



**FARKLI ÜLKELERDE YETİŞTİRİLEN KAHVE  
ÇEKİRDEKLERİNİN ANTIOKSİDAN  
ÖZELLİKLERİNİN VE BİYOALINABİLİRLİKLERİNİN  
BELİRLENMESİ**

**İDRİSS AMİT AROUFAİ**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI ÜLKELERDE YETİŞTİRİLEN KAHVE ÇEKİRDEKLERİNİN  
ANTIOKSİDAN ÖZELLİKLERİNİN VE BİYOALINABİLİRLİKLERİNİN  
BELİRLENMESİ**

**İDRİSS AMİT AROUFAİ**

ORCID NO: 0000-0001-7011-0203

Doç. Dr. Yasemin ŞAHAN

ORCID NO: 0000-0003-3457-151X

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2020  
Her Hakkı Saklıdır

## TEZ ONAYI

İdriss Amit Aroufai tarafından hazırlanan “Farklı ülkelerde yetiştirilen kahve çekirdeklerinin antioksidan özelliklerinin ve biyoalınabilirliklerinin belirlenmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Doç. Dr. Yasemin ŞAHAN  
ORCID NO: 0000-0003-3457-251X

**Başkan:** Doç. Dr. Yasemin ŞAHAN  
ORCID NO: 0000-0003-3457-251X  
Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

**Üye** : Doç. Dr. Asuman CANSEV  
ORCID NO: 0000-0002-3353-846X  
Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,  
Bahçe Bitkileri Bölümü

İmza

**Üye** : Dr. Öğr. Üyesi Dilek DÜLGER ALTINER  
ORCID NO: 0000-0002-7043-2883  
Kocaeli Üniversitesi, Turizm Fakültesi,  
Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN  
Enstitü Müdürü

.....

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

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

23/01/2020

**İdriss Amit AROUFAİ**



## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### FARKLI ÜLKELERDE YETİŞTİRİLEN KAHVE ÇEKİRDEKLERİNİN ANTIOKSİDAN ÖZELLİKLERİNİN VE BİYOALINABİLİRLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

**İdriss Amit AROUFAİ**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. Yasemin ŞAHAN

Yüz yıllardır keyifle tüketilen kahve, farklı üretim ve tüketim ilişkilerini içeren son derece önemli bir tüketim maddesidir. Kahve küresel ölçekte petrolden sonra dünya ekonomi piyasalarının en değerli ticari malıdır. Kahve, *Rubiaceae* familyası ve *Cinchonoideae* alt familyasına ait önemli bir üründür. Kahve çekirdekleri, 80'den fazla türün bulunduğu *Coffea* L. bitkisinden üretilmektedir. Ancak, bu türlerden sadece ikisi dünya çapında ticari olarak önem taşımaktadır. Genel olarak, kahve çekirdeği ticaretinin %70'ini *Coffea arabica* (Arabika) ve %25'ini ise *Coffea canephora* (Robusta) cinsleri karşılamakta ve yetiştikleri iklim, kimyasal bileşimleri ve öğütülmüş-kavrulmuş tohumun demlenme karakteristikleri gibi birçok açıdan farklılık göstermektedirler. Kahve, yapısında bulunan biyoaktif bileşenler sayesinde kanser, tip II diyabet, parkinson hastalığı ve kardiyovasküler rahatsızlıklar gibi birçok hastalık üzerinde koruyucu etki gösterdiği bilinmektedir. Bu çalışmada, farklı ülkelerde yetiştirilmiş olan Arabika ve Robusto cinsi kahve çekirdeklerinin yeşil ve kavrulmuş olarak antioksidan özelliklerinin ve biyoalınabilirliklerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Antioksidan kapasitenin belirlenmesi amacıyla iki farklı ekstraksiyon yöntemi (ekstrakte ve hidrolize fraksiyon) ve 3 farklı antioksidan kapasite belirleme metodu (ABTS, CUPRAC, FRAP) kullanılmıştır. Toplam fenol içeriğinin belirlenmesinde Folin-Ciocalteu yöntemi uygulanmıştır. Ayrıca kahve çekirdeği örneklerinin biyoalınabilirliklerinin belirlenmesi için laboratuvar ortamında yapay bir mide-bağırsak sistemi oluşturularak *in-vitro* enzimatik ekstraksiyon metodu uygulanmıştır. Sonuç olarak kahve çekirdeği türleri arasındaki antioksidatif farklar belirlenirken, kahve çekirdeklerinin kavrulmasının etkileri de ortaya koyulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Kahve, *Coffea arabica* (Arabika), *Coffea canephora* (Robusta), toplam fenol, antioksidan kapasite, biyoalınabilirlik

**2020, viii + 55 sayfa.**

## ABSTRACT

MSc Thesis

### DETERMINATION OF ANTIOXIDANT PROPERTIES AND THEIR BIOACCESSIBILITIES OF COFFEE BEANS GROWN IN DIFFERENT COUNTRIES

**İdriss Amit AROUFAİ**

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

**Supervisor:** Assoc. Prof. Dr. Yasemin ŞAHAN

Coffee, which has been consumed as an enjoyable drink for centuries, is a very important consumption material that contains different production and consumption relations. After oil on a global scale, coffee is the most valuable commercial commodity of the world economic markets. Coffee is an important product of the Rubiaceae family and the Cinchonoideae subfamily. Coffee beans are produced from the *Coffea* L. plant with more than 80 species. However, only two of these species are commercially important worldwide. In general, 70% of the coffee bean trade is covered by *Coffea arabica* (Arabika) and 25% by *Coffea canephora* (Robusta). Coffee is known to have protective effects on many diseases such as cancer, type II diabetes, Parkinson's disease and cardiovascular disorders due to its bioactive components. In this study, it is aimed to determine the antioxidant properties and bioaccessibility of coffee beans of Arabika and Robusto varieties grown in different countries so that they are green and roasted. Also, the assays of total phenols and antioxidant capacity were prepared two different extraction (extractable and hydrolysable fraction) methods and total polyphenol content was analysed using Folin–Ciocalteu assay and antioxidant capacities were used 3 different (CUPRAC, ABTS, FRAP) methods. In addition, for the determination of bioaccessibility, coffee beans were processed by an in vitro digestive enzymatic extraction that mimics the conditions in the gastrointestinal tract. As a result, antioxidative differences between coffee bean varieties were determined and effects of roasting of coffee beans were revealed.

