşlemden sonra daha hafif ve daha tatlı bir tada sahiptir (Ho, Shahidi ve Lin, 2008).

Beyaz çay üretiminde, yaprak hasadı erken ilkbaharda yılda sadece bir kez yapılabildiği gibi (Kosińska ve Andlauer, 2014), ilkbahar, yaz ve sonbaharda da hasat yapılabilen ancak kışın dormansi nedeniyle beyaz çay üretiminin yapılamadığı durumlar vardır. Genellikle ilkbahar beyaz çayı birinci sınıf kalitededir, sonbahar beyaz çayı bir sonraki olarak onu takip eder ve yaz beyaz çayı en düşük derecelidir (Ho, Shahidi ve Lin, 2008).

Beyaz çay en az işlenmiş çay türüdür. Fermente olmayan bir tip olarak kabul edilir, ancak üretim prosesinde enzim deaktivasyonu basamağı bulunmadığından hafif bir

fermantasyon meydana gelir (Kosińska ve Andlauer, 2014). Bu ifade doğrultusunda, Zhang ve arkadaşları, beyaz çayda esas olarak siyah çay için karakteristik theaflavin-3-gallat, theaflavin-3'-gallat ve theaflavin-3,3'-digallat bileşiklerinin varlığını ortaya çıkarmıştır. Ayrıca siyah çayla kıyaslanabilir düzeyde yüksek gallik asit içeriği de beyaz çayda bulunmuştur (Zhang, vd., 2011). Başka bir çalışma, beyaz çaydaki toplam kateşin içeriğinin yeşil çayınkine benzer olduğunu göstermiştir (Zhao vd., 2011).

#### **2.5.4. Yeşil Çay Üretimi**

Hasat mevsiminde narin çay filizleri elle veya mekanik çay toplama yöntemleri ile toplandıktan sonra, hemen çay fabrikalarına teslim edilir. Yeşil çayın fermentasyonunu (kateşinlerin oksidasyonunu) önlemek ve yeşil çay içeceğinin karakteristik özelliklerini sağlayabilmek için, çay yaprakları buharla ya da ısıyla kavrulur veya fırınlanarak endojen enzimleri, oksidasyon enzimleri inaktive edilerek hemen sabitlenir (Chen, 1986). Ancak yoğun hasat günlerinde, yapraklar sabitlenmeden iç mekanlarda raflardaki sık bir sepet içinde veya bambu örgü hasır, tepsi, oluk veya yayma makineleri gibi bazı havalandırma yataklarında ince bir şekilde yayılır ve fiksasyonu (sabitlenmeyi) bekler. Oksidasyonu önlemek için bekleme süresi mümkün olduğunca kısa olmalıdır (Chen, 1986).

Yaş çay yaprağı, buhar verme yöntemi ile 100 °C sıcaklıkta ya da tavalama (panning) yöntemiyle 300-350 °C sıcaklıkta muamele edilir. Sıcaklık şoku ile oksidasyon enzimlerinin etkisiz hale getirilmesi sayesinde yaş çay yapraklarında bulunan klorofil parçalanmaz. Bu sayede üretilen çay yeşil renkli olmaktadır (Kaçar, 2010). Çayı sabitlemek için kullanılanlar; buhar makinesi, odun ateşinde tava, elektrikli tava, döner ısıtmalı tambur, mikrodalga ve uzak kızılötesi cihazlardır. Fikse edilen yapraklar yumuşak ve gevşek bir hal aldığı anda, kıvrırma aşamasına gönderilirler. Kıvrılmış çay kütleleri kesici (rulo kırıcı veya bilyalı kırıcı) ile gevşetilir ve orta dereceli soğutulur. Takiben, yapraklar (kömürle çalışan fırın sepetleri, elektrikli ısıtıcılar, kömür ısıtıcıları, sıvı petrol gazı ısıtıcıları veya doğal gaz ısıtıcıları ile) kurutulur. Nihai ürünün (ham çay) nem içeriği %6'dan az olmalıdır (Chen, 1986).

Yeşil çay oksidasyona uğratılmadan üretildiğinden zengin bir kateşin kaynağıdır. Çaylarda bulunan en önemli fenolik bileşikler kateşinlerdir (Silva-Pinto, 2013). Tüm çay türleri arasında kateşinler açısından en zengin olan yeşil çaydır. Genel olarak, yeşil çayın fenolik madde bileşimi işlenmemiş çay yapraklarına benzer. Temel olarak flavan-3-oller, yeşil çayın antioksidan kapasitesine ve duyuşal özelliklerine katkıda bulunur. Yeşil çay ürünlerindeki bireysel fenolik bileşiklerin içeriğı çok değışkendir. Çinli ve Japon üreticiler arasında yeşil çay işlemede önemli farklılıklar vardır. Oksidazları etkisiz hale getirmek için, Çin yeşil çayı genellikle kuru ısıya maruz bırakılırken Japon yeşil çayı buhara maruz bırakılır (Kosińska ve Andlauer, 2014). Ayrıca, Japon yeşil çayı genellikle gölgede yetiştirilir ve Çin tarzı çaya kıyasla daha düşük kateşin içeriğı ve daha fazla amino asit içerir (Ku vd., 2010).

Farklı yeşil çay türlerinin toplanmış genç çay sürgünleri farklı özelliklere sahiptir. Yaygın genç çay sürgünleri bir tomurcuk ve iki veya üç yaprak iken, ün kazanmış yüksek kaliteli yeşil çay üretimi için genellikle bir tomurcuk ve bir yaprak, hatta sadece bir tomurcuk olarak toplanır (Chen, 1986). Japonya'da, gyokuro ve matcha gibi bazı yüksek kaliteli yeşil çaylar, toplanmadan önce sırasıyla 2 hafta boyunca %90 gölgeleme ve 1 hafta boyunca %40-50 gölgeleme altında yetiştirilen taze çay yapraklarından üretilir. Taze çay yapraklarının kalitesi, yeşil çayın özelliklerinde önemli rol oynar (Anonymus, 1998-2021).

### **2.5.5. Siyah Çay Üretimi**

Siyah çayın işlenmesinde fermantasyon aşaması, siyah çayın kimyasal özelliklerini kazandığı en önemli işlem olarak kabul edilmektedir (Nagalakshimi, 2003). Siyah çayın ve çay deminin rengi, koyuluğı, kuvveti, aroması, niteliğı bu aşamada büyük ölçüde belirlenir (Kaçar, 2010).

Siyah çay, çay yapraklarına özgü polifenol oksidazların rol aldığı enzimatik bir oksidasyon olan, geleneksel olarak fermantasyon adı verilen süreçte üretilir. Polifenol oksidazların bir etkisi olarak, kateşinlerden ilk kinonlar oluşur ve bunlar da daha sonra dimerler ve oligomerler oluşturmak üzere reaksiyona girer (Şekil 2.5) (Kosińska ve Andlauer, 2014).

Çinliler, günümüzdeki siyah çay üretim tekniklerinden ortodoks tekniğini yüzlerce yıl öncesinde uygulamışlardır. Önce, genç ve körpe çay yapraklarını açık havada bırakarak soldurmuş, elleri ile kıvrıdıkları yaprakları, serin ve nemli bir yerde fermantasyona (oksidasyona) bırakmış, daha sonra kömür sobaları üzerine yerleştirilen saçta kurutarak siyah çay üretimi gerçekleştirmişlerdir. Çinlilerin uyguladığı soldurma, kıvrırma, fermantasyon ve kurutma işlemleri, günümüzde yaygın şekilde uygulanan ortodoks yöntemi aşamalarıdır. Günümüzde, üretim süresini kısaltmak, maliyeti düşürmek, tüketici isteklerini karşılamak, işçilikten tasarruf sağlamak, nitelikli ve bol miktarda çay üretimi sağlayabilmek, üretim aşamalarının düzenli ve istenilen şekilde olması, işlemlerin kısa sürede olması, sıcaklık, nem vb. koşulların istenildiği şekilde ayarlanabilmesi, fermantasyonun sürekli yapılabilmesi, zamandan tasarruf sağlanabilmesi için makinelerden, fırınlardan faydalanılmaktadır (Kaçar, 2010).

Siyah çay işleme için bir tomurcuk ve iki yaprak toplanır. Fabrikaya ulaştıklarında, büyük tepsiler, raflar, hasırlar, tekneler (oluklar) veya bir makine üzerine yayılırlar ve güneş ışığı altında doğal hava akımı ya da iç mekanda sıcak hava fanları yardımıyla kontrollü havalandırma ile solmaya bırakılırlar. Yapraklardaki nem buharlaşır, yapraklar gevşek ve sarkık hale gelir (Willson ve Clifford, 1992).

Akabinde yapraklar ortodoks silindir (merdane), rotorvan veya CTC (kıırma, yırtma ve kıvrırma) makinesi ile işlenirler. Kıvrırmanın amacı, yaprak hücrelerini kırıp parçalamak, polifenol oksidaz ve peroksidaz dahil oksidazları serbest bırakmak ve havadaki oksijenle kateşin oksidasyonu sürecini başlatmaktır. Önemli olarak, CTC, büyük hacimli çay yapraklarını verimli bir şekilde işlemek, solmuş çay yapraklarını küçük parçacıklara hızla parçalamak ve yeterli fermantasyona yol açan hücre özsuyunun çoğunu dışarı atmak için kullanılabilir (Willson ve Clifford, 1992).

Ortodoks silindirler kullanılarak üretilen siyah çay, büyük yapraklı çay üretimi için daha uygundur. CTC yöntemi ise poşet çaylara uygun küçük parçacıkların elde edilmesini sağlar. CTC yöntemi, enzimatik oksidasyon için daha büyük bir yüzey oluşturur (Kosińska ve Andlauer, 2014). Bu nedenle, CTC çayı, ortodoks çaya kıyasla daha düşük kateşin içeriğine ve antioksidan kapasiteye sahiptir (Carloni vd., 2013).

Kıvırma işleminden sonra kırılan çay yaprakları fermantasyon odasına aktarılır ve fermantasyon için biraz sıcak (25-35°C), yüksek nemli (>%95) ortamdaki tepsilere, teknelere (oluklara) veya zemine ince bir şekilde serilir. Çay bitkilerinin çeşidine, çay yapraklarının yaşına, kırılan çay yapraklarının parçacık boyutuna ve fermantasyon durumuna bağlı olarak fermantasyon süresi yarım saat ile üç saat arasında değişmektedir. Bu faktörler arasında parçalama tekniği kilit rol oynamaktadır. Genel olarak, CTC makinesi ile (ıslatarak) yumuşatılan çay yaprakları 30-60 dakika gibi kısa bir süreye ihtiyaç duyarken, geleneksel ortodoks silindirleri ile parçalanan çay yaprakları 2-3 saat gibi uzun bir süreye ihtiyaç duyar. Bu süreçte parçalanan çay yaprakları, kıvırma sırasında başlayan oksidasyona tamamen bırakılır. Oksidasyon nedeniyle yeşil yapraklar nazikçe altın kırmızı rengine, yeşilimsi yaprak notası ise taze veya çiçeksi bir aromaya dönüşür (Chen, 1986).

Optimum fermantasyon elde edildiğinde, enzimleri inaktive etmek ve fermantasyonu durdurmak için yaprak kütlesi kurutulur veya fırınlanır. Genellikle elektrikli ısıtıcı veya kömür fırını gibi sürekli kurutucular ile üretilen sıcak hava kullanılır. Bu işlemde yaprak koyu kahverengi veya siyaha döner, aroma çiçeksi bir notaya dönüşür ve nem oranı %6'nın altına düşürülür (Ho, Shahidi ve Lin, 2008).

Siyah çayın, yeşil çaya kıyasla yaklaşık 20 kat daha fazla gallik asit içerdiği rapor edilirken (Del Rio vd., 2004), diğer çalışmalar sadece iki kat farklılık bildirmektedir (Zuo, Chen ve Deng, 2002). Siyah çay üretimi sırasında en önemli değişiklikler kateşinlerin içeriğinde meydana gelmektedir. Kateşin içeriğinde derin bir kayıp gözlenir. Aynı zamanda enzimatik oksidasyonun bir sonucu olarak theaflavinler ve thearubiginler gibi yeni bileşikler oluşur (Chen vd., 2001; Zuo, Chen ve Deng, 2002; Zhao vd., 2011).

## **2.6. Çay Numunelerinde Kateşin Düzeylerinin Tespiti**

Numunelerde bulunan polifenollerin ayrımı yapılmak istendiğinde kromatografik yöntemler tercih edilmektedir. Kromatografi terimi, Grekçe “chromatus (renk)” ile “graphein (yazmak)” kelimelerinin birleşiminden köken almıştır ve “renk yazımı” anlamındadır (Tizard, 1984). Kromatografi, temel bir ayırım (seperasyon) metodudur (Emekdaş vd., 1990). Farklı yapıda bileşenlerden oluşan kimyasal bir karışımın, birbirleri ile karışmayan iki faz arasındaki dağılımlarına veya seçici etkileşimlerine

dayanarak ayrımlarını sağlayan, bu maddelerin nitel ve nicel analizlerini gerçekleştiren bir yöntemdir (Tizard, 1984). Başka bir ifade ile kromatografi, karışımın çözücü ortamına koyulmasıyla, içindeki maddelerin çözünerek fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre ayrılma işlemidir (Yıldız, Genç ve Bektaş, 1997). Karışım içindeki maddeler çözünürlük, polarite, affinite (ilgi), iyonik güç veya çap farklılıklarına göre birbirlerinden ayrılabilirler (Fidancı, 2009).

Kromatografinin ana hedefi; numunenin ayrımının yapılması ve miktarının ölçülmesidir. Bu metot, çeşitli türdeki maddelerin hareketli bir faz yardımı ile sabit bir faz üzerindeki farklı hızlardaki hareketlerine veya sürüklenmelerine dayanır (Eser ve Dinçel-Sepici, 2018).

Kromatografi tekniğinde üç temel unsur vardır (Fidancı, 2009).

- 1-Sabit faz: “Katı” ya da “katı bir destek üzerine emdirilmiş bir sıvı tabakasından” oluşur.
- 2-Hareketli faz: “Sıvı” ya da “gazdan” oluşur.
- 3-Sabit faz, hareketli faz ve karışımında yer alan maddeler arasındaki etkileşimin türü: Kromatografide, "yüzey tutunması (adsorpsiyon)" ile "çözünürlük" temel etkileşimin oluşumunu sağlar.