**Keywords:** Coffee, *Coffea arabica* (Arabika), *Coffea canephora* (Robusta), total phenol content, antioxidant capacity, bioaccessibility

**2020, viii + 55 pages.**

## TEŞEKKÜR

Bu sre, hayat boyu sren akademik ğrenmemde bir dnm noktasıdır. Bu alıŐma bana akademik disiplin ve azim alışkanlığını getirdi. Yaptığım bu tez çalışması, bahsedeeğim bazı insanların cesaretlendirilmesi ve desteklenmesi olmasaydı mümkün olamazdı.

Yüksek lisans eğitimim boyunca her zaman yanımda olan, zamanını ve çabasını bana harcayan ve eğiticiliğine hayran olduğum danışman hocam Doç. Dr. Yasemin ŞAHAN'a,

Ayrıca bana rahat bir çalıŐma ortamı sağladığı ve rehberliği için Prof. Dr. SAFAR'a

Blmmde görev yapan desteklerini gördüğüm bölüm ğretim üyelerine ve asistanlarına, tez aŐamamda yardımcı olan tüm arkadaŐlarıma ve özellikle analizler sırasında yardımlarını esirgemeyen Sinem YILMAZ'a

Kahvelerin teminini ve kavrulma iŐlemlerini gerçekleŐtiren Bayramefendi Osmanlı Kahvecisi'ne

Son olarak babam Amit İdriss'e, merhum annem Fatime'ye ve tüm kardeŐlerime bu akademik yoldaki destekleri için çok teşekkür ederim.

**İdriss Amit AROUFAİ**

**23/01/2020**

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vi
1.GİRİŞ .....	1
2.KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1.Dünyada kahve yetiştiriciliği ve ticareti .....	3
2.2.Kahve bitkisi, kimyasal yapısı ve sağlık üzerine etkileri .....	4
2.2.1.Kahve bitkisi .....	4
2.2.2.Kahvenin kimyasal özellikleri.....	5
2.2.3.Kahvenin sağlık üzerine etkileri.....	8
2.3. Kahvenin üretime işlenmesi.....	9
2.3.1.Hasat.....	10
2.3.2.Kabuk ayırma .....	10
2.3.3.Kavurma.....	12
2.3.4.Öğütme.....	13
2.4.Kahvenin antioksidan kapasitesi ile ilgili yapılmış çalışmalar .....	14
2.5.Antioksidan kapasite .....	20
2.6.Biyolojik aktivite .....	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	24
3.1. Materyal .....	24
3.2. Yöntem.....	25
3.2.1. Ekstraksiyon .....	25
3.2.2. Toplam fenol miktarının belirlenmesi.....	26
3.2.3. Antioksidan kapasitenin belirlenmesi .....	27
3.2.4. ABTS yöntemi .....	27
3.2.5. CUPRAC yöntemi.....	28
3.2.6. FRAP yöntemi.....	28
3.3. İstatistik Analiz .....	28
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	29
4.1. Toplam fenol içeriğinin belirlenmesi.....	29
4.2. Antioksidan kapasite sonuçları .....	32



4.2.1. ABTS yöntemi .....	32
4.2.2. CUPRAC yöntemi.....	35
4.2.3. FRAP yöntemi.....	38
4.3. Biyoalınabilirlik .....	40
5. SONUÇ .....	48
KAYNAKLAR .....	49
ÖZGEÇMİŞ .....	54



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

### Açıklama

%	Yüzde Değer
°C	Santigrat Derece
$\mu$ g	Mikrogram
$\mu$ L	Mikrolitre
$\mu$ mol	Mikromol
g	Gram
mg	Miligram
mL	Mililitre

### Kısaltmalar

### Açıklama

ABTS	Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite
CUPRAC	Bakır (II) indirgeyici antioksidan kapasite
LSD	Least Significant Difference (En küçük önemli fark)
Max	Maksimum
Min	Minimum
Dk	Dakika
Ort.	Ortalama
SD	Standart sapma

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 4.1. Ekstrakte edilebilir fraksiyonlar için kalibrasyon grafiği .....	29
Şekil 4.2. Hidrolize edilebilir fraksiyonlar için kalibrasyon grafiği .....	29
Şekil 4.3. Ekstrakte ve hidrolize edilebilir fraksiyonların ABTS yöntemine ait kalibrasyon grafiği .....	32
Şekil 4.4. Ekstrakte ve hidrolize edilebilir fraksiyonlar için CUPRAC yöntemine ait kalibrasyon grafiği .....	35
Şekil 4.5. Ekstrakte ve hidrolize edilebilir fraksiyonlar için FRAP yöntemine ait kalibrasyon grafiği .....	38
Şekil 4.6. Toplam fenol içeriğinin biyoalınabilirliğine ait kalibrasyon grafiği .....	41
Şekil 4.7. ABTS yönteminin biyoalınabilirliğine ait kalibrasyon grafiği .....	41
Şekil 4.8. CUPRAC yönteminin biyoalınabilirliğine ait kalibrasyon grafiği .....	41
Şekil 4.9. FRAP yönteminin biyoalınabilirliğine ait kalibrasyon grafiği .....	42
Şekil 4.10. Yeşil kahve çekirdeklerinin antioksidatif özelliklerinin % biyoalınabilirlikleri .....	45
Şekil 4.11. Kavrulmuş kahve çekirdeklerinin antioksidatif özelliklerinin % biyoalınabilirlikleri .....	45