### **2.6.1. Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC)**

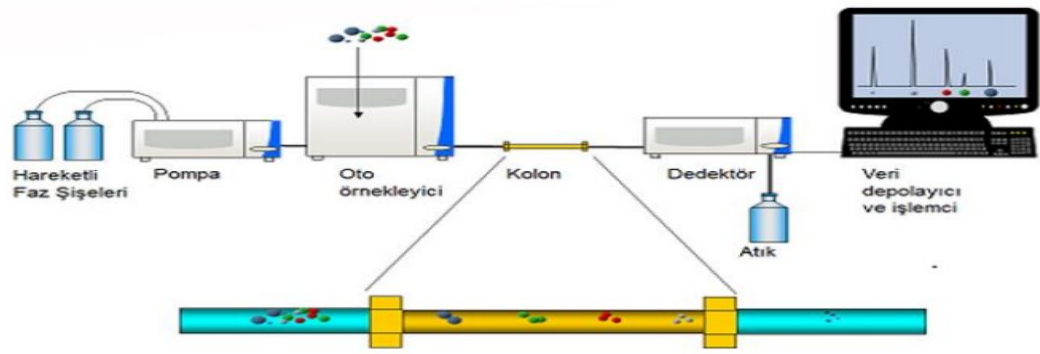
Kromatografik teknikler içinde polifenollerin tayini için en yaygın olarak kullanılan teknik ise yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC)'dir (Yıldız ve Genç, 1993). HPLC tekniğinin, 1970'lerde siyah ve yeşil çay bileşenlerini analiz etmekte çaydaki fenolik bileşiklerin ayrımlarını iyi şekilde sağladığı görülmüştür (Hoefler ve Coggon, 1976). 1980'lerin sonundan itibaren geliştirilen HPLC analizi (Opie, Robertson ve Clifford, 1990), çay polifenollerini ile pigmentlerinin etkin şekilde ayrılmasını ve tanımlanmasını sağlamaktadır (Yao ve Nursten, 1998). Yapılan çalışmalar, HPLC analiz sisteminin çay çeşitlerinde bulunan kateşinler, kafein ve gallik asitler gibi çayın içeriğinde yer alan maddeleri belirlemek amacıyla kullanılabilirliğini göstermiştir (Wang ve Helliwell, 2001; Zuo, Chen ve Deng, 2002).

HPLC, bir karışımın içindeki kimyasal maddenin miktarının tespitinde kullanılır. Karışımın incelenebilmesi için su ya da alkol gibi bir sıvının içinde çözünmüş olması gerekir. Sabit fazın türüne bakılmaksızın, hareketli faz olarak bir sıvının kullanıldığı tüm kromatografik tekniklere sıvı kromatografisi adı verilir (Fidancı, 2009; Ahi Evran Üniversitesi, 2015). Isıya karşı duyarlı ve büyük molekülü bileşiklerin ayrılmasında kullanılabilen HPLC sisteminin, klasik kolon kromatografisine kıyasla üstünlükleri; numunenin hazırlık işlemleri ile analiz süresinin kısa olması, milyarda bir kısım (1 ppb)'dan az konsantrasyondaki maddelerin dahi hassas ve tekrarlanabilir olarak tayin edilebilmesidir (Şenelt, 1987; Şener, Orbey ve Temizer, 1986).

HPLC yönteminde, içerisinde adsorban maddenin (sabit fazın) bulunduğu kolona, taşıyıcı sıvının pompa ile basılması suretiyle akış hızı arttırılmakta, karışımı oluşturan bileşiklerin ayrılması tam ve hızlı olarak sağlanmaktadır. Ayrılan bileşikler kolon çıkışına bağlanan uygun bir dedektör ile tespit edilerek kaydedilmektedir (Şenelt, 1987; Şener, Orbey ve Temizer, 1986).

## 2.6.2. HPLC Cihazının Bileşenleri

HPLC cihazının bölümleri, çalışılacak numune, cihaz marka ve modeline göre değişiklik gösterebilir de, HPLC cihazı genellikle 8 bölümden oluşur. Bu bölümler; mobil faz (çözücü) şişeleri, degasser (degazör), pompa, enjektör, kolon fırını, kolon, dedektör ve kaydedicidir (Eser ve Dinçel-Sepici, 2018). Şekil 2.7'de HPLC sisteminin bileşenleri görülmektedir (Mutlutürk ve Öz, 2020). Şekil 2.8'de HPLC cihazının dıştan görünümü, Şekil 2.9'da ve Şekil 2.10'da HPLC cihazının içten bölümlerinin görünümü yer almaktadır (Alkan vd., 2009-2011).



**Şekil 2.7: HPLC sisteminin bileşenleri**

**Kaynak:** Mutlutürk ve Öz, 2020



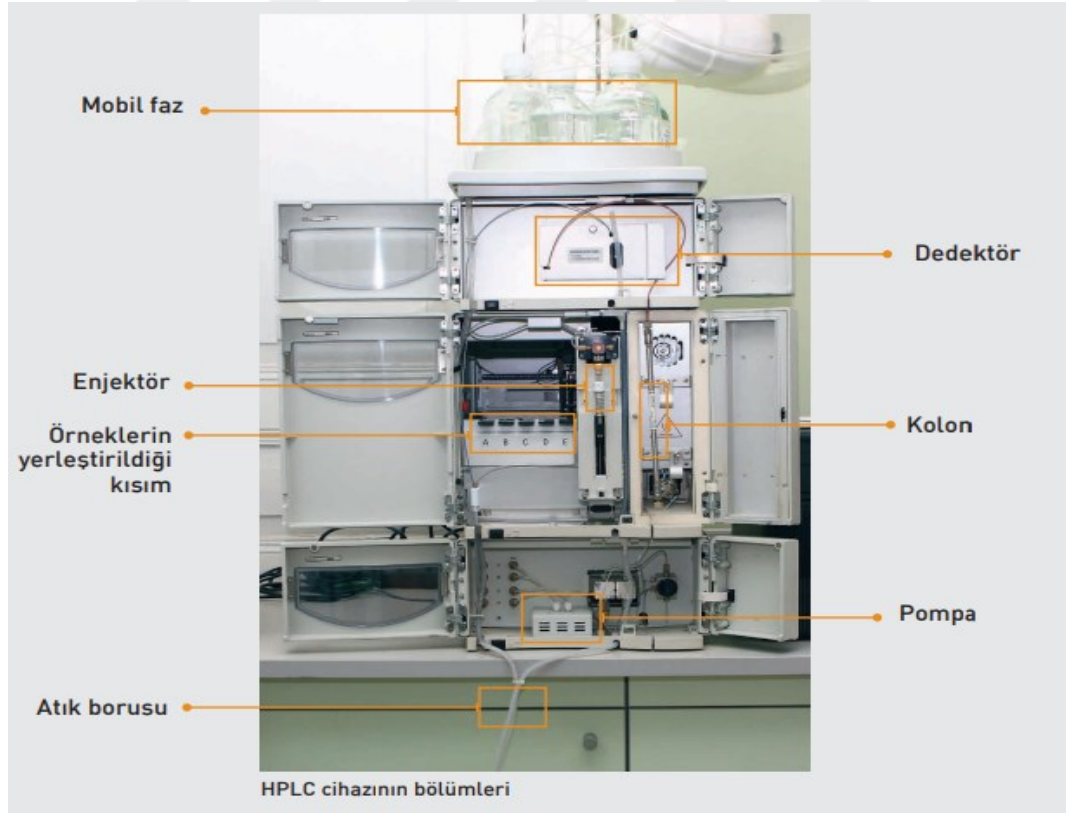
**Şekil 2.8: HPLC cihazının dıştan görünümü**

**Kaynak:** Alkan vd., 2009-2011



**Şekil 2.9: HPLC cihazını oluşturan birimlerin açık görünümü**

**Kaynak:** Alkan vd., 2009-2011



**Şekil 2.10: HPLC cihazının bölümleri**

**Kaynak:** Alkan vd., 2009-2011

### **2.6.2.1. Mobil faz (çözücü) şişeleri**

HPLC cihazında, genellikle bir veya daha fazla sayıda cam ya da paslanmaz çelik kaplar yer alır. Kapların içinde sulu tamponlardan hidrokarbonlara kadar farklı polaritede çözücüler bulunabildiğinden, kapların kalitesi önemlidir. Kolon veya numunelerin etkilenmemesi, hataların olmaması için kullanılan çözeltilerin saf olması gereklidir (Eser ve Dinçel-Sepici, 2018).

### **2.6.2.2. Degasser (Degazör)**

Mobil faz içerisinde bulunan eriyik gazların giderilmesi için kullanılan bir sistemdir. Tüm solventlerin gazının alınması önemlidir. Mobil fazda hava kabarcıklarının bulunması, pompa ve kolonda problemlere sebep olabilir. Örneğin; kolonda kabarcık oluşması, pik genişlemesine veya maddelerin kolondan çıkış zamanlarının kaymasına yol açabilir. Ortamdaki gaz; solventlerin ısıtılması, karıştırarak vakuma maruz bırakılması, ultra sonifikasyon veya solvent şişesine helyum gazı verilmesi gibi farklı şekillerde alınabilir. Teknolojinin gelişmesi ile beraber standart olarak cihazda bulunan bir modül haline gelmiştir (Eser ve Dinçel-Sepici, 2018).

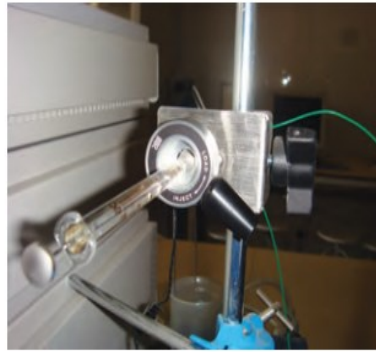
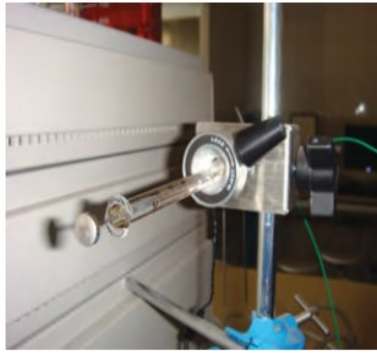
### **2.6.2.3. Pompa**

HPLC pompası, sıvı kromatografi sistemlerinin en önemli kısımlarından biridir. Sistemde; numune ile hareketli fazın enjektör, kolon ve dedektör boyunca sürekli sabit akışını sağlayan bölümdür. Pompanın görevi; sıvının, sistemin içinde dolaşımını sağlamaktır. Dakikada akan mL (mL /dak) cinsinden gösterilir (Eser ve Dinçel-Sepici, 2018). Pompa sisteminde bulunması gereken temel özellikler; yüksek basınç altında çalışabilme, basınç dalgalanmasının düşük olması, akış doğruluğu ve tekrarlanabilirliği, kendi üzerinden kumanda edilebilme olanağıdır. HPLC donanımında yer alan pompalama sistemleri, akış hızına (mikrobore, standart bore ve preparatif pompa sistemleri), pompanın yapımında kullanılan malzemeye (metalik, ametalik), pompanın mobil fazı iletme mekanizmasına (şırınga tipi, piston pompalar) ve tipine (izokratik/tek kanallı, binary/ikili, quaternary/gradyen 4 kanallı pompa sistemleri) göre değişik şekillerde sınıflandırılabilir. Burada, izokratik ve gradyen sistem pompaları öne çıkmaktadır. Çalışmalarda moleküllerin ayrımı ve metod geliştirmek için önemlidir. Bir deney sırasında pompa, değişmeyen sabit bir akış

sağlıyorsa bu sisteme izokratik sistem denir, basit ayrımlar için uygundur. Gradyan sistemde hareketli faz bileşimi zamanla değişim gösterir. Kompleks karışımların ayrımı için ve bilinmeyen karışımlarda metot geliştirmek için tercih edilir (Burtis ve Ashwood, 2007).

#### 2.6.2.4. Enjektör

HPLC sisteminin kısımlarından biri olan enjektör numunenin, sabit faz (kolon) öncesinde mobil faza enjekte edilmesi için kullanılır. Manuel (elle kumanda edilen) ve oto-enjektör (bilgisayar kumandalı) olmak üzere iki çeşidi vardır. Günümüzde, oto-enjektör ünitelerinde soğutma, ısıtma, seyreltme ve karıştırma gibi özellikler de bulunmaktadır (Eser ve Dinçel-Sepici, 2018). Şekil 2.11’de HPLC enjeksiyon bölmesi, Şekil 2.12’de manuel enjeksiyon bölümü ve enjektörleri görülmektedir (Ahi Evran Üniversitesi, 2015).



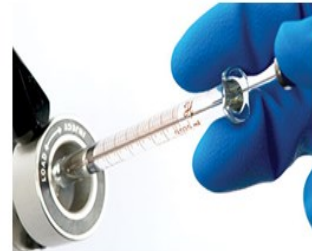
*HPLC cihazında bulunan enjeksiyon bölmesi*  
a) Yükleme pozisyonu  
b) Enjeksiyon pozisyonu

a

b

**Şekil 2.11: HPLC cihazı enjeksiyon bölmesi**

**Kaynak:** Ahi Evran Üniversitesi, 2015



**Şekil 2.12: HPLC cihazı manuel enjeksiyon bölümü ve enjektörleri**

**Kaynak:** Ahi Evran Üniversitesi, 2015

### 2.6.2.5. Kolon Fırını ve Kolon

Çalışma kalitesi açısından, kolonun tutulduğu ortam, sabit bir ısıda olmalıdır. Bu nedenle, HPLC cihazında yer alan kolon fırını önemlidir. Hava sirkülasyonlu ve blok ısıtıcılı olmak üzere iki çeşidi vardır (Eser ve Dinçel-Sepici, 2018). HPLC cihazının temel yapı taşlarından birisi kolondur. Sabit faz; numunenin bileşenlerinin birbirlerinden iyi çözünürlükle ayrımlarından sorumludur. Kolon iç yüzeyinde kullanılan malzemenin, fiziksel ve kimyasal özellikleri çok çeşitlidir. Bu sebeple, kullanılacak mobil fazın ve uygulanacak HPLC metodunun özellikleri ile analizi yapılacak numunenin fiziksel ve kimyasal özellikleri dikkate alınarak seçilmelidir. Genellikle kolonun iç çapı 2-5 mm aralığındadır. Kolon iç çapı arttıkça, akış hızı ile iç doldurma hacmi artar, ancak; oluşacak piklerin çözünürlüğü dolayısıyla duyarlılık azalır. Kolonların uzunluğu genellikle 30-300 mm aralığındadır. Kolon uzunluğu arttıkça, numune bileşenlerinin ayrımı daha iyi olur, fakat; analiz süresi uzadığı için, daha fazla mobil faz harcanmaktadır. Analizler için doğru kolon seçimini yapmak çok önemlidir. Kolon boyutları için uluslararası standartlar vardır. Kolon seçimi esnasında, kolon dolgu maddeleri ve özellikleri, partikül boyutu ve şekli, por çapı, fonksiyonel grupların bağlanma şekilleri, karbon yükü, endcapped özelliği, silika saflığı gibi bazı parametreler önemlidir (Eser ve Dinçel-Sepici, 2018). Şekil 2.13'te HPLC cihazı kolon örnekleri yer almaktadır.

HPLC'de kullanılan kolon ile mobil faz ve bunların etkileşimleri gibi bazı özellikler dikkate alınarak farklı ayırım teknikleri geliştirilmiştir. Bunlar arasında; normal faz (normal phase; np), ters faz (reverse phase; rp), ters faz iyon çifti (reverse phase ion pairing; ip), iyon değişim (ion exchange; ic), boyut eleme (size exclusion; sec (gpc/gfc)) ve kiral ayırım (chiral separation) teknikleri sayılabilir (Burtis ve Ashwood, 2007). Normal faz kromatografisinde durgun faz polar, hareketli faz apolar iken, ters faz kromatografisinde ise durgun faz apolar ve hareketli faz polar niteliktedir. Günümüzde yapılan HPLC çalışmaları daha çok ters fazla yapılmaktadır (Mutlutürk ve Öz, 2020).

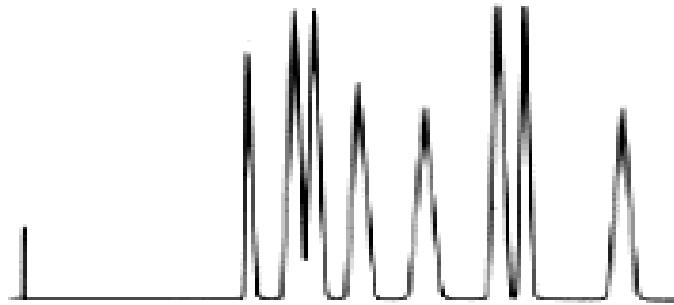


**Şekil 2.13: HPLC cihazı kolon örnekleri**

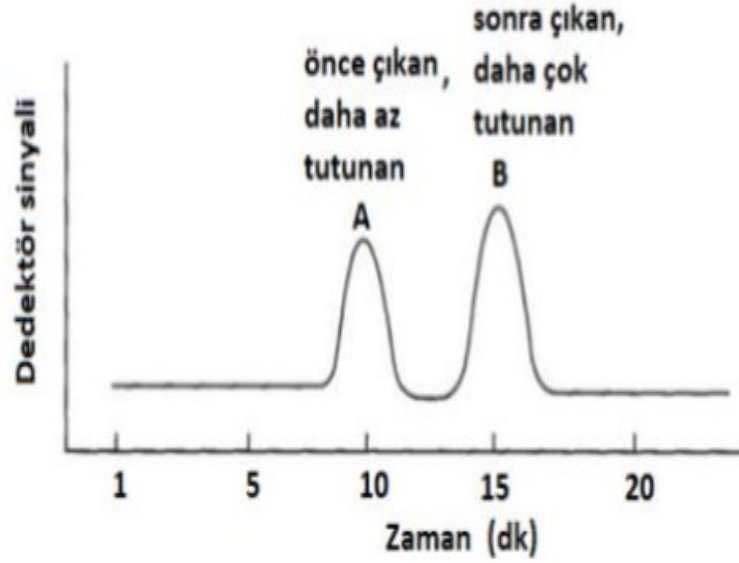
#### 2.6.2.6. Dedektör ve Kaydedici

Kolondan çıkan bileşenlerin birbirlerinden ayrılarak görülebilmelerini ve miktarlarının belirlenebilmesini sağlar. Ultraviyole/görünür bölge dedektörü (ultraviolet/visible dedector-uv/vis), fotodiyot array dedektörü (photodiode array dedector-dad), floresans dedektörü (fluorescence dedector-flid), iletkenlik dedektörü (conductivity dedector-cdd), refraktif indeks dedektörü (refractive index dedector-rid), elektrokimyasal dedektör (electrochemical dedector-ecd), kütle dedektörü (mass dedector-ms) gibi çeşitli dedektörler geliştirilmiştir. Yapılacak çalışmaya, analizinin yapılması istenen numunenin özelliklerine uygun bir dedektör seçilmelidir (Eser ve Dinçel-Sepici, 2018).

Dedektörden geçen maddeler bir kaydedici yardımıyla kaydedilerek, zamana karşı dedektör cevabına ait bir grafik oluştururlar ve buna da kromatogram denir (Şekil 2.14, Şekil 2.15) (Eser ve Dinçel-Sepici, 2018) (Mutlutürk ve Öz, 2020).



**Şekil 2.14: Kromatogram örneği**

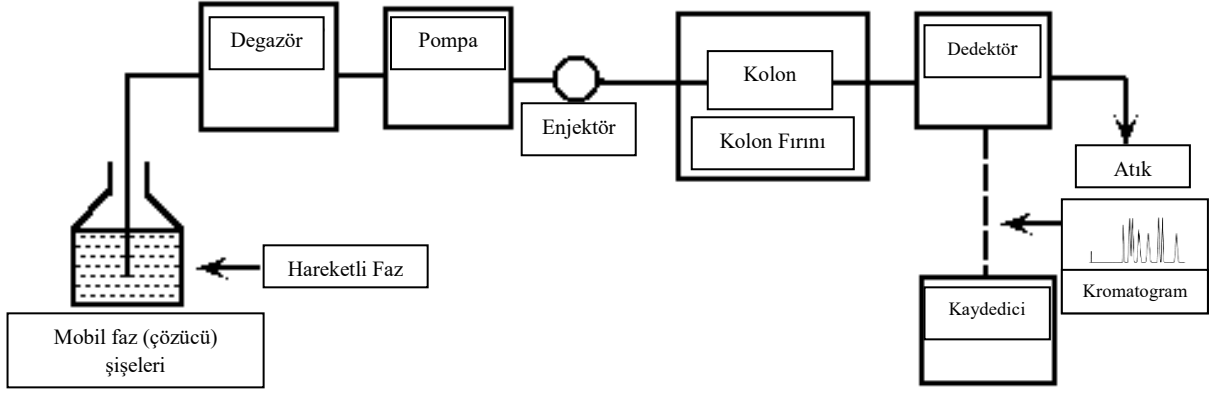


**Şekil 2.15: HPLC kolonundan ayrılan iki maddenin dedektör sinyallerinin kromatogramı**

**Kaynak:** Mutlutürk ve Öz, 2020

### **2.6.3. HPLC Cihazının Çalışma Basamakları**

- i. Test edilecek maddenin uygun bir çözücü ile çözünmesi gerçekleştirilir.
- ii. Çözünmüş numunedeki bileşenlerin ayrımı, sabit faz olarak nitelendirilen “kolon” bölümünde gerçekleşir. Çözünmüş numune kolona enjekte edilir. Kolon boyunca, numune ve hareketli (mobil) fazdan oluşan sıvının hareket etmesi amacıyla basınç uygulanır. Uygulanan basınç ile farklı bileşenler, kolonda farklı hızlarla ilerler, bileşenler çıkış bölgesine farklı zamanlarda ulaşırlar.
- iii. Bileşenlerin ayrılmasını takiben, miktarlarının tespit edilebilmesi için detektörlerden yararlanılır. Numunelerin özelliklerine göre; ultraviyole, floresans, kütle ve iletkenlik gibi farklı detektörler kullanılabilir.
- iv. Dedektörden alınan kromatogramlar, uygun bilgisayar programları vasıtasıyla kolaylıkla yorumlanabilir (Eser ve Dinçel-Sepici, 2018). Şekil 2.16’da HPLC cihazının şematik görünümü yer almaktadır.



**Şekil 2.16: HPLC cihazının şematik görünümü**

#### 2.6.4. HPLC Yönteminin Kullanım Alanları

HPLC yönteminin yaygın kullanım alanları vardır. HPLC yöntemi ile yapılan analizler aşağıda yer almaktadır (Eser ve Dinçel-Sepici, 2018) (Mutlutürk ve Öz, 2020).

- i. Gıda analizleri (antioksidanlar, aflatoksinler, suni tatlandırıcılar, gıda katkı maddeleri, hormon ve pestisit kalıntı analizleri, su analizleri),
- ii. Gıda ve çevre kirlenmeleri (pestisitler, herbisitler, fenoller, PCB'ler),
- iii. Biyokimyasal analizler (aminoasitler, proteinler, karbonhidratlar, lipitler, hormonlar, vitaminler, vanil mandelik asit, metanefrin, 5 hidroksi indol asetik asit, katekolaminler, ketosteroidler, porfirin, homosistein, HbA1c, safra asitleri, üre ekstraktları),
- iv. İlaç analizleri (antibiyotikler, sedatifler, steroidler, analjezikler, ilaç metabolitleri),
- v. Adli tıp, toksikoloji analizleri (uyuşturucu ilaçlar, narkotikler, zehirler),
- vi. Endüstriyel analizler (polimerler, boyalar, yüzey aktif maddeler, çok halkalı aromatikler, petro kimya uygulamaları).

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

Çalışmada, HPLC cihazı ile kateşin düzeyleri belirlenecek siyah çay, yeşil çay ve beyaz çay numuneleri materyal olarak kullanıldı. Bunun için, piyasada yüksek satış rakamlarına sahip olan firmanın farklı parti numaralı 3 siyah çay çeşidi, 3 yeşil çay çeşidi ve 3 beyaz çay çeşidi alınmıştır.

#### 3.2. Metot

Siyah, yeşil ve beyaz çay örneklerinde polifenol alt grubu olan kateşinlerin ((-)-epigallokateşingallat (EGCG), (-)-epikateşingallat (ECG), (-)-epikateşin (EC) ve (-)-epigallokateşin (EGC)) düzeylerinin tespit edilebilmesi amacıyla yüksek performanslı sıvı kromatografi (high performance liquid chromatography-HPLC) yöntemi kullanılmıştır.

##### 3.2.1. HPLC Analizi İçin Numune Hazırlanması

Siyah, yeşil ve beyaz çaylara ait numune örnekleri metanol ile hazırlanmıştır (Zuo, Chen ve Deng, 2002). Çay numunesinin hazırlanabilmesi için, sızdırmaz santrifüj tüpüne 2.00 g çay örneği tartılarak konuldu. Üzerine 20 ml %80'lik metanol ilave edildi. Oda sıcaklığında 100 rpm devir ile mekanik çalkalayıcıya koyuldu. Mekanik çalkalayıcıda oda sıcaklığında 12 saat süresince karışmaya bırakıldı. Sürenin bitiminde karışım, oda sıcaklığında 13000 rpm devir ile 30 dakika boyunca santrifüj edildi, sıvı ve katı fazlar ayrıldı. Sıvı kısım başka bir tüpe alındı.

##### 3.2.2. HPLC Yöntemi İle Analiz

Santrifüj sonucu elde edilen sıvı 0.45 mikrometrelik naylon membran filtreden süzüldü (Şekil 3.1). Filtre edilmiş kısım HPLC vialine (Şekil 3.2) alınıp cihazın otomatik örnekleyici sistemine analiz edilmek üzere yerleştirildi. HPLC cihazı ile siyah, yeşil ve beyaz çaylardaki (-)-epigallokateşingallat (EGCG), (-)-epikateşingallat (ECG), (-)-epikateşin (EC) ve (-)-epikateşingallat (ECG) düzeyleri tespit edildi. Elde edilen sonuçlar mg/g kuru ağırlık olarak ifade edildi.

HPLC sistemi ve konfigürasyonu aşağıdaki gibidir.

HPLC Sistemi: SHIMADZU LC-20AD HPLC

Kimyasallar: Sigma Aldrich

Kolon: Ascentis C18 kolonu (4,6 mm ID × 250 mm)

Kolon sıcaklığı: 40 °C

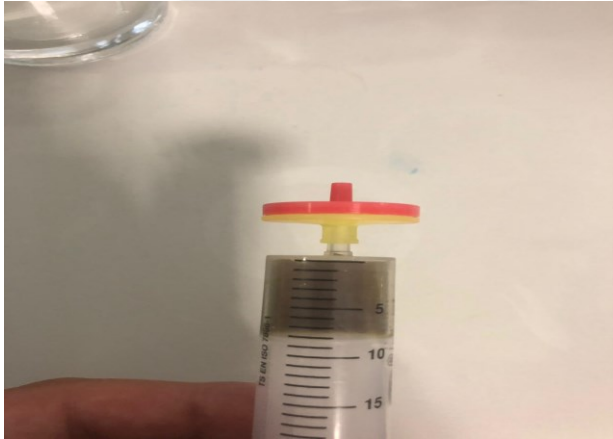
Mobil Faz: A Fazı: Su: Asetik Asit (97:3), B Fazı: Metanol

Akış hızı: 1 mL/dakika

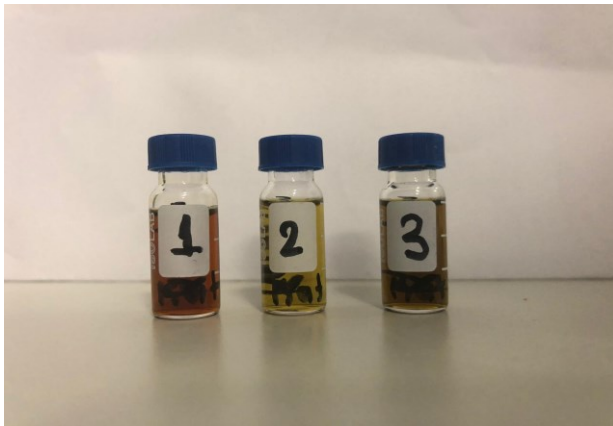
Dedektör: UV-Vis.