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1. Yeşil ve kavrulmuş Arabika ve Robusta kahve çekirdeklerinin bileşimi .....	6
Çizelge 3.1. Kahve çekirdeklerinin çeşidi ve yetiştiği yerler.....	24
Çizelge 4.1. Yeşil ve kavrulmuş kahve çekirdeklerinin toplam fenol içeriği .....	30
Çizelge 4.2. Yeşil ve kavrulmuş kahve çekirdeklerinin ABTS yöntemine göre antioksidan kapasitesi .....	33
Çizelge 4.3. Yeşil ve kavrulmuş kahve çekirdeklerinin CUPRAC yöntemine göre antioksidan kapasitesi.....	36
Çizelge 4.4. Yeşil ve kavrulmuş kahve çekirdeklerinin FRAP yöntemine göre antioksidan kapasitesi .....	39
Çizelge 4.5. Yeşil kahve çekirdeklerinin antioksidan özelliklerinin biyoalınabilirlikleri	43
Çizelge 4.6. Kavrulmuş kahve çekirdeklerinin antioksidan özelliklerinin biyoalınabilirlikleri.....	44

## 1.GİRİŞ

Yüz yıllardır keyif verici bir içecek olarak tüketilen kahve farklı üretim ve tüketim tekniklerini içeren son derece önemli bir tüketim maddesi olup, dünyada petrolden sonra en değerli ticari maldır. Su ve çaydan sonra en fazla tüketilen içecek olan kahvenin, dünya yetişkin nüfusunun %80'i tarafından tüketildiği tahmin edilmektedir (Komes ve Busic, 2014a; Wang ve Ho, 2009). Uluslararası Kahve Organizasyonu (ICO)'na göre 2018 yılında dünyada yaklaşık olarak 100.290.000 çuval (60 kg) Arabica ve 70.271.000 çuval (60 kg) Robusto cinsi kahve ve toplamda 170.561.000 çuval (60 kg) kahve üretildiği belirtilmektedir (ICO, 2019).

Kahve, *Rubiaceae* familyası ve *Cinchonoideae* alt familyasına ait önemli bir üründür. *Coffea* L. bitkisinin çekirdeklerinden elde edilen kahvenin 80'den fazla türü bulunmakla birlikte bu türlerden sadece ikisi dünya çapında ticari olarak önem taşımaktadır. Genel olarak, kahve çekirdeği ticaretinin %70'ini *Coffea arabica* (Arabika) ve %25'ini ise *Coffea canephora* (Robusta) cinsleri karşılamakta ve yetiştikleri iklim, kimyasal bileşimleri ve öğütülmüş-kavrulmuş tohumun demlenme karakteristikleri gibi birçok açıdan farklılık göstermektedirler (Narita ve Inouye, 2015; Farah, 2012). *C. arabica* yüksek rakımlarda (600-2.000 m) iyi gelişirken; *C. canephora* 600 m'nin altındaki rakımlarda yetiştirilmektedir.

Kahve üretiminin Afrika ve Etiyopya'da başladığı düşünülmeyle birlikte, günümüzde daha çok Latin Amerika'da ve Afrika kıtasında yetiştirilmektedir. Ağacın normal boyu 8–10 metreyi bulabilse de üretim teknikleri nedeni ile genellikle 2 – 3 metreye kadar büyümesine izin verilmektedir. Kahve meyvesi, 1,5 cm büyüklüğünde yuvarlak ve başlangıçta yeşil renkli olup, olgunlaştıkça rengi kırmızıya dönüşmektedir. Kalın bir kabuğa sahip bu meyvenin içinde çekirdek bulunmaktadır. Kahvenin elde edildiği kısım bu çekirdektir. Bir meyve her zaman iki çekirdek taşımaktadır. Çekirdekler yeşil renklidir. Kahve olarak tüketilmeden önce kavrulmakta ve bu aşamada rengi değişmektedir. Arabika çeşidi kahvenin sahip olduğu duyu özellikleri bakımından Robusta'dan daha üstün olduğu uluslararası piyasada yüksek fiyatlara sahip olduğu

belirlenmektedir (Mussatto ve ark., 2011; Zuorro ve Lavecchia, 2012). Ayrıca Robusto cinsi kahve çekirdekleri daha acı bir tada ve %50 daha fazla kafeine sahiptir.

Kahve, yapısında bulunan biyoaktif bileşenler sayesinde kanser, tip II diyabet, Parkinson hastalığı ve kardiyovasküler rahatsızlıklar gibi birçok hastalık üzerine koruyucu etki gösterdiği bilinmektedir. Kahvenin sağlık üzerine olumlu etkileri genellikle klorojenik asitler ve kafein gibi antioksidan aktivite gösteren bileşenleriyle ilişkilendirilmektedir (Faustmann ve ark., 2009; Bhatti ve ark., 2013; Cano-Marquina ve ark., 2013; O'Keefe ve ark., 2013; Komes ve Belščak-Cvitanović, 2014a). Ayrıca kahve çekirdekleri, polifenoller açısından zengindir (Wang ve He, 2005). Kahvenin temel polifenoller arasında klorojenik asit, kafeik asit, kumarik asit, ferulik asit, nikotinic asit gibi fenolik asitler gelmektedir. Bununla birlikte kahve, epikateşinler, isoflavonlar ve prosiyanidinler gibi flavonoidlerin de potansiyel kaynakları arasındadır (Ramirez-Coronel ve ark., 2004; Alves ve ark., 2010; Mullen ve ark., 2013). Kafein, trigonellin ve diterpenler de yeşil kahvenin önemli biyoaktif bileşenleridir. Kavrulma esnasında meydana gelen ve klorojenik asitlerin yıkım ürünleri olan melanoidinler de biyolojik aktiviteye sahiptir (Rodrigues ve Bragagnolo, 2013; Coelho ve ark., 2014).