Dalga Boyu: 280 nm

Enjeksiyon hacmi: 10 µl



**Şekil 3.1: Naylon membran filtreden süzülen sıvı**

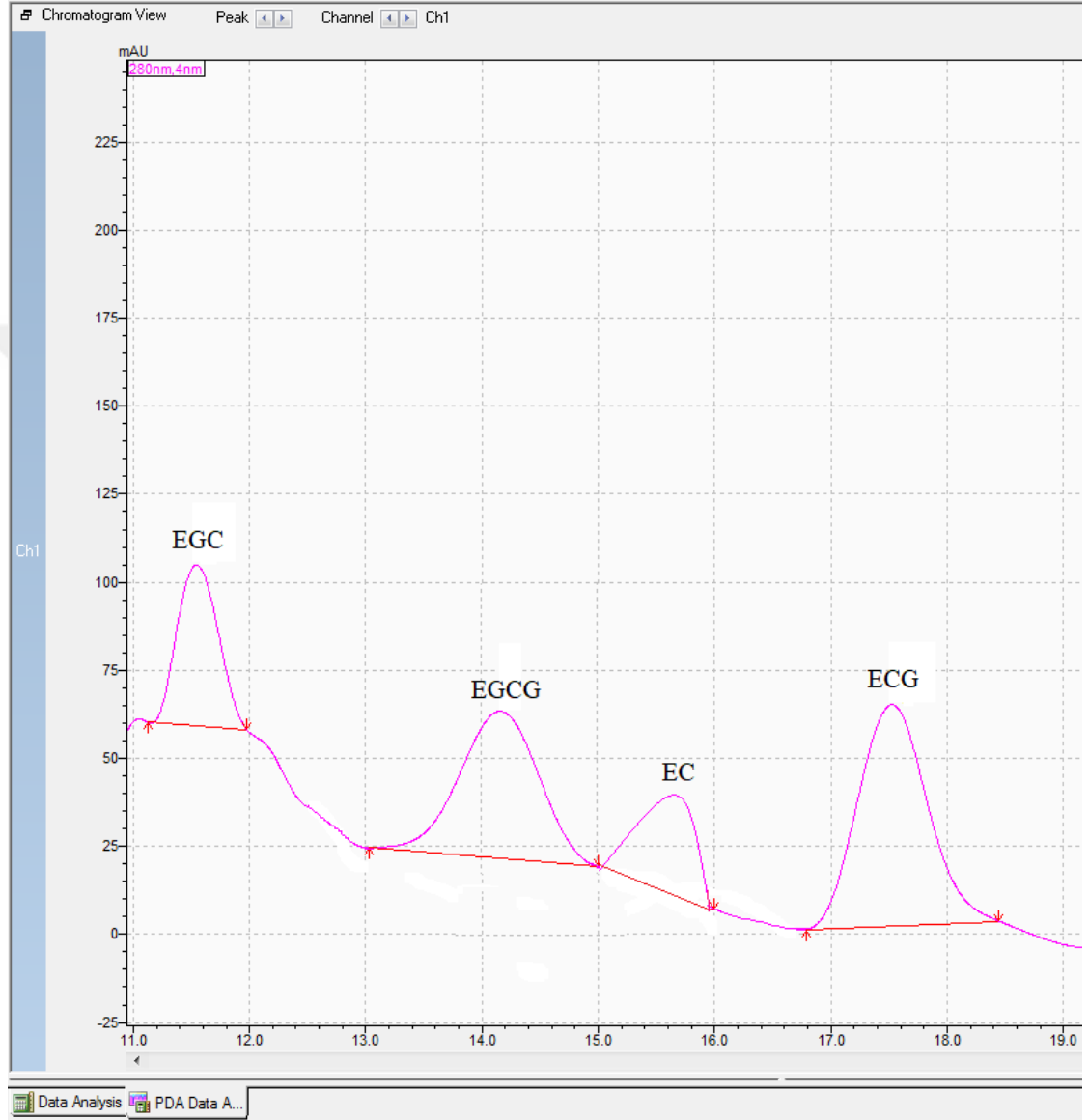


**Şekil 3.2: Filtre edilen sıvıların koyulduğu HPLC vialleri**

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### BULGULAR VE TARTIŞMA

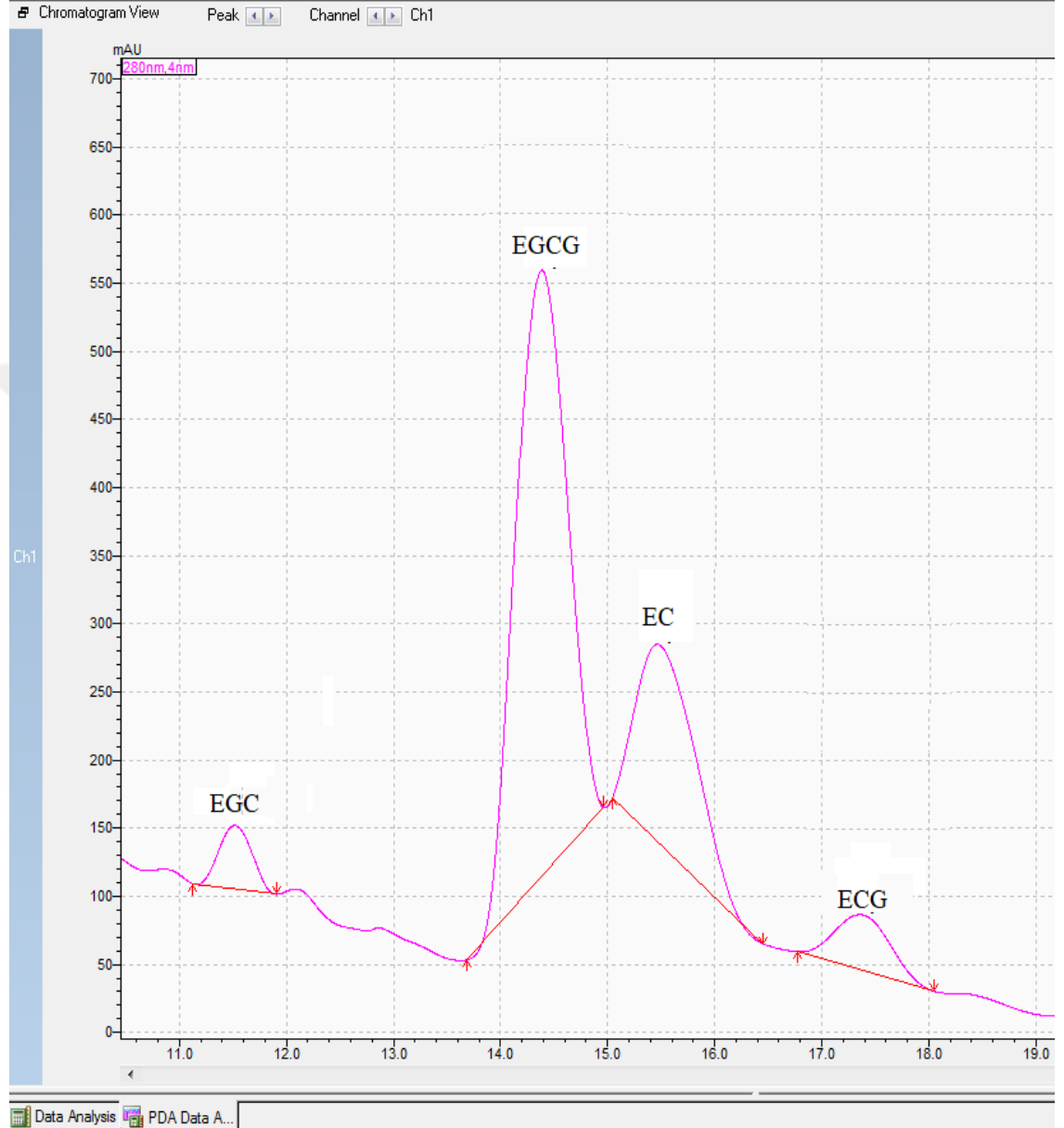
HPLC analizi ile cihazdan elde edilen standart grafik Şekil 4.1’de görülmektedir.



Şekil 4.1: Standart Grafik

(EGC: Epigallokateşin, EGCG: Epigallokateşingallat, EC: Epikateşin, ECG: Epikateşingallat)

HPLC analizi sonunda cihazdan elde edilen beyaz çay numunesine ait grafik Şekil 4.2’de görülmektedir.



Şekil 4.2: Beyaz çay numunesine ait grafik

(EGC: Epigallokateşin, EGCG: Epigallokateşingallat, EC: Epikateşin, ECG: Epikateşingallat)

Siyah, yeşil ve beyaz çay numunelerinin analizi ile elde edilen epigallokateşingallat (EGCG), epigallokateşin (EGC), epikateşin (EC) ve epikateşingallat (ECG) değerleri Tablo 4.1, Tablo 4.2 ve Tablo 4.3'te görülmektedir.

**Tablo 4.1: Siyah çay numunelerinin kateşin içerikleri (mg/g)**

Fenolik Bileşikler	Siyah Çay			
	1. numune (mg/g)	2. numune (mg/g)	3. numune (mg/g)	ortalama±ss (mg/g)
EGCG	5,46	5,18	5,35	5,33±0,14
EGC	3,34	3,16	3,25	3,25±0,09
EC	1,93	1,30	1,42	1,55±0,33
ECG	1,20	1,09	0,83	1,04±0,19
Toplam	11,93	10,73	10,85	11,17±0,66

**Tablo 4.2: Yeşil çay numunelerinin kateşin içerikleri (mg/g)**

Fenolik Bileşikler	Yeşil Çay			
	1. numune (mg/g)	2. numune (mg/g)	3. numune (mg/g)	ortalama±ss (mg/g)
EGCG	29,53	30,11	29,61	29,75±0,31
EGC	11,02	10,18	10,09	10,43±0,51
EC	6,74	7,16	7,12	7,00±0,23
ECG	5,22	5,34	5,37	5,31±0,07
Toplam	52,51	52,79	52,19	52,49±0,30

**Tablo 4.3: Beyaz çay numunelerinin kateşin içerikleri (mg/g)**

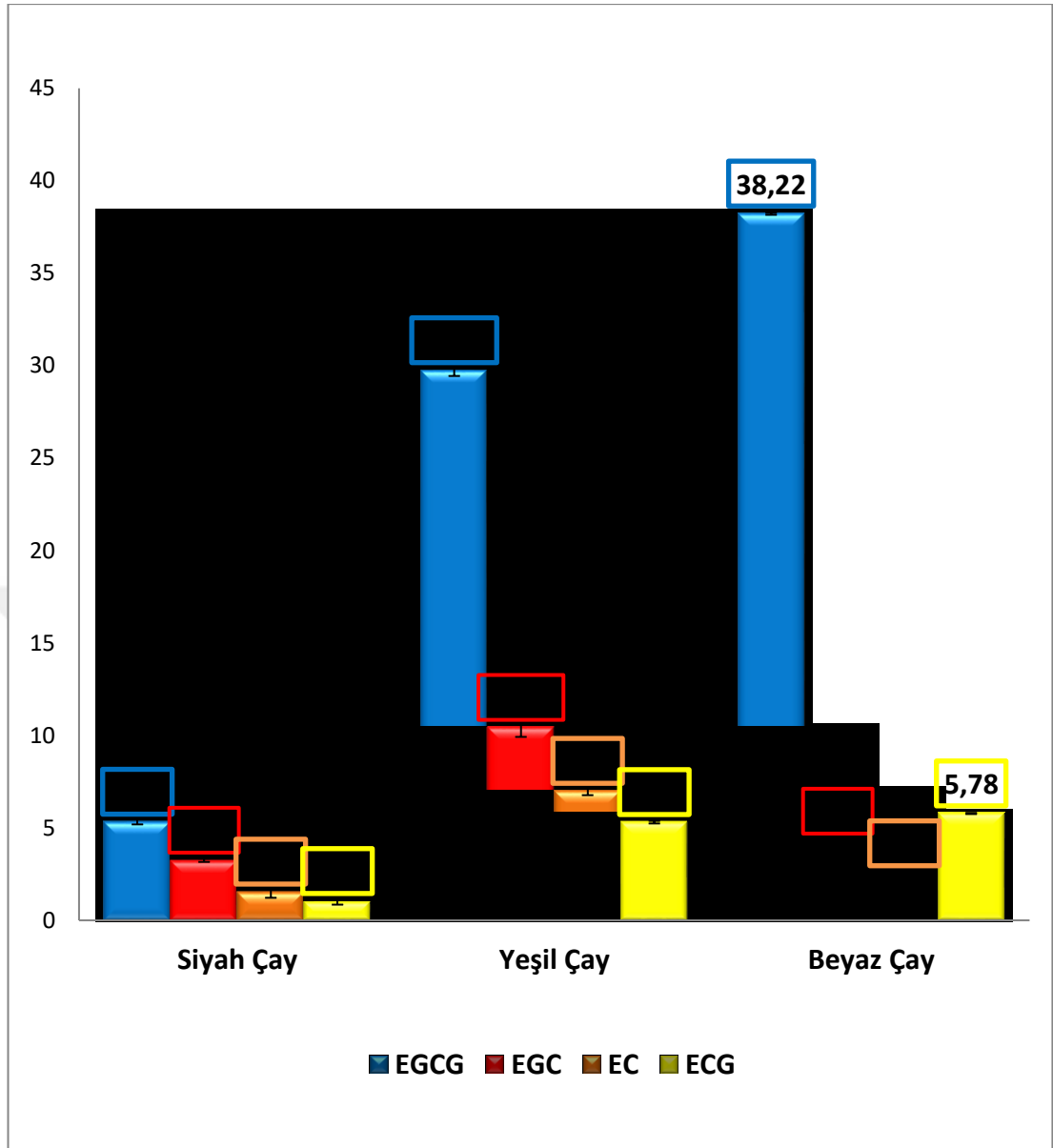
Fenolik Bileşikler	Beyaz Çay			
	1. numune (mg/g)	2. numune (mg/g)	3. numune (mg/g)	ortalama±ss (mg/g)
EGCG	38,29	38,17	38,20	38,22±0,06
EGC	4,38	4,21	4,25	4,28±0,08
EC	2,59	2,51	2,52	2,54±0,04
ECG	5,81	5,79	5,74	5,78±0,03
Toplam	51,07	50,68	50,71	50,82±0,21

#### 4.1. Siyah, Yeşil ve Beyaz Çaylardaki Kateşin Miktarlarının Değerlendirilmesi

Siyah çay numunesinde en fazla bulunan kateşin  $5,33\pm 0,14$  mg/g değeri ile epigallokateşingallattır. Epigallokateşingallatı sırasıyla  $3,25\pm 0,09$  mg/g değeri ile epigallokateşin takip etmektedir. Siyah çaydaki epikateşin değeri  $1,55\pm 0,33$  mg/g, epikateşingallat değeri ise  $1,04\pm 0,19$  mg/g'dır (Şekil 4.3) (Tablo 4.4). Benzer şekilde Henning vd. (2003) siyah çayda en fazla epigallokateşingallat ve epikateşingallatın bulunduğunu ifade etmektedir. Akbulut vd. (2020)'nin çalışmasında ise siyah çayda en fazla epikateşin tespit edilmiştir.

Yeşil çay numunesinde en fazla bulunan kateşin, siyah çay numunesinde olduğu gibi epigallokateşingallattır. Yeşil çay numunesindeki epigallokateşingallat değeri  $29,75\pm 0,31$  mg/g'dır. Yeşil çay numunesinde ikinci en fazla bulunan kateşin  $10,43\pm 0,51$  mg/g değeri ile epigallokateşindir. Yeşil çaydaki epikateşin  $7,00\pm 0,23$  mg/g ve epikateşingallat değeri  $5,31\pm 0,07$  mg/g'dır (Şekil 4.3) (Tablo 4.4). Bu çalışma ile benzer şekilde Yoshida vd. (1999) epigallokateşingallatın yeşil çayda en çok bulunan kateşin olduğunu belirtmektedir. Balcı ve Özdemir (2016), yeşil çayda sırasıyla epigallokateşingallat ve epigallokateşinin en fazla miktarda bulunan kateşinler olduğunu ifade etmektedir. Akbulut vd. (2020)'nin çalışmasında ise yeşil çayda en fazla bulunan kateşinin epigallokateşin olduğu söylenmektedir.

Beyaz çay numunesinde en fazla bulunan kateşin, siyah ve yeşil çay numunelerinde de olduğu gibi epigallokateşingallattır. Beyaz çay numunesinde bulunan epigallokateşingallat miktarı  $38,22\pm 0,06$  mg/g'dır. Ancak; epigallokateşingallatı miktar bakımından ikinci sırada izleyen kateşin türü, siyah ve yeşil çaydan farklı olarak, epikateşingallattır. Beyaz çaydaki epikateşingallat miktarı  $5,78\pm 0,03$  mg/g'dır. Beyaz çayda miktar bakımından üçüncü sırada yer alan kateşin türü  $4,28\pm 0,08$  mg/g ile epigallokateşin ve miktar bakımından dördüncü sırada yer alan kateşin türü ise  $2,54\pm 0,04$  mg/g ile epikateşin olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.3) (Tablo 4.4). Akbulut vd. (2020) bu çalışma ile benzer şekilde beyaz çayda en fazla epigallokateşingallat tespit etmiştir.