Bu çalışmada, farklı ülkelerde yetiştirilmiş Arabika ve Robusto türlerine sahip kahve çekirdeklerinin yeşil ve kavrulmuş olarak antioksidan özellikleri belirlenecektir. Ayrıca antioksidan özelliklerinin biyoalınabilirlikleri de in-vitro olarak saptanacaktır. Böylece kahve türleri arasındaki fark belirlenirken, kahve çekirdeklerinin kavrulmasının etkileri de ortaya koyulacaktır. Bunlara ilave olarak kahve türlerinin yetiştirildiği ülkelere göre antioksidan özellikleri saptanacaktır.

## **2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI**

Bu bölümde kahvenin tarihçesi, yetiştiriciliği, ticareti, kahve bitkisi, kahvenin kimyasal yapısı ve sağlık üzerine etkisi, kahvenin işlenmesi, kahve ile hazırlanan içecekler, farklı ülkelerde yetiştirilmiş Arabika ve Robusto türlerine sahip kahve çekirdeklerinin yeşil ve kavrulmuş olarak antioksidan belirlenmesi konusundaki önceki çalışmalar özetlenmektedir.

### **2.1. Dünyada Kahvenin Tarihçesi, Yetiştiriciliği ve Ticareti**

Kahvenin anavatanının Afrika kıtasında Etiyopya'nın güneyinde bulunan Kaffa bölgesi olduğu belirtilmektedir. Ortaçağın geç dönemlerinde kahve ağacı Arabistan'a getirilmiş ve kahve tarımı ilk kez burada geliştirilmiştir. Kahve, Arabistan bölgesinde bir içecek olarak yaygınlık kazandıktan sonra, Mekke'ye hacı olmak için gelen müslümanlar aracılığıyla Mısır, Hindistan, Endonezya ve Anadolu gibi bölgelere yayılmıştır (Duran, 2004).

Avrupa'nın kahve ile ilk tanışması Osmanlılar aracılığıyla olmuştur. Kahve ilk kez IV. Mehmet'in bir elçisi tarafından 1664'te Paris'e götürülmüştür. Venedikliler aynı dönemde deniz yoluyla kahveyi İstanbul'dan İtalya'ya, daha sonra da Marsilya ve İngiltere'ye kadar ulaştırmışlardır. Böylece kahve bütün Avrupa'ya yayılmış ve pek çok kentte kahve haneler açılmaya başlanmıştır. Kahve içeceğinin gördüğü ilgi karşısında Avrupa, kahve üretimi konusunda çeşitli girişimlerde bulunmaya başlamıştır. İlk olarak 1700 yılında Hollanda'da Amsterdam Botanik Bahçesi'ne Cava'dan gönderilen bir tek kahve fidanı dikilmiştir. Hollandalılar tarafından bu fidanın bir çubuğu Guyana'ya, diğer bir çubuğu da Fransız kralı XIV. Louis'ye hediye edilmiş ve oradan da Fransız Guyanası'na gönderilmiştir. Kahve buradan Güney Amerika'ya geçmiştir. 1789 Fransız Devrimi sonrasında Haiti yerlilerinden kaçan bölgedeki kahve üreticileri, kahve fidanlarıyla Brezilya'ya geçmişler ve burada kahve ekimini yaygınlaştırmışlardır. Daha sonra kahve ekimi Meksika, Guatemala, Kolombiya, Venezuela gibi Orta ve Güney Amerika ülkelerine yayılmış ve zamanla bu ülkelerin başlıca ürünü olmuştur. Günümüzde iyi kalite olarak tanımlanan kahve cinslerinin Guatemala kahvesi ile

Brezilya ve Cava kahvelerinin karışımı olduğu ifade edilmektedir (Duran, 2004). Dünya’da yaklaşık 25 milyon ailenin kahve tarımıyla ilgilendiği tahmin edilmektedir. 2018 yılında dünyada toplam kahve üretimi 170.561.000 çuval (60 kg) olurken, Brezilya 62.925.000 çuval (60 kg) ile en büyük üretici konumundadır. Brezilya’yı Vietnam, Kolombi’ya ve Endonezya’ya takip etmektedir (ICO, 2019). Kahvenin anavatanının Afrika kıtası olmasına rağmen, üretimdeki payı (18. 665.000 çuval) nedeniyle en sonda yer almaktadır. Bununla birlikte bu kıtada kahve yetiştiriciliği yapan ülkeler artmaktadır. Bu ülkelerden biri de Orta Afrika Cumhuriyeti’dir. 5 milyonluk nüfusu ile nispeten küçük bir ülke olmasına rağmen, yıl boyunca hava sıcaklıklarının 15 derecenin altında düşmediği ve en sıcak aylarda 38 derece civarında olduğu için kahve üretimi için ideal özelliklere sahiptir. Orta Afrika Cumhuriyeti’ndeki (CAR) kahve üretimi Carnot eyaletinde toplanmıştır. İki ana tür kahve, Robusta ve Nana cinsi kahve üreten ülkede yaklaşık 11.000 kahve üreticisi bulunmaktadır.

Dünyada en fazla kahve tüketimi Avrupa Birliği ülkelerinde görülmekte, onu Amerika Birleşik devletleri izlemektedir (ICO, 2011b).

## **2.2. Kahve Bitkisi, Kahvenin Kimyasal Yapısı ve Sağlık Üzerine Etkisi**

### **2.2.1. Kahve bitkisi**

Kahve, *Rubiaceae* familyasının *coffea* cinsinin tohumlarının kavrulup öğütülmesi ile elde edilen tozun su ya da süt ile karıştırılmasıyla yapılan içecek” olarak ifade edilmektedir (Güral,1999). Yeşil çekirdek kahve “*Coffea arabica* Lyn. ve *Coffea canephora* (alt varyete *Coffea robusta* Lyn.) türlerine giren kültüre alınmış kahve ağaçlarının meyvelerinden değişik yöntemlerle ayrılarak kurutulmuş tohumları”, öğütülmüş kahve ise, “yeşil çekirdek kahvenin tekniğine uygun olarak kavrulduktan sonra öğütülerek veya dövülerek toz haline getirilmiş hali” olarak tanımlanmaktadır (TS 3117, 1978).

Kışın yapraklarını dökmeyen kahve bitkisi yabani olarak 10 m’ye kadar büyüebilmekte, ancak meyvelerin kolay toplanabilmesi için sürekli budanarak, yüksekliği yaklaşık 3 m olarak tutulmaktadır. 30-40 yıl boyunca aralıksız meyve veren



bir ağaç türü olan kahvenin defne yaprağına benzer, derimsi ve kenarları dalgalı, koyu, parlak ve sivri uçlu yaprakları bulunmakta ve çiçekleri ise beyaz renkte ve hoş kokuludur. İçinde iki çekirdek bulunan kahve meyvesinde çekirdeklerin birbirine bakan tarafı düz, dış tarafı yuvarlaktır. Her çekirdeğin içinde kahve tanesi olarak adlandırılan bir tohum bulunmaktadır. Tanenin düz yüzeyinde içi sert bir besi dokusu ile dolu olan derin bir çizgi yer alırken, besi dokusunun dış tabakası ince bir zarla kaplı olup, zarın dışında ise daha sert bir kabuk yer almaktadır. (Anonim, 2011; Smith,1989). Kahve bol yağış alan, ortalama sıcaklığın 18-24 °C arasında bulunduğu ve don olayının görülmediği bölgelerde yetişmektedir.

Ticari olarak *Coffea arabica* Linn. (Arabika) ve *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (Robusta) olmak üzere iki tür kahve önem taşımaktadır. Dünyada üretilmekte olan kahvelerin % 70'i *Coffea arabica* türüdür. Yeşilimsi sarı renkteki oval Arabika çekirdeklerinden üretilen kahve, Robusta'ya göre daha az kafein içermekte olup daha lezzetli ve tatlı bir aromaya sahiptir. Ancak söz konusu kahve hastalıklara ve iklim koşullarına karşı hassas olduğu için yetiştirilmesinin daha zor olduğu bilinmektedir. *Coffea arabica*'nın en yaygın varyeteleri *C. arabica* var. *arabica* (syn. var. *typica*) ve *C. arabica* var. *bourbon* olup, diğer bilinen *Coffea arabica* varyeteleri ise Caturra, Mundo Novo, Catuai, Kent ve Blue Mountain'dir (Smith, 1989). Arabika çekirdeklerinden üretilen kahve daha lezzetli ve yumuşak bir aromaya sahiptir.

Robusta türü dünya kahve üretiminin yaklaşık % 30' unu oluşturmaktadır. Hastalıklara ve iklim koşullarına çok dirençli olduğundan yetiştirilmesi çok daha kolay ve ucuzdur. Sarımsı kahverengi yuvarlak özellikteki çekirdeklerden üretilen kahveler ise Arabika'ya göre yaklaşık iki kat daha fazla kafein içermektedir. Söz konusu kahve, odunsu lezzeti nedeniyle kaliteli kahve üreticilerinin tercih etmediği bir tür olmakla birlikte ucuz olması nedeniyle kahve harmanlarına katılmaktadır. En çok bilinen türleri; Java-Ineac, Nana, Kouliou ve Congensis'tir (Smith, 1989).

### 2.2.2. Kahvenin kimyasal özellikleri

Yeşil kahve çekirdeklerinin bileşiminde, türüne göre değişiklik göstermekle birlikte yaklaşık % 50 polisakkarit, % 13 protein ve % 12 kadar yağ bulunmaktadır. Ayrıca klorojenik asitler, başta potasyum olmak üzere manganez, demir ve bakır gibi mineraller, alifatik asitler, trigonellin ve kafein bulunmaktadır. Çizelge 2.1’de yeşil ve kavrulmuş Arabika ve Robusta kahve çekirdeklerinin bileşimi görülmektedir (Smith, 1989).

**Çizelge 2.1.** Yeşil ve kavrulmuş Arabika ve Robusta kahve çekirdeklerinin bileşimi (Smith, 1989)

Bileşen	Arabika (% kuru madde)		Robusta (% kuru madde)	
	Yeşil	Kavrulmuş	Yeşil	Kavrulmuş
Mineraller	3.0 – 4.2	3.5 – 4.5	4.0 – 4.5	4.6 – 5.0
Kafein	0.9 – 1.2	1.0	1.6 – 2.4	2
Trigonellin	1.0 – 1.2	0.5 – 1.0	0.6 – 0.75	0.3 – 0.6
Yağlar	12.0 – 18.0	14.5 – 20.0	9.0 – 13.0	11.0 – 16.0
Toplam klorojenik asitler	5.5 – 8.0	1.2 – 2.3	7.0 – 10.0	3.9 – 4.6
Alifatik Asitler	1.5 – 2.0	1.0 – 1.5	1.5 – 2.0	1.0 – 1.5
Oligosakkaritler	6.0 – 8.0	0 – 3.5	5.0 – 7.0	0 – 3.5
Toplam polisakkaritler	50.0 – 55.0	24.0 – 39.0	37.0 – 47.0	0
Amino asitler	2.0	0	2.0	0
Proteinler	11.0 - 13.0	13.0 - 15.0	11.0 - 13.0	13.0 - 15.0
Humik asitler	0	16.0 - 17.0	0	16.0 - 17.0