**Şekil 4.3: Siyah, yeşil ve beyaz çaydaki EGCG, EGC, EC ve ECG miktarlarının (mg/g) kıyaslanması**

**Tablo 4.4: Siyah, yeşil ve beyaz çay numunelerinin kateşin içerikleri (mg/g)**

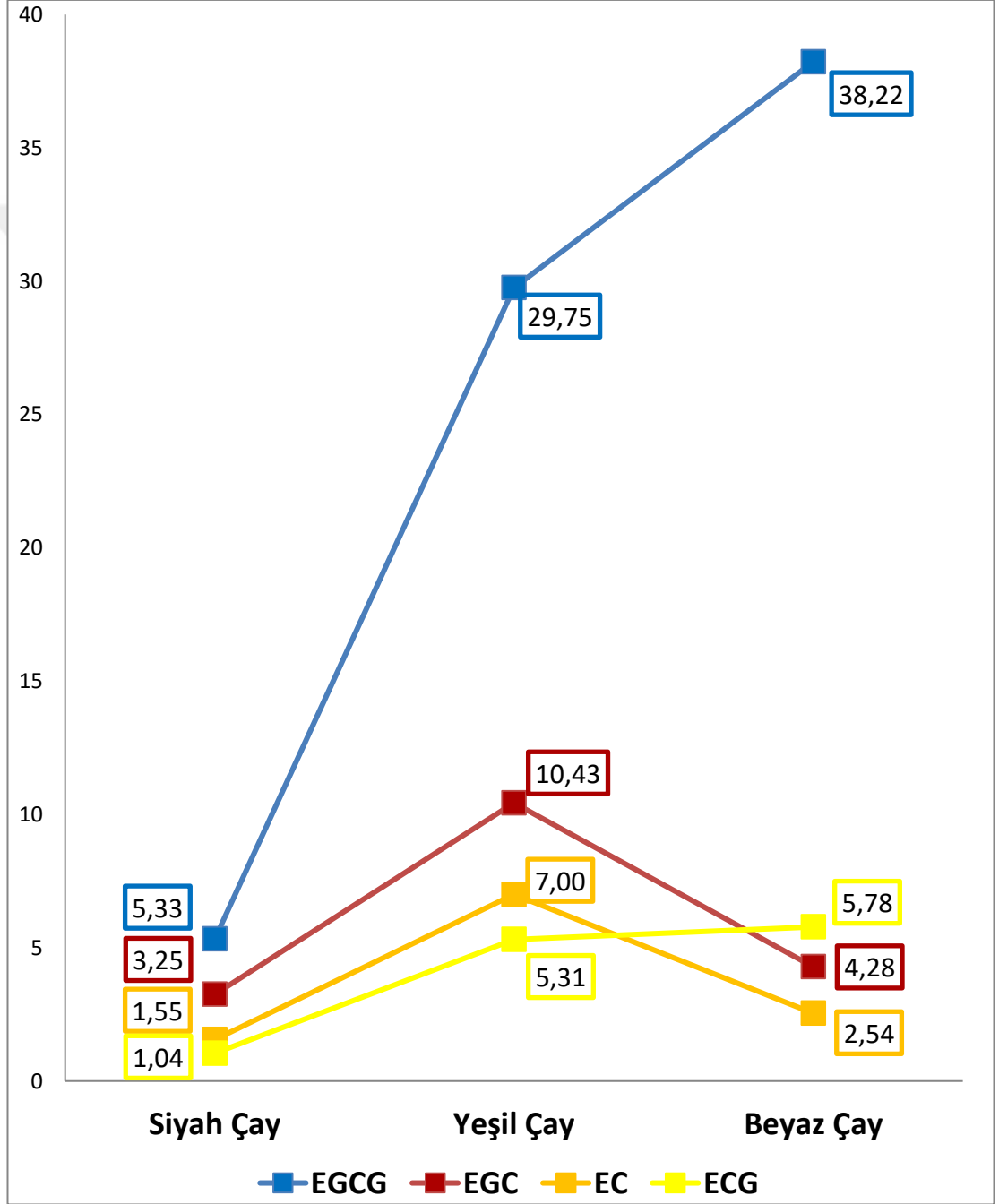
	Siyah Çay	Yeşil Çay	Beyaz Çay
Fenolik Bileşikler	ortalama±ss (mg/g)	ortalama±ss (mg/g)	ortalama±ss (mg/g)
EGCG	5,33±0,14	29,75±0,31	38,22±0,06
EGC	3,25±0,09	10,43±0,51	4,28±0,08
EC	1,55±0,33	7,00±0,23	2,54±0,04
ECG	1,04±0,19	5,31±0,07	5,78±0,03
Toplam	11,17±0,66	52,49±0,30	50,82±0,21

Siyah, yeşil ve beyaz çayın, kateşin değerleri bakımından kıyaslanmaları aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Tablo 4.4) (Şekil 4.4).

Siyah çay: EGCG>EGC>EC>ECG

Yeşil çay: EGCG>EGC>EC>ECG

Beyaz çay: EGCG>ECG>EGC>EC



Şekil 4.4: Siyah, yeşil ve beyaz çaydaki EGCG, EGC, EC ve ECG miktarlarının (mg/g) kıyaslanması

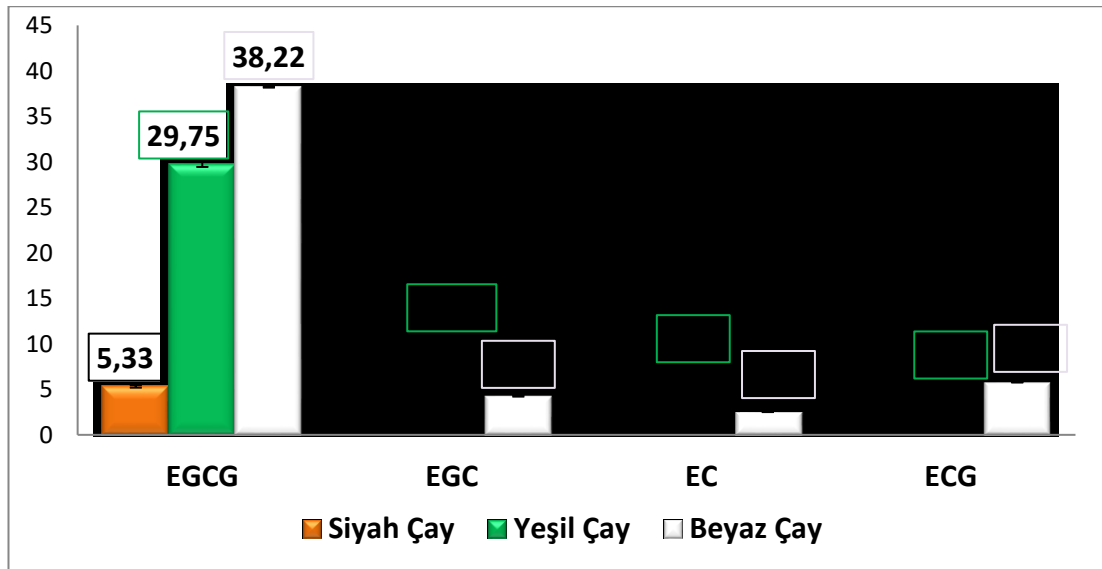
#### 4.2. Katesin Miktarlarının Siyah, Yeşil ve Beyaz Çaya Göre Kıyaslanması

Her bir katesin alt grubu, her üç çay çeşidine göre kendi içinde değerlendirildiğinde; epigallokateşingallat en fazla beyaz çayda ( $38,22 \pm 0,06$  mg/g), ikinci sırada yeşil çayda ( $29,75 \pm 0,31$  mg/g), üçüncü sırada siyah çayda ( $5,33 \pm 0,14$  mg/g) bulunmaktadır (Tablo 4.4) (Şekil 4.5). Bazı çalışmalar, bu çalışma ile benzer şekilde EGCG miktarını beyaz çayda fazla bulurken (Zhao vd., 2011; Unachukwu vd., 2010), Yi vd. (2015)'nin çalışmasında epigallokateşingallat miktarının en fazla yeşil çayda, yeşil çayı takiben de beyaz ve siyah çayda olduğunu ifade edilmektedir. En yüksek düzeyde epigallokateşingallatı yeşil çayda tespit eden çalışmalar vardır (Atalay ve Erge, 2017; Zuo vd., 2002; Zuo, Chen ve Deng, 2002; Del Rio vd., 2004).

Epigallokateşin en fazla yeşil çayda ( $10,43 \pm 0,51$  mg/g), ikinci sırada beyaz çayda ( $4,28 \pm 0,08$  mg/g), üçüncü sırada siyah çayda ( $3,25 \pm 0,09$  mg/g) bulunmaktadır (Tablo 4.4) (Şekil 4.5).

Epikateşin en fazla yeşil çayda ( $7,00 \pm 0,23$  mg/g), ikinci sırada beyaz çayda ( $2,54 \pm 0,04$  mg/g), üçüncü sırada siyah çayda ( $1,55 \pm 0,33$  mg/g) bulunmaktadır (Tablo 4.4) (Şekil 4.5).

Epikateşingallat en fazla beyaz çayda ( $5,78 \pm 0,03$  mg/g), ikinci sırada yeşil çayda ( $5,31 \pm 0,07$  mg/g), üçüncü sırada siyah çayda ( $1,04 \pm 0,19$  mg/g) bulunmaktadır (Tablo 4.4) (Şekil 4.5).



Şekil 4.5: EGCG, EGC, EC ve ECG miktarlarının (mg/g) siyah, yeşil ve beyaz çaydaki miktarlarının kıyaslanması

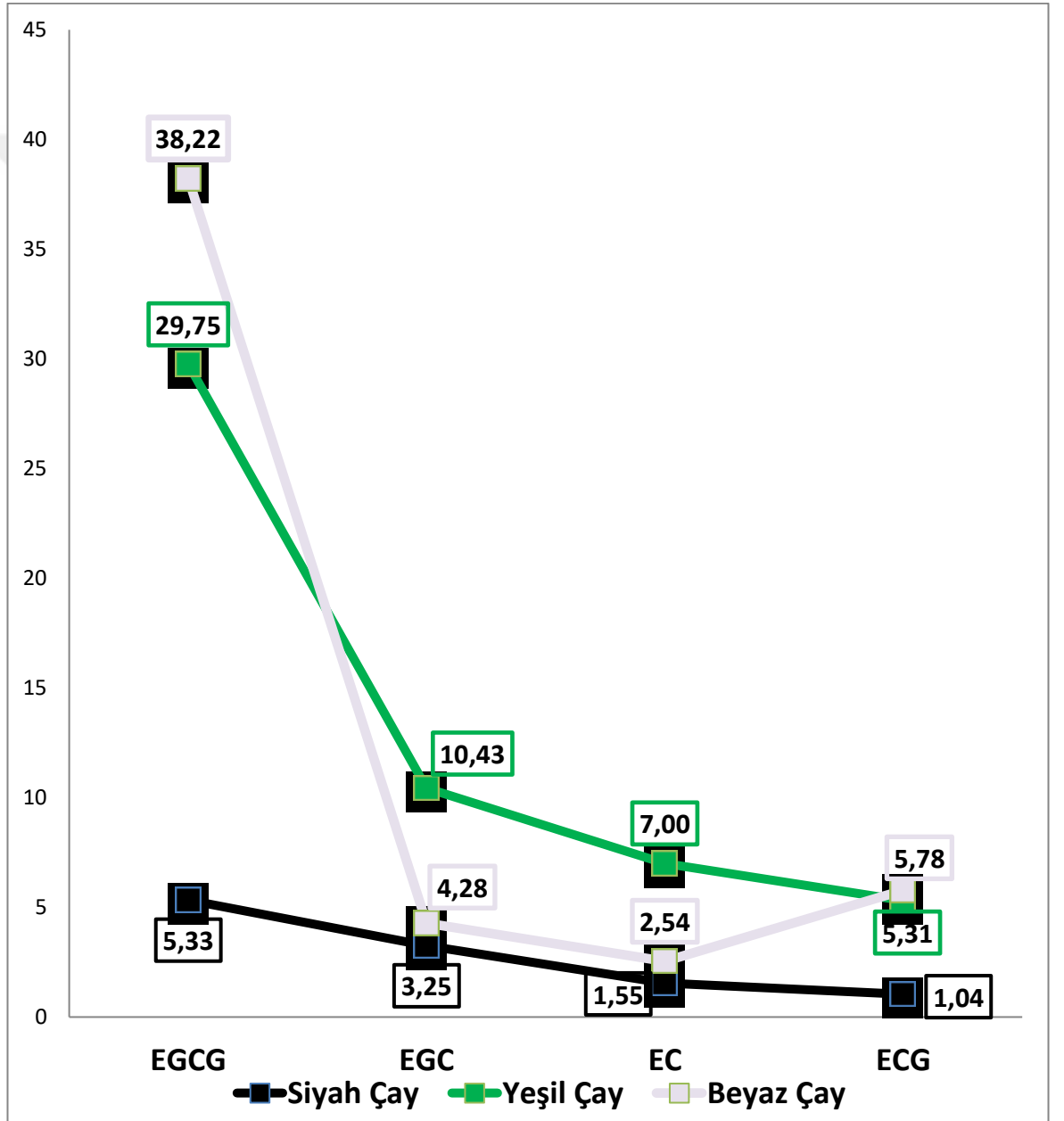
Kateşin değerlerinin çay çeşitlerine göre kıyaslanmaları aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Tablo 4.4) (şekil 4.6).

EGCG: Beyaz ay>Yeşil ay>Siyah ay

EGC: Yeşil ay>Beyaz ay>Siyah ay

EC: Yeşil ay>Beyaz ay>Siyah ay

ECG: Beyaz ay>Yeşil ay> Siyah ay



şekil 4.6: EGCG, EGC, EC ve ECG miktarlarının (mg/g) siyah, yeşil ve beyaz çaydaki miktarlarının kıyaslanması

### 4.3. Siyah, Yeşil ve Beyaz Çaydaki Toplam Kateşin Miktarlarının Kıyaslanması

Siyah, yeşil ve beyaz çaydaki toplam kateşin miktarları incelendiğinde; yeşil çayda  $52,49 \pm 0,30$  mg/g değeri ile en fazla kateşin miktarı olduğu tespit edilmiştir. Yeşil çayı çok az farkla ( $50,82 \pm 0,21$  mg/g) beyaz çay takip etmektedir. Siyah çayın ise çalışmada incelenen kateşinlerin toplam miktarı açısından  $11,17 \pm 0,66$  mg/g ile en düşük değere sahip olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.4) (Şekil 4.7). Toplam kateşin miktarlarındaki sıralama, çay çeşidinin belirlenmesini de sağlayan ana etken fermantasyon derecesi ile uyumludur.