Yeşil kahve çekirdekleri istenen lezzet ve renk özelliklerine sahip değildir. Bu özellikler kavurma işlemi sırasında ortaya çıkmaktadır. Kavrulmuş kahve çekirdeğinin bileşenleri uçucu olmayan ve uçucu bileşikler şeklinde sınıflandırılmaktadır. Kavrulmuş kahvenin

uçucu olmayan bileşenleri ve bu bileşenlerin kahve içeceklerinde oluşturdukları özellikler aşağıda sıralanmıştır (Buffo ve Cardelli-Freire, 2004):

- Kafein; kahve içeceğinin acılığını, kuvvetini ve dolgunluğu etkilemektedir.
- Proteinler ve peptitler; maillard reaksiyonuna katılmaktadır.
- Polisakkaritler (selüloz, hemiselüloz, arabinogalaktan ve pektinler) uçucu bileşiklerin tutulması ve kahve içeceğinin viskozitesini etkilemektedir.
- Karboksilik asitler (sitrik, malik ve asetik asit), ekşiliği etkilemektedir.
- Klorojenik asitler (sinamik asit, kafeik asit, ferulik asit, isoferulik, sinapik asit ve başlıca bozunma ürünü kinik asit); kahve lezzetindeki burukluğu etkilemektedir.
- Yağlar (trigliseritler, terpenler, tokoferoller ve steroller); kahve içeceğinin viskozitesini etkilemektedir.
- Mineraller (potasyum, manganez, demir, bakır); kavrulma ve depolama aşamasında reaksiyonları katalizlemektedir.

Kahvede bulunan uçucu bileşiklerin sayısının 800'ün üzerinde olduğu ve analitik yöntemler geliştikçe bu bileşiklere yeni bileşiklerin eklenebileceği ifade edilmektedir. Uçucu bileşiklerin oluşumu çok karmaşık ve henüz tam olarak çözülememiş olmakla birlikte başlıca reaksiyonlar aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir (Buffo ve Cardelli-Freire, 2004):

- Maillard reaksiyonu; nitrojen içeren maddelerle (amino asitler, proteinler, trigonellin ve serotonin) indirgen şekerler arasındaki reaksiyon ile aminoalдоз ve aminoketon oluşumu.
- Strecker degradasyonu; amino asit ile  $\alpha$ -dikarbonil arasındaki reaksiyon sonucu oluşan aminoketonun kondanse olmasıyla heterosiklik azot bileşikleri veya formaldehit ile reaksiyona girmesi sonucunda okzasol oluşumu.
- Sistin, sistein ve metionin gibi kükürtlü amino asitlerin bozunarak indirgen şekerler veya maillard ara ürünleri ile reaksiyona girmesi sonucunda merkaptanlar, tiyofenler ve tiyazollerin oluşumu.
- Serin ve treonin gibi hidroksi amino asitlerin bozunarak sakkarozla reaksiyona girmesi ile alkilpirazin oluşumu.

- Pirolin ve hidroksipirolinin bozunarak maillard ara ürünleri ile reaksiyonu sonucu piridinler, piroller, pirolizinler, alkil-, açil- ve furfurilpirollerin oluşumu.
- Trigonellinin bozunması ve alkilpiridin ve pirollerin oluşumu.
- Kinik asit degradasyonu sonucu fenollerin oluşumu.
- Başta karotenoidler olmak üzere pigmentlerin degradasyonu.
- Bozunma ara ürünleri arasındaki interaksiyonlar.

Kavrulmuş kahvede oluşan başlıca uçucu bileşik gurupları aşağıda sıralanmaktadır (Buffo ve Cardelli-Freire, 2004):

- Kükürtlü bileşikler, tiyoller, hidrojen-sülfür, tiyofenler (esterler, aldehytler, ketonlar), tiyazoller
- Pirazinler (pirazin, tiyol ve furfuril türevleri, alkil türevleri)
- Piridinler (metil, etil, asetil ve vinil türevleri)
- Piroller (alkil, açil ve furfuril türevleri)
- Furanlar (pirazinler ve piroller ile kombine aldehytler, ketonlar, esterler, alkoller, asitler, tiyoller, sülfürler)
- Aldehytler ve ketonlar (alifatik ve aromatic)
- Fenoller

Kahvede bulunan pirazinlerin kahveye ceviz, tahıl, kraker veya kavrulmuş gibi lezzetler kazandırdığı, tiyazollerle birlikte, pirazinlerin kahve lezzetine önemli derecede katkıda buldukları saptanmıştır. Bunun yanı sıra piroller kahvedeki tatlı, karamel ve mantar benzeri lezzetten sorumlu iken tiyofenler ise etsi bir lezzete neden olmaktadır. Kahve lezzetinin duyusal olarak tanımlanmasında baharat, çiçek, çikolata, çim/yeşil bitki, fındık, hayvanımsı, karamel, kauçuk, kimyasal/ilaç, kokuşmuş/bozulmuş, kül, meyve/turunçgil, odun, şarap, kızarmış ekmek/tahıl/malt, toprak, tütün, yanık gibi ifadeler kullanılırken tadının tanımlamasında, acı, asit, ekşi, tatlı, tuzlu ve yuttuktan sonra ağızda kalan tat için buruk ve yoğun ifadeleri kullanılmaktadır.