Çay bitkisi ne kadar fazla fermantasyona uğrarsa, yapısındaki monomerik flavanoller olan kateşinler oligomerik flavanollere çevrilmekte ve çalışmada incelenen kateşin çeşitlerinde azalmaya neden olmaktadır. Fermantasyon derecesi ne kadar az olursa, çay bitkisi yapısındaki kateşinleri değişmeden muhafaza etmektedir (Tablo 4.4) (Şekil 4.7). Siyah çaydaki kateşinler, fermantasyon sırasında theaflavin ve thearubiginlere dönüştüğünden, yeşil ve beyaz çaydaki kateşin miktarları, siyah çaya kıyasla daha çoktur (Menet vd., 2004).

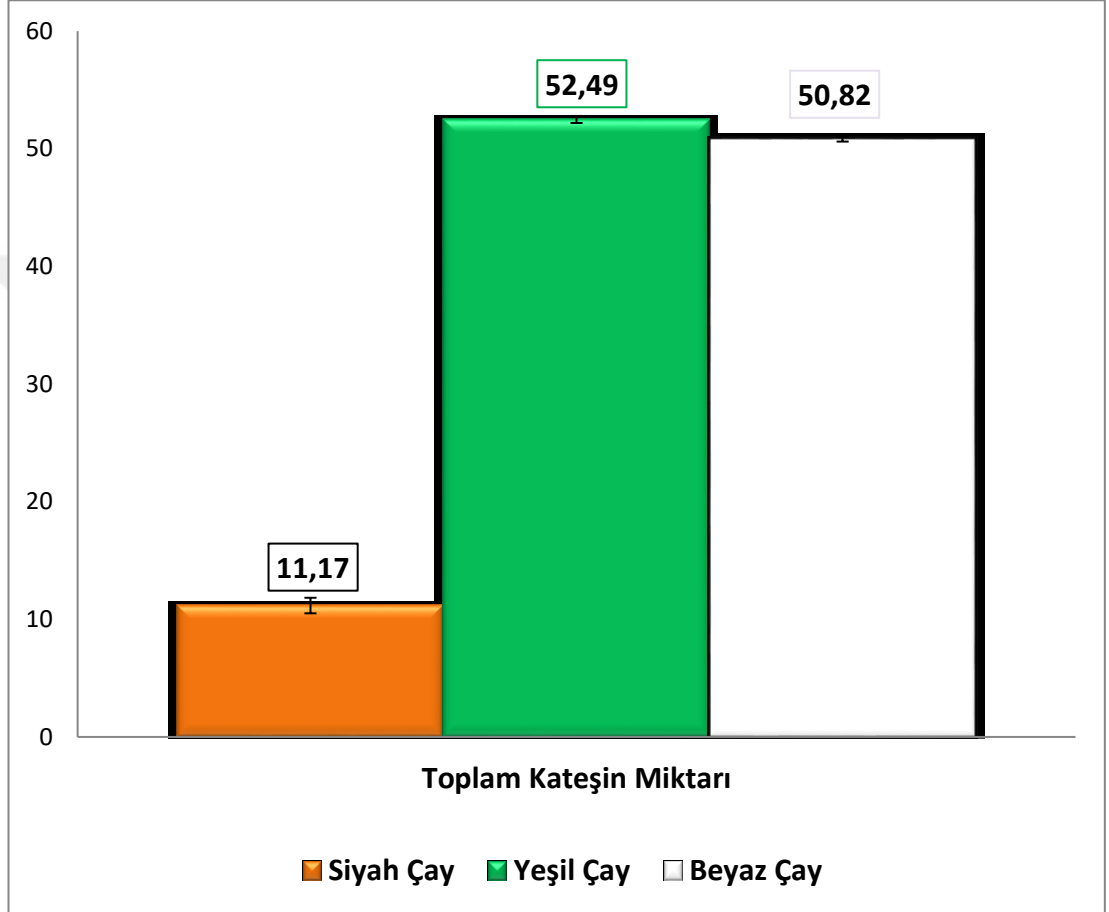
Akbulut vd (2020)'nin yaptığı çalışmada beyaz ve yeşil çayların kateşin içerikleri siyah çaya göre çok daha yüksek bulunmuştur. Yeşil ve beyaz çayın özellikle epigallokateşin ve epigallokateşingallat içerikleri siyah çaya göre oldukça yüksek tespit edilmiştir.

Zhao vd. (2011) ve Unachukwu vd. (2010) bu çalışmadaki gibi, toplam kateşin miktarını yeşil çayda beyaz çaya kıyasla daha fazla bulmuştur. Zuo vd. (2002) toplam kateşin miktarını yeşil çayda siyah çaya göre daha yüksek bulmuştur. Atalay ve Erge (2017) total fenolik maddeleri yeşil çayda en fazla, takiben beyaz çay ve en son sırada siyah çayda bulmuştur.

Hilal ve Engelhardt (2007), beyaz çayın yeşil çaya göre kateşin bileşikleri yönünden daha zengin olduğunu bildirmektedir.

Balentine, Wiseman ve Bouwens (1997)'in çalışmasında, siyah çayın kateşin içeriği yeşil çayla kıyaslandığında, siyah çaydaki kateşin miktarı polifenol oksidaz enzim aktivitesi sebebiyle siyah çayda yaklaşık %85 daha az bulunmuştur.

Zhang vd. (2011), toplam kateşin miktarı ve EGCG miktarı açısından çoktan aza doğru beyaz çay>yeşil çay>siyah çay şeklinde bulmuşlardır. Siyah çaydaki miktar, yeşil ve beyaz çaya oranla belirgin olarak daha düşüktür.



**Şekil 4.7: Siyah, yeşil ve beyaz çaydaki toplam kateşin miktarlarının kıyaslanması**

## BEŞİNCİ BÖLÜM

### SONUÇ

Çay, *Camellia sinensis* bitkisinin infüzyonu ile elde edilen, dünya çapında yoğun olarak tüketilen bir içecektir. Özellikle ülkemizde damak tadı tercihleri ve çayın ülke kültürünün bir parçası olması nedeniyle, çay sıkça tüketilmektedir. Literatürdeki farklı çay çeşitlerini içeren araştırmalar, çayın hastalıklardan koruyucu, sağlığı geliştirici etkilerinin olduğunu göstermektedir. Çayın antioksidan, antiaging, antikanserojen, antienfeksiyöz özelliklerinin olduğu, nörodejeneratif ve kardiyovasküler hastalıklardan koruyucu etkilerinin olduğu çalışmalarda ifade edilmektedir. Bu nedenlerle, fonksiyonel gıda olarak da kabul edilen çayın tüketilme sıklığı artmaktadır. Çayın içerdiği sağlığa faydalı bileşenlere merak gittikçe artmakta, tüketilen çay çeşidi tercihleri üzerine etki etmektedir.

Çay, polifenol ve antioksidan içerikleri bakımından zengin bir içecektir. Çayın sağlık üzerine olumlu etkilerinin oluşmasında, içerdiği polifenolik maddelerin, kateşinlerin etkileri yadsınamaz. Ürün alınan çay bitkisinin tipi, tarlada yetiştirilme şartları, yeşil çay yaprağının tarladaki hasatından, fabrikada çay üretim işlemlerinin üretilmek istenilen çay çeşidine uygun şekilde tamamlanması ve kuru çayın paketlenip depolanması işlemlerine kadar gerçekleştirilen sürece gösterilen özen, çayın sahip olduğu kateşin düzeyleri üzerine etkilidir. Özellikle, farklı üretim yöntemleri, farklı çay çeşitlerinde, farklı kateşin düzeyi profiline sebep olmaktadır. Çayın fermantasyon derecesi, içerdiği kateşin miktarları üzerine önemli derecede etkilidir. Bu nedenle, bu çalışmada, çay çeşidini belirleyen üretim yöntem farklılıklarının, farklı çay türlerindeki kateşin miktarlarını nasıl etkilediği üzerinde durulmuş, siyah, yeşil ve beyaz çaydaki kateşin miktarları incelenmiştir.

Bu çalışmada, diğer çalışmalarda da gösterildiği gibi sağlık faydaları açısından çok önemli olan epigallokateşingallat miktarı her üç çay çeşidinde de en fazladır. Fermantasyon derecesi arttıkça, çayın içerdiği kateşinlerde azalma olduğu görülmektedir. Siyah çay en fazla fermantasyon derecesine sahip olan çay olduğundan, kateşin çeşitlerinin düzeyleri açısından diğer çaylara kıyasla en az miktarlar ölçülmüştür. Bu nedenle her dört kateşin türünde de en az kateşin miktarı, tam fermantasyona uğrayan siyah çaydadır.

Beyaz çay her ne kadar en az işlenen çay olsa da, şoklayıcı biçimde enzim inaktivasyonu yapılmadığından, minimal de olsa fermantasyon gerçekleşebilmektedir. Bu nedenle beyaz çay, bazı kateşin bileşenleri açısından, yeşil çaya kıyasla daha az kateşin içermektedir. Ancak, siyah ve yeşil çaya kıyasla beyaz çayda özellikle sağlık faydaları açısından literatürde özellikle vurgulanan epigallokateşingallatin en fazla miktarda bulunması dikkat çekicidir.

Yeşil çay üretimi sırasında fermantasyon enzimlerinin etkisiz hale getirilmesi nedeniyle, yeşil çay hiç fermantasyona uğramamaktadır. Bu durum; flavanol monomerleri olan kateşinlerin, flavanol dimer ve polimerlerine çevrilememesi ile sonuçlanmaktadır. Total olarak çalışmada incelenen kateşinleri en fazla ihtiva eden çayın yeşil çay olduğu görülmektedir.

Siyah, yeşil ve beyaz çayların kateşin içerikleri genel olarak değerlendirildiğinde, kateşin içeriğinin beyaz ve yeşil çaylarda, siyah çaya kıyasla daha fazla olduğu bulunmuştur.

Çay bitkisi ne kadar fazla fermantasyona uğrarsa, yapısındaki kateşinler oligomerik flavanollere çevrilmekte ve çalışmada incelenen kateşin çeşitlerinde azalmaya neden olmaktadır. Fermantasyon derecesi ne kadar az olursa, çay bitkisi yapısındaki kateşinleri değişmeden muhafaza etmektedir. Yeşil çay ve beyaz çay fermente olmayan çay grubunda yer almaktadır. Ancak, yeşil çayın enzimleri ısı ile inaktive edilirken, beyaz çayın enzimleri ısı inaktivasyonuna maruz kalmamaktadır. Bu nedenle, beyaz çayda mikro düzeyde, minimal fermantasyon gerçekleşebilmektedir. Dolayısıyla, yeşil çaydaki toplam kateşin miktarı, en az muamele gören çay çeşidi olan beyaz çaya kıyasla bir miktar daha fazla tespit edilmiş olabilir.

Fonksiyonel gıda olarak nitelendirilen çayın, sadece damak tadı tercihleri ve kültürel özelliklerden dolayı değil, içerdiği kateşinlerin sağlığı geliştirici etkilere sahip olmasından dolayı da tüketimi önemlidir.

## KAYNAKÇA

- Ahi Evran Üniversitesi (2015). *Aletli analiz laboratuvarı*. Ahi Evran Üniversitesi. <https://akademik.ahievran.edu.tr/kullanicidosyalar/files/HPLC.pdf>
- Ahmed, S., Stepp, J. (2013). Green Tea: The Plants, Processing, Manufacturing and Production. *Tea in Health and Disease Prevention*, 19-31.
- Ahuja, I., Kissen, R., Bones, A.M. (2012) Phytoalexins in defense against pathogens. *Trends Plant Sci.*, 17: 73–90, doi:10.1016/j.tplants.2011.11.002
- Akbulut, A. , Kara, Ş.M., Özcan, A. (2020). Siyah, yeşil ve beyaz çayların kalite kriterleri, mineral içerikleri, antioksidan ve antimikrobiyal aktivite yönünden karşılaştırılması. *Akademik Ziraat Dergisi*, 9(2), 279-288. DOI: 10.29278/azd.720699
- Alkan, N., Çağırın, E., Ersan, H.Ö., Eruş, M. (2009-2011) *Restorasyon ve Konservasyon Laboratuvarları*, İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı Koruma Uygulama ve Denetim Genel Müdürlüğü (KUDEB) Şan Matbaası.
- Ananingsih, V.K., Sharma, A., Zhou, W. (2013). Green tea catechins during food processing and storage: A review on stability and detection. *Food Res. Int.*, 50, 469–479.
- Anhui Agricultural University (1979). *Tea manufacturing science*, 269-277. Beijing: Agriculture Press.
- Anonymus (1998-2021). *An overview of the basic processing methods for various green teas*. Available at [www.o-cha.com/green-tea-processing.htm](http://www.o-cha.com/green-tea-processing.htm) (Erişim tarihi: 28 Ağustos 2021)
- Anonymus (2001). *Identification and quantification of biochemical parameters in tea shoot and black tea responsible for quality*. China: Xiamen Emlimp. Co. Ltd.

- Atalay, D., Erge, H.S. (2017). Determination of some physical and chemical properties of white, green and black teas (*Camellia sinensis*). *GIDA*, 42(5), 494-504 doi: 10.15237/gida.GD17024
- Balçı, F., Özdemir, F. (2016) Influence of shooting period and extraction conditions on bioactive compounds in Turkish green tea. *Food Science and Technology*, 36, 737-743.
- Balentine D.A., Paetau-Robinson, I. (2000) *Tea as a source of dietary antioxidants with a potential role in prevention of chronic diseases*. In: Mazza G, Oomah BD, eds. *Herbs, Botanicals, & Teas*. Lancaster: Technomic Publishing Co., Inc.; 265–287.
- Balentine, D.A., Wiseman, S.A., Bouwens, L.C.M., (1997). The chemistry of tea flavonoids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37, 693-704.
- Barua, D.N. (1960). Soil fertility and illumination response of tea bushes. *Rep. Tecklai Experimental. Station*, 1959, 64-68.
- Beecher, G.R. (2003) Overview of dietary flavonoids: nomenclature, occurrence and intake. *J Nutr*, 133(10), 3248S–3254S.
- Bhatia, I.S. and Ullah, M.R. (1968) Polyphenols of tea. IV. Qualitative and quantitative study of the polyphenols of different organs of some cultivated varieties of tea plant. *J. Sci. Food Agric.*, 19, 535-542.
- Bonello, M., Gašić, U., Tešić, Ž., Attard, E. (2019). Production of stilbenes in callus cultures of the maltese indigenous grapevine variety, Gellewza. *Molecules*, 24, 2112.
- Bravo, L. (1998). Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutr. Rev.*, 56, 317-333, doi:10.1111/j.1753-4887.1998.tb01670.x
- Burtis, C.A., Ashwood, R.A. (2007). *Tietz klinik kimyada temel ilkeler*. (Prof. Dr. D. Aslan, Çev.) Ankara: Palme Yayıncılık.
- Cao, S.Y., Zhao, C.N., Gan, R.Y., Xu, X.Y., Wei, X.L., Corke, H., Atanasov, A.G., Li, H.B. (2019). Effects and Mechanisms of Tea and Its Bioactive

Compounds for the Prevention and Treatment of Cardiovascular Diseases: An Updated Review. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 8(6), 166. <https://doi.org/10.3390/antiox8060166>

Cabrera, C., Reyes, A., and Giménez, R. (2006). Beneficial effects of green tea-A review. *J Am College Nutr*, 25, 79–99.

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 cultivar. *Food Res. Int.*, 53, 900-908.

Chacón, M. R., Ceperuelo-Mallafre, V., Maymó-Masip, E., Mateo-Sanz, J. M., Arola, L., Guitiérrez, C., Fernandez-Real, J. M., Ardèvol, A., Simón, I., Vendrell, J. (2009). Grape-seed procyanidins modulate inflammation on human differentiated adipocytes in vitro. *Cytokine*, 47(2), 137-142. <https://doi.org/10.1016/j.cyto.2009.06.001>

Chen, C. (1986) *Tea processing*. 2nd ed., Beijing: China Agriculture Press.

Chen, Z. M., Lin, Z. (2015). Tea and human health: biomedical functions of tea active components and current issues. *Journal of Zhejiang University Science. B*, 16(2), 87–102. <https://doi.org/10.1631/jzus.B1500001>

Chen, Z.Y., Zhu, Q.Y., Tsang, D., Huang, Y. (2001). Degradation of green tea catechins in tea drinks. *J. Agric. Food Chem.* 49, 477–482.

Cloughley, J.B. (1980) The effect of fermentation temperature on the quality parameters and price evaluation of Central African black tea. *J. Sci. Food Agric.*, 31, 911-919.

Cooper, R. (2011). Green tea and theanine: health benefits. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 63, 90–97

Çalikoğlu, E., Bayrak, A. (2009). Çay işleme sırasında aroma maddelerindeki değişim. *Gıda* 34(2), 115-119.

Dai, J., Mumper, R.J. (2010) Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules* 15, 7313-7352.

- Damiani, E., Bacchetti, T., Padella, L., Tiano, L., Carloni, P. (2014) Antioxidant activity of different white teas: comparison of hot and cold tea infusions. *J. Food Compos. Anal.*, 33: 59–66.
- Del Rio D., Stewart A.J., Mullen, W., Burns J., Lean M.E.J., Brighenti F., Crozier A., (2004). HPLC-MSn analysis of phenolic compounds and purine alkaloids in green and black tea. *J. Agric. Food Chem.*, 52, 2807–2815.
- Devi, S. A., Chamoli, A. (2020). Polyphenols as an Effective Therapeutic Intervention Against Cognitive Decline During Normal and Pathological Brain Aging. *Advances in experimental medicine and biology*, 1260, 159–174. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-42667-5\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-42667-5_7)
- Ding, L., Gao, X., Hu, J., Yu, S. (2018). (-)Epigallocatechin-3-gallate attenuates anesthesia-induced memory deficit in young mice via modulation of nitric oxide expression. *Molecular medicine reports*, 18(6), 4813–4820. <https://doi.org/10.3892/mmr.2018.9548>
- Dunaway, S., Odin, R., Zhou, L., Ji, L., Zhang, Y., Kadekaro, A. L. (2018). Natural Antioxidants: Multiple Mechanisms to Protect Skin From Solar Radiation. *Frontiers in pharmacology*, 9, 392. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00392>
- Eden T. (1965) *Tea (Tropical agricultural series)* (2nd ed.). Bristol, Longmans, green and co. ltd. western printing services ltd.
- Elmets, C. A., Singh, D., Tubesing, K., Matsui, M., Katiyar, S., Mukhtar, H. (2001). Cutaneous photoprotection from ultraviolet injury by green tea polyphenols. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 44(3), 425–432. <https://doi.org/10.1067/mjd.2001.112919>
- Emekdaş G, Güngör S, Gün H, Kocabeyoğlu Ö. (1990). Kromatografik yöntemler. *Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 1, 108-118.
- Erturk, Y., Ercisli, S., Sengul, M., Eser, Z., Haznedar, A., Turan, M. (2010). Seasonal variation of total phenolic, antioxidant activity and minerals in fresh tea shoots (*Camellia sinensis* var. *sinensis*). *Pakistan journal of pharmaceutical sciences*, 23(1), 69–74.

- Eser, B., Sepici Dinçel, A. (2018). Kromatografiye Giriş, Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi Kullanımında Basit İpuçları. *Journal of Health Services and Education*, 2(2), 51-57. DOI: 10.26567/JOHSE.2018250150
- Fidanci, U.R. (2009). *Kromatografi*. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi. [http://80.251.40.59/veterinary.ankara.edu.tr/fidanci/Ders\\_Notlari/Biyoteknoloji/Kromatografi.html](http://80.251.40.59/veterinary.ankara.edu.tr/fidanci/Ders_Notlari/Biyoteknoloji/Kromatografi.html))
- Finger, A. (1994). In-vitro studies on the effect of polyphenol oxidase and peroxidase on the formation of polyphenolic black tea constituents. *J. Sci. Food Agric.*, 66, 293-305.
- Forrest, G. I., Bendall, D. S. (1969). The distribution of polyphenols in the tea plant (*Camellia sinensis* L.). *The Biochemical journal*, 113(5), 741-755. <https://doi.org/10.1042/bj1130741>
- Fraga, C.G., , Croft, K.D., , Kennedy, D.O., , Tomás-Barberán, F.A., (2019). The effects of polyphenols and other bioactives on human health. *Food & function*, 10(2), 514-528. <https://doi.org/10.1039/c8fo01997e>
- Gogoi, B.N. (1976) A review of research in shade in tea. *Two and a bud*. 23(2), 67-73.
- Graham H.N. (1992). Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry. *Preventive medicine*, 21(3), 334-350. [https://doi.org/10.1016/0091-7435\(92\)90041-f](https://doi.org/10.1016/0091-7435(92)90041-f)
- Gu, L., Kelm, M.A., Hammerstone, J.F., Beecher, G., Holden, J., Haytowitz, D., Gebhardt, S., Prior, R.L. (2004). Concentrations of proanthocyanidins in common foods and estimations of normal consumption. *The Journal of nutrition*, 134(3), 613-617. <https://doi.org/10.1093/jn/134.3.613>
- Gülçin, I., Bursal, E., Sehitoglu, M. H., Bilsel, M., Gören, A. C. (2010). Polyphenol contents and antioxidant activity of lyophilized aqueous extract of propolis from Erzurum, Turkey. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 48(8-9), 2227-2238. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.05.053>

- Gülçin İ. (2012). Antioxidant activity of food constituents: an overview. *Archives of toxicology*, 86(3), 345–391. <https://doi.org/10.1007/s00204-011-0774-2>
- GutiErrez-Grijalva, E. P., Ambriz-Pere, D. L., Leyva-Lopez, N., Castillo-Lopez, R. I., Heiedia, J. B. (2016). Review: dietary phenolic compounds, health benefits and bioaccessibility. *Archivos latinoamericanos de nutricion*, 66(2), 87–100.
- Gürses Ö.L. (1977), Gıda ve Enzim. *GIDA*, 2(3), 116-117.
- Hammerstone, J.F., Lazarus, S.A., Schmitz, H.H. (2000). Procyanidin content and variation in some commonly consumed foods. *The Journal of nutrition*, 130(8S Suppl), 2086S–92S. <https://doi.org/10.1093/jn/130.8.2086S>
- Hara Y., Luo S.L., Wickremasinghe R.L., Yamanishi T. (1995). Special issue on tea. *Food Rev. Int.* 11, 371-545.
- Harbowy M.E., Balentine D.A. (1997) Tea chemistry. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 16:415-480.
- Henning S.M., Fajardo-Lira C., Lee H.W., Youssefian A.A., Go V.L.W., Heber D. (2003). Catechin content of 18 teas and a green tea extract supplement correlates with the antioxidant capacity. *Nutrition and Cancer*, 45(2), 226-235.)
- Higdon, J., Drake, V., Higdon, J. (2013a). An evidence-based approach to phytochemicals and other dietary factors. Stuttgart: Thieme. Chapter 11. Flavonoids
- Higdon, J., Drake, V., Higdon, J. (2013b). An evidence-based approach to phytochemicals and other dietary factors. Stuttgart: Thieme. Chapter 7. Tea
- Hilal, Y., Engelhardt, U. (2007). Characterisation of white tea – Comparison to green and black tea. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 2, 414-421.
- Ho, C.T., Shahidi, F., Lin, J.K. (Eds.). (2008). *Tea and Tea Products: Chemistry and Health-Promoting Properties* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420008036>

- Hoeffler, A.C., Coggon, P. (1976). Reversed-phase high-performance liquid chromatography of tea constituents. *Journal of Chromatography*, 129, 460-463
- Hurrell, R.F., Reddy, M., Cook, J.D. (1999). Inhibition of non-haem iron absorption in man by polyphenolic-containing beverages. *The British journal of nutrition*, 81(4), 289–295.
- Hou, Z., Lambert, J. D., Chin, K. V., & Yang, C. S. (2004). Effects of tea polyphenols on signal transduction pathways related to cancer chemoprevention. *Mutation research*, 555(1-2), 3–19. <https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2004.06.040>
- Kaçar, B. (2010) *Çay-çay bitkisi, biyokimyası, gübrelenmesi, işleme teknolojisi*, Ankara: Nobel yayın.
- Kakutani, S., Watanabe, H., Murayama, N. (2019). Green Tea Intake and Risks for Dementia, Alzheimer's Disease, Mild Cognitive Impairment, and Cognitive Impairment: A Systematic Review. *Nutrients*, 11(5), 1165. <https://doi.org/10.3390/nu11051165>
- Katiyar, S.K., Mukhtar, H. (1997). Tea antioxidants in cancer chemoprevention. *Journal of cellular biochemistry. Supplement*, 27, 59–67.
- Khan, N., Afaq, F., Mukhtar, H. (2008). Cancer chemoprevention through dietary antioxidants: progress and promise. *Antioxidants & redox signaling*, 10(3), 475–510. <https://doi.org/10.1089/ars.2007.1740>
- Kharebava G.J., Nikolaishvili D.N. (1964). Quantitative changes of theaflavins and thearubigins in the tea fermentation process. *Bull. USSR Res. Inst. of Tea Ind.* 2(17), 29-34.
- Kim, Y.J., Park, M.Y., Chang, N., Kwon, O. (2015). Intake and major sources of dietary flavonoid in Korean adults: Korean National Health and Nutrition Examination Survey 2010-2012. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, 24(3), 456–463. <https://doi.org/10.6133/apjcn.2015.24.3.04>

- Kinez M. (1967). *Çay Ziraatı*. Tarım Bakanlığı Ziraat İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları D-110. İstanbul: Dizerkonca Matbaası.
- Kingdon Ward F. (1950). Does wild tea exist? *Nature* 165, 297-299.
- Kocadağlı, T., Ozdemir, K.S., Gökmen, V. (2012). Effects of infusion conditions and decaffeination on free amino acid profiles of green and black tea. *Food Research International*. 53, 720–725. 10.1016/j.foodres.2012.10.010.
- Kosińska, A., Andlauer, W. (2014) *Antioxidant Capacity of Tea: Effect of Processing and Storage*. In: Preedy, V., Ed., *Processing and Impact on Antioxidants in Beverages*, 109-120 (Chapter 12). Amsterdam: Elsevier.
- Ku, K.M., Choi, J.N., Kim, J., Kim, J.K., Yoo, L.G., Lee, S.J., Hong, Y.S., Lee, C.H. (2010). Metabolomics analysis reveals the compositional differences of shade grown tea (*Camellia sinensis* L.). *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(1), 418–426. <https://doi.org/10.1021/jf902929h>
- Lakenbrink, C., Lapczynski, S., Maiwald, B., Engelhardt, U.H. (2000). Flavonoids and other polyphenols in consumer brews of tea and other caffeinated beverages. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(7), 2848–2852. <https://doi.org/10.1021/jf9908042>
- Li, F., Wang, Y., Li, D., Chen, Y., Qiao, X., Fardous, R., Lewandowski, A., Liu, J., Chan, T.H., Dou, Q.P. (2018). Perspectives on the recent developments with green tea polyphenols in drug discovery. *Expert opinion on drug discovery*, 13(7), 643–660. <https://doi.org/10.1080/17460441.2018.1465923>
- Li, Y.M., Chan, H.Y., Huang, Y., Chen, Z.Y. (2007). Green tea catechins upregulate superoxide dismutase and catalase in fruit flies. *Molecular nutrition & food research*, 51(5), 546–554. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200600238>
- Liao, S., Kao, Y.H., Hiipakka, R.A. (2001). Green tea: biochemical and biological basis for health benefits. *Vitamins and hormones*, 62, 1–94. [https://doi.org/10.1016/s0083-6729\(01\)62001-6](https://doi.org/10.1016/s0083-6729(01)62001-6)
- Linn Y., Yuan I., Chen Y., Liang Y., Lin J. (1996). Composition of polyphenols in fresh tea leaves and associations of their oxygen-radical-absorbing capacity

- with antiproliferative actions in fibroblast cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 1387-1394.
- Lu, Y.U. (1995). *The classic of tea: Origins and rituals*, (trans. F.R. Carpenter). New York: Ecco Press.
- Mahanta P.K., Baruah H.K. (1992). Theaflavin pigment formation and polyphenol oxidase activity as criteria of fermentation in orthodox and CTC tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 860-863.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American journal of clinical nutrition*, 79(5), 727–747. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727>
- Mancini E., Beglinger C., Drewe J., Zanchi D., Lang U.E., Borgwardt S.(2017) Green tea effects on cognition, mood and human brain function: A systematic review. *Phytomedicine* 34, 26–37, doi:10.1016/j.phymed.2017.07.008
- Maurya, P.K., Rizvi, S.I. (2009). Protective role of tea catechins on erythrocytes subjected to oxidative stress during human aging. *Natural product research*, 23(12), 1072–1079. <https://doi.org/10.1080/14786410802267643>
- Meccariello, R., D'Angelo, S. (2021). Impact of Polyphenolic-Food on Longevity: An Elixir of Life. An Overview. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 10(4), 507. <https://doi.org/10.3390/antiox10040507>
- Menet M.C., Sang S., Yang C.S., Ho C.T., Rosen, R.T. (2004). Analysis of theaflavins and thearubigins from black tea extract to malditof mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(9), 2455-2461. doi: 10.1021/jf035427e
- Min T., Bartholomew B. (2007). *Theaceae*. Flora of China 12, 364-366. [www.eFloras.org](http://www.eFloras.org)
- Murugesh C.S., Subramanian R. (2014) Applications of Enzymes in Processing Green Tea Beverages: Impact on Antioxidants Chapter11. In book: Preedy V. Processing and impact on antioxidants in beverage. Academic Press.