### **2.2.3. Kahvenin sağlık üzerine etkisi**

Kahvenin bileşiminde insan sağlığına etkisi olan çeşitli bileşenler bulunmaktadır. Kahvenin kafein içeriğine bağlı uyarıcı etkisi uzun yıllardır bilinmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda orta düzeyde (günde 2 bardak) kahve tüketiminin ileride Alzheimer, Parkinson, tip 2 diyabet, kalp hastalığı riskini ve safra kesesi rahatsızlığı oluşma olasılığını azalttığı, zihinsel performansı arttırdığı, ağrı kesici etkisi olduğu, laksatif ve diüretik etkisi bulunduğu belirtilmektedir. Ayrıca kahvenin bileşiminde bulunan başta klorojenik asitler ve bozunma ürünleri olmak üzere, kafein, kahveol ve kafestoln antioksidan, antikanserojen ve antimutajenik etkileri bulunduğu belirtilmektedir (Huber ve ark., 2003; Higdon ve Frei, 2006). Buna karşılık kahve tüketimi ile kafeine bağlı gerginlik ve uykusuzluk problemi, kabızlık, dişlerde leke oluşumu, kolestrol, tansiyon, hamilelikte l doğum riskinin arttığı, fertilitenin azaldığı, menopoz sonrasında osteoporoz riskinin arttığı, koroner damar hastalıkları riskini arttırdığını gösteren çalışmalar da bulunmaktadır (Higdon ve Frei, 2006).

Son yıllarda Türk kahvesinin sağlık üzerine olumlu etkileri ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Gross et al. (1997) tarafından yapılan çalışmada Türk kahvesinin yüksek miktarda kahveol ve kafestol içerdiği saptanmış ve antikarsinojenik etkilerinin de bulunduğu belirtilmiştir. Gündüç and El (2003) tarafından farklı sebze, meyve ve içeceklerin toplam fenol konsantrasyonu ve LDL oksidasyonunu nleme düzeyleri üzerine yapılan çalışmada Türk kahvesinin cevizden sonra en yüksek toplam fenol konsantrasyonuna (2398 mg/l) sahip olduğu belirlenmiştir.

### **2.3. Kahvenin İşlenmesi**

Kahve tüketime hazır hale gelinceye kadar başlıca dört aşamadan geçmektedir. Bu aşamalar; kahve çekirdeklerinin olgunlaşması ve hasat, yaş veya kuru yöntemle kabuklarından ayrılması, kavrulması ve öğütülmesi olarak özetlenebilmektedir.

### 2.3.1. Hasat

Kahve meyveleri her sene meyvenin parlak kırmızı renge döndüğü yani olgunlaştığı kuru mevsimde hasat edilmektedir. Kahve meyveleri üç farklı yöntemle toplanmaktadır (Anonim, 2011).

- **Elle toplama:** Bu yöntemde olgun meyveler elle seçilerek toplanmaktadır.
- **Dalı sıyırma yöntemi ile toplama:** Bu yöntemde daldaki olgun olan ve olmayan tüm meyveler toplanmaktadır.
- **Makine ile toplama:** Bu yöntemde makinenin yarattığı sarsmaya bağlı olarak dallardaki meyvelerin düşürülmesiyle meyveler toplanmaktadır.

### 2.3.2. Kabuk ayırma

Kahve meyveleri toplandıktan sonra sıra çekirdeklere ulaşmaya gelmektedir. Bu süreç, çekirdeklerin dış kabuk ve meyvesinden incinmeden ayrılmasını gerektirdiğinden önemli bir süreç olarak sayılmaktadır. Kahve meyvelerin toplandıktan sonra çekirdeklerinin kabuklarından ayrılması için yaş ve kuru yöntem olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır (Smith, 1989).

Yaş yöntem genellikle Arabika kahvelerin işlenmesinde kullanılan bir yöntem olup, özel ekipmanlar ve bol miktarda su gerektirmektedir. Bu yöntem ile kahve çekirdeğinin kalitesi daha iyi korunmakta ve daha az kusurlu homojen yeşil kahve çekirdeği elde edilmektedir. Bu nedenle bu yöntemle elde edilen kahveler daha pahalı olmaktadır (Smith, 1989). Yaş işlenecek kahve meyveleri genellikle elle toplanmaktadır. İşlenmek üzere gelen meyveler öncelikle yıkanmakta ve bozuk meyve taneleri ve taş gibi yabancı maddeler ayıklanmaktadır. Daha sonra meyveler palperlere alınarak, meyvenin kabuğu ve eti ile çekirdeğini ayrılmaktadır.

Bir sonraki aşama fermentasyon aşamasıdır. Bu aşamada çekirdeğin etrafındaki zar ve üstündeki meyve kalıntıları enzimler yardımıyla parçalanmaktadır. Bu olay genellikle doğal fermentasyon sonucunda gerçekleşmektedir. Ancak gerekli hallerde pektik enzim

preparasyonları ortama ilave edilerek işlem hızlandırılabilir. Kahvenin fermentasyon süresi, kahve miktarı, su sıcaklığı ve nem oranına bağlıdır. Kahve çekirdeğinin etrafındaki yapışkan kalıntı protopektin (% 33), glikoz ve fruktoz gibi indirgen şekerler (% 30), indirgen olmayan şekerler (% 20), selüloz ve külden (% 17) oluşmaktadır. Fermentasyon sırasında enzimler yardımı ve protopektin hidrolizasyonu ile pektin degrade olmaktadır. Fermentasyon sonrası çekirdekler temiz suyla tanklarda veya özel yıkama makinalarında iyice yıkanmakta ve bu aşamada kahve yaklaşık % 50 nem içermektedir. Kahve çekirdeğinin nem miktarının maksimum % 12-12.5 olması gerekmektedir. Bu nedenle kahve çekirdekleri güneşte veya mekanik kurutucularda istenilen neme ulaşılan kadar kurutulmakta ve depolanmaktadır (Anonim, 2011; ICO, 2011b; Smith, 1989).