- Mutlutürk E., Öz S. (2020) *Aletli analiz laboratuvarı*. Ankara: İksad Yayınevi.
- Nagalakshimi S. (2003) Tea: and appraisal of processin methods and products. Central Food Technological Research Institute. Mysore, India. Marcel Dekker, Inc. Pp.741-769
- Nakagawa M., Torii H. (1964) Studies on the flavonolsof tea. II. Variation in the flavanolic constituents during the development of tea leaves. *Agric. Biol. Chem.* 28, 497-504
- Nichols, J.A., Katiyar, S.K. (2010). Skin photoprotection by natural polyphenols: anti-inflammatory, antioxidant and DNA repair mechanisms. *Archives of dermatological research*, 302(2), 71–83. <https://doi.org/10.1007/s00403-009-1001-3>
- Opie S.C., Robertson A., Clifford M.N. (1990). Black tea thearubigins-their HPLC separation and preparation during in-vitro oxidation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 50, 547–561
- Owuor, P.O., Obanda, M., (2007). The use of green tea (*Camellia sinensis*) leaf flavan-3-ol composition in predicting plain black tea quality potential. *Food Chemistry*, 100, 873-884.
- Panche, A.N., Diwan, A.D., Chandra, S.R. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of nutritional science*, 5, e47. <https://doi.org/10.1017/jns.2016.41>
- Pandey, K.B., Rizvi, S.I. (2009a). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2(5), 270–278. <https://doi.org/10.4161/oxim.2.5.9498>
- Pandey K.B., Rizvi S.I. (2009b) Current understanding of dietary polyphenols and their role in health and disease. *Curr Nutr Food Sci* 5(4), 249-263
- Pejčić T., Tosti T., Džamić Z., Gašić U., Vuksanović A., Dolićanin Z., Tešić Ž. (2019). The Polyphenols as Potential Agents in Prevention and Therapy of Prostate Diseases. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 24(21), 3982. <https://doi.org/10.3390/molecules24213982>.

- Prasanth M.I., Sivamaruthi B.S., Chaiyasut C., Tencomnao T.A. (2019) Review of the Role of Green Tea (*Camellia sinensis*) in Antiphotaging, Stress Resistance, Neuroprotection, and Autophagy. *Nutrients*, 11, 474, doi:10.3390/nu11020474.
- Quero J., Mármol I., Cerrada E., Rodríguez-Yoldi M.J. (2020). Insight into the potential application of polyphenol-rich dietary intervention in degenerative disease management. *Food Funct.*, 11, 2805–2825.
- Rasines-Perea Z., Teissedre P. L. (2017). Grape Polyphenols' Effects in Human Cardiovascular Diseases and Diabetes. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 22(1), 68. <https://doi.org/10.3390/molecules22010068>
- Rizvi, S.I., Zaid, M.A., Anis, R., Mishra, N. (2005). Protective role of tea catechins against oxidation-induced damage of type 2 diabetic erythrocytes. *Clinical and experimental pharmacology & physiology*, 32(1-2), 70–75. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1681.2005.04160.x>
- Roberts E.A.H., Smith R.F. (1961) Spectrophotometric measurements of theaflavins and thearubigins in black tea liquors in assessments of quality in teas. *Analyst*, 86, 94-98.
- Roberts E.A.H., Smith R.F. (1963) The phenolic substances of manufactured tea. IX. The spectrophotometric evaluation of tea liquors. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 14, 689-693.
- Roh, E., Kim, J.E., Kwon, J.Y., Park, J.S., Bode, A.M., Dong, Z., Lee, K.W. (2017). Molecular mechanisms of green tea polyphenols with protective effects against skin photoaging. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(8), 1631–1637. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.1003365>
- Ruidavets J., Teissedre P., Ferrières J., Carando S., Bougard G., Cabanis J. (2000) Catechin in the Mediterranean diet: Vegetable, fruit or wine? *Atherosclerosis*, 153, 107–117.
- Ravichandran, R., Parthiban, R. (1998). Changes in enzyme activities (polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia lyase) with type of tea leaf and during

black tea manufacture and effect of enzyme supplementation of dhool on black tea quality. *Food Chemistry*, 62, 277-281.

Saijo R., Kuwabara Y. (1967). Volatile flavour of black tea. Part I. Formation of volatile components during black tea manufacture. *Agricultural Biological Chemistry*, 31(4), 389-396.

Saijo, R. (1980). Effects of shade treatment on biosynthesis of catechins in tea plant. *Plant and Cell Physiology*, 21(6), 989-998.

Salman S., Özdemir F. (2018). Beyaz Çay: Üretimi, Bileşimi ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Akademik Gıda*, 16(2), 218-223.

Sang S., Lambert J.D., Ho C.T., Yang C.S. (2011). The chemistry and biotransformation of tea constituents. *Pharmacological research*, 64(2), 87-99. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2011.02.007>

Sebastian, R.S., Wilkinson Enns, C., Goldman, J.D., Martin, C.L., Steinfeldt, L.C., Murayi, T., Moshfegh, A.J. (2015). A New Database Facilitates Characterization of Flavonoid Intake, Sources, and Positive Associations with Diet Quality among US Adults. *The Journal of nutrition*, 145(6), 1239–1248. <https://doi.org/10.3945/jn.115.213025>

Selvendran R.R., King N.R. (1976). Ultrastructural changes in tea leaves during orthodox black tea manufacture. *Annals of Applied Biology*, 83, 463-473.

Seyis, F., Yurteri, E., Özcan, A., Savsatli, Y. (2018). Organic tea production and tea breeding in Turkey: Challenges and possibilities. *Ekin Journal*, 4(1), 60-69.

Sharangi, A.B. (2009). Medicinal and therapeutic potentialities of tea (*Camellia sinensis* L.)- A review. *Food Research International*, 42(5-6), 529–535 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.01.007>

Shouyi, B. (1982). An outline history of China. Beijing: Foreign Languages Press.

Siddiqui, I.A., Afaq, F., Adhami, V.M., Ahmad, N., Mukhtar, H. (2004). Antioxidants of the beverage tea in promotion of human health. *Antioxidants & redox signaling*, 6(3), 571–582. <https://doi.org/10.1089/152308604773934323>

- Silva Pinto, M. (2013). Tea: A new perspective on health benefits. *Food Research International*, 53(2), 558-567
- Song, J.M., Seong, B.L. (2007). Tea catechins as a potential alternative anti-infectious agent. *Expert review of anti-infective therapy*, 5(3), 497–506. <https://doi.org/10.1586/14787210.5.3.497>
- Sonnad, N. (2018). Tea If By Sea, Cha If By Land: Why the World Only Has Two Words for Tea. Quartz, 11.01.2018. Erişim Tarihi: 15.06.2021. <https://qz.com/1176962/map-how-the-word-tea-spread-over-land-and-sea-to-conquer-the-world/>
- Sreerangachar, H.B. (1943). Studies on the 'fermentation' of Ceylon tea: 7. The prosthetic group of tea oxidase. *The Biochemical journal*, 37(6), 667-674. <https://doi.org/10.1042/bj0370667>
- Şenelt, S. (1987) Gıda kalite kontrolünde uygulanan başlıca kromatografik yöntemler. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 44(2), 191-201.
- Şener B., Orbey M.T., Temizer A. (1986). *Modern analiz yöntemleri*. p20-56. Ankara: Seldem Ofset Matbaası.
- Taban, S., Okay, Y., Kunter, B. (2001). Klon ve tohumdan üretilen çay bitkisinin genç ve yaşlı yapraklarının ekstrakt, polifenol, kül ve bazı mineral madde içerikleri. *Gıda*, 26(1), 49-53.
- Takeo, T. (1966). Tea leaf polyphenoloxidase. Part III. Studies of the changes of polyphenol oxidase during black tea manufacture. *Agricultural and Biological Chemistry*, 30(6), 529-535. <https://doi.org/10.1080/00021369.1966.10858642>
- Takeo, T., Baker J.E. (1973). Changes in multiple forms of polyphenol oxidase during maturation of tea leaves. *Phytochemistry*, 12, 21-24.
- Tekeli, S.T. (1976). *Çay yetiştirme-işletme-pazarlama*. Ankara: Dönüm yayınları. Ankara basım ve ciltevi.
- Tešić, Ž., Gašić, U., Milojković-Opsenica, D. (2018). *Polyphenolic Profile of the Fruits Grown in Serbia*. In book: In Advances in Plant. Phenolics: From

Chemistry to Human Health, 1st ed.; Jayaprakasha, G.K., Patil, B.S., Gattuso, G., Eds.; Chapter 3; Volume 1286, pp. 47–66. Washington, DC, USA: ACS Symposium Series; American Chemical Society. DOI:10.1021/bk-2018-1286.ch003

Tizard, I.R. (1984). *Immunology, an introduction*, 80-104. Holy-Saunders Japan, Saunders College Publishing.

Tirimanna, A.S. (1972). Starch gel electrophoresis of the peroxidase isozymes of the tea leaf. *Journal of chromatography*, 65(3), 587–588. [https://doi.org/10.1016/s0021-9673\(00\)85009-8](https://doi.org/10.1016/s0021-9673(00)85009-8)

Tsao, R. (2010) Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*, 2, 1231-1246, doi:10.3390/nu2121231

Ukers, W.H. (1935). *All about tea. Vol. I–II*. New York: Tea and Coffee Trade Journal Company.

Unachukwu, U.J., Ahmed, S., Kavalier, A., Lyles, J.T., Kennelly, E.J. (2010). White and green teas (*Camellia sinensis* var. *sinensis*): variation in phenolic, methylxanthine, and antioxidant profiles. *Journal of food science*, 75(6), C541–C548. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01705.x>

Venkataraniani, K.S. (1961) Shade for tea in relation to environment. USAPI Sci. Dept. Bull. 20:6-21

Wang, L.F., Kim, D.M., Lee, C.Y. (2000). Effects of heat processing and storage on flavanols and sensory qualities of green tea beverage. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(9), 4227–4232. <https://doi.org/10.1021/jf0003597>

Wang, H. F., Helliwell, K. (2001). Determination of flavonols in green and black tea leaves and green tea infusions by high-performance liquid chromatography. *Food Research International*, 34, 223–227.

Wickremasinghe, R.L., Roberts, G.R., Perera, B.P.M. (1967). Localisation of the polyphenol oxidase of the tea leaf. *Tea Quarterly*, 38, 309–10.

- Williamson, G. (2017) The role of polyphenols in modern nutrition. *Nutrition bulletin*, 42(3), 226–235. <https://doi.org/10.1111/nbu.12278>
- Williges, U. (2004) *Status of organic agriculture in Sri Lanka with special emphasis on tea (Camellia sinensis (L.) O. Kuntze) production systems*, Doctoral dissertation, Ph. D. dissertation, Justus-Liebig-University of Giessen, Germany, 119 p.
- Willson, K.C., Clifford, M.N. eds. (1992). *Tea: Cultivation to consumption*, p 482-485. London: Chapman & Hall.
- Yamanishi T., Kobayashi A., Sato H., Nakamura H., Osawa K., Uchida A., Mori S., Saijo R. (1966). Flavour of black tea. Part IV. Changes in flavour constituents during the manufacture of black tea. *Agric. Biol. Chem.*, 30(8), 784-792.
- Yang, C.S., Wang, H. (2016). Cancer Preventive Activities of Tea Catechins. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 21(12), 1679. <https://doi.org/10.3390/molecules21121679>
- Yao, L.H., Nursten, H.E. (1998). Reversed-phase HPLC with photodiode array detection of the oxidation products from (-)-ECG, (-)-EGCG and black tea liquor. *Journal of Food and Fermentation Industry*, 24, 11-16.
- Yıldırım Şahin, E. (2020) Doğu Karadeniz’de bir kolektif dayanışma çabası: Hopa çay kooperatifi. *Sosyoloji Araştırmaları Dergisi*, 23(2), 356-390. DOI: 10.18490/sosars.819036
- Yıldız A., Genç Ö. (1993). *Enstrümental Analiz*. p421-438. Ankara: Hacettepe Yayınları.
- Yıldız A, Genç Ö, Bektaş S. (1997). *Enstrümental Analiz Yöntemleri*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları.
- Yi, T., Zhu, L., Peng, W.L., He, X.C., Chen, H.L., Li, J., Yu, T., Liang, Z.T., Zhao, Z.Z., Chen, H.B. (2015). Comparison of ten major constituents in seven types of processed tea using HPLC-DAD-MS followed by principal

- component and hierarchical cluster analysis. *LWT-Food Sci Technol*, 62, 194-201.
- Yilmaz, Y., Toledo, R.T. (2004). Major flavonoids in grape seeds and skins: antioxidant capacity of catechin, epicatechin, and gallic acid. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(2), 255-260. <https://doi.org/10.1021/jf030117h>
- Yoshida, Y., Kiso, M., Goto, T. (1999). Efficiency of the extraction of catechins from green tea. *Food Chemistry*, 67, 429-433. doi:10.1016/S0308-8146(99)00148-X
- Yu, P., Yeo, A.S., Low, M.Y., Zhou, W. (2014). Identifying key non-volatile compounds in ready-to-drink green tea and their impact on taste profile. *Food chemistry*, 155, 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.046>
- Zamora-Ros, R., Knaze, V., Rothwell, J. A., Hémon, B., Moskal, A., Overvad, K., Tjønneland, A., Kyrø, C., Fagherazzi, G., Boutron-Ruault, M. C., Touillaud, M., Katzke, V., Kühn, T., Boeing, H., Förster, J., Trichopoulou, A., Valanou, E., Peppas, E., Palli, D., Agnoli, C., ... Scalbert, A. (2016). Dietary polyphenol intake in Europe: the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. *European journal of nutrition*, 55(4), 1359–1375. <https://doi.org/10.1007/s00394-015-0950-x>
- Zhang, L., Li, N., Ma, Z.Z., Tu, P.F., (2011). Comparison of the chemical constituents of aged pu-erh tea, ripened pu-erh tea, and other teas using HPLC-DAD-ESI-MSn. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(16), 8754–8760. <https://doi.org/10.1021/jf2015733>
- Zhao, C., Li, C., Liu, S., Yang, L. (2014). The galloyl catechins contributing to main antioxidant capacity of tea made from *Camellia sinensis* in China. *The Scientific World Journal*, 2014, 863984. <https://doi.org/10.1155/2014/863984>
- Zhao, Y., Chen, P., Lin, L., Harnly, J. M., Yu, L.L., Li, Z. (2011). Tentative identification, quantitation, and principal component analysis of green pu-

erh, green, and white teas using UPLC/DAD/MS. *Food chemistry*, 126(3), 1269–1277. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.055>

Zihnioğlu A. (1960). *Çay ve iklimi*. İstanbul: Tekel Matbaası.

Zuo, Y., Chen, H., Deng, Y. (2002). Simultaneous determination of catechins, caffeine and gallic acids in green, Oolong, black and pu-erh teas using HPLC with a photodiode array detector. *Talanta*, 57(2), 307–316. [https://doi.org/10.1016/s0039-9140\(02\)00030-9](https://doi.org/10.1016/s0039-9140(02)00030-9)