Doğal yöntem olarak da bilinen kuru yöntem ise en eski, en kolay ve en az makine gerektiren yöntem olup esas olarak bütün meyvenin kurutulmasına dayanmaktadır. Kuru işleme genellikle iklimin sıcak ve kuru olduğu yerlerde ve suyun az olduğu bölgelerde tercih edilmektedir. Bu yöntemde genellikle kahve meyveleri ağaçta daha uzun süre bırakılmakta ve dal sıyırma yöntemi ile toplanmaktadır. Hasat edilen kahve meyvelerinin olgun olmayan, aşırı olgun veya bozuk olanları ile taş, yaprak, dal gibi yabancı maddeleri ayıklanmaktadır. Bu işlem genellikle büyük elekler kullanılarak elde yapılırken, bazı yerlerde yıkama kanalları da kullanılmaktadır. Ayıklanan kahve meyveleri güneşte kurutulmak üzere geniş beton avlulara, tarlalarda örtüler üzerine veya kurutma masalarına serilmektedir. Homojen kurumayı sağlamak için kahve meyveleri düzenli olarak alt-üst edilmekte, nemli havalarda ve geceleri kahveler yığınlar halinde toplanarak üzerleri örtülmektedir. Hava koşullarına bağlı olarak kahve çekirdeklerinin % 12 neme kadar düşmesi 4 hafta kadar sürebilmektedir (Anonim, 2011; Anonim, 2011b; Smith, 1989). Kuru yöntem Brezilya'da üretilen kahvelerin % 95'i ile Etiyopya, Haiti, Paraguay, Hindistan ve Ekvator'da üretilen Arabika kahvelerinin çoğu için kullanılırken, Robusta kahvelerinin hemen tamamı bu yöntemle işlenmektedir (Anonim, 2011b; Smith, 1989).

Yaş veya kuru yöntemle işlenen kahve çekirdeklerine daha sonra kabuk ayırma, ayıklama ve sınıflandırma işlemleri uygulanmaktadır. Kabuk ayırma işleminde amaç

kuru işlenmiş kahve meyvelerinde çekirdek etrafındaki tüm kuru meyve ve kabuğu uzaklaştırmak, yaş işlenmiş kahvelerde ise çekirdek etrafındaki kabuğu uzaklaştırmaktır. Bu işlemde kahve vidalı besleme sistemleri ile kabuk ayırma makinesi içine beslenmekte ve sürtünme ile kahvenin kabuğu parçalanmakta ve hava akımı ile uzaklaştırılmaktadır. Kahve çekirdekleri arasında bulunabilecek yabancı maddeler ve kabuğu ayrılmamış taneler hava akımı yardımıyla ve bazı işletmelerde elektronik renk ayırıcılar yardımıyla uzaklaştırılmaktadır. Son olarak yeşil kahve çekirdekleri elekler yardımıyla boylarına göre sınıflandırılmakta ve 60 kg'lık torbalara doldurulmaktadır. Kahve kalitesi çekirdek büyüklüğü, rengi, işleme yöntemi, hasat yılı, lezzeti, kusurlu çekirdek oranı gibi faktörler değerlendirilerek sınıflandırılmakta ve sınıflandırma standartları ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir (Anonim, 2011; Anonim, 2011b; Franca et al., 2005; Smith, 1989).

### **2.3.3. Kavurma**

Yeşil kahve çekirdeğinin kavrulması sırasında, kahveye özgü renk ve lezzet karakteristiklerinin ortaya çıktığı bilinmektedir. Genel olarak kavurma işleminde kahve çekirdekleri istenilen kahverengi tonuna ulaşılan kadar düzenli ısı uygulanmakta ve homojen kavurmayı sağlamak için sürekli karıştırmaktadır. Sanayi tipi kavurma makineleri kesikli veya sürekli sistem olmak üzere iki şekilde bulunmaktadır. Her iki sistemde de kahve çekirdekleri alttan ısı uygulanan dönen bir tamburda kavrulmaktadır (Anonim, 2011; Anonim, 2011b; Smith, 1989).

Kesikli sistemde kahve çekirdekleri önceden ısıtılmış tambur içersine atılmakta ve istenen süre boyunca ısı işleme tabi tutulduktan sonra kavrulmuş çekirdekler bir soğutma tepsisine alınarak mekanik olarak karıştırmak suretiyle hızla soğutulmakta ve ardından kavrulmuş çekirdeklerin depolandığı hazneye aktarılmaktadır. Sürekli sistemde ise yeşil kahve çekirdekleri sürekli olarak ısı işlem uygulanan dönerli tambura beslenmekte ve kavruktan buradan hava soğutmalı bölümden geçerek soğutulmaktadır. Makineden çıkmadan önce hafif su püskürterek soğuma hızlandırılabilir. Kahve kalitesi açısından yeşil kahve çekirdeklerinin kavurma



işlemi sırasında uygulanan sıcaklık ve sürenin kontrol edilmesi önem taşımaktadır. Çünkü kavurma işlemi yalnızca kahvenin rengini değil bu kahveden yapılacak olan içeceğin lezzetini de doğrudan etkilemektedir. Örneğin az kavrulmuş Arabika türü kahveler fazla asidik, düşük kıvamlı ve lezzetsiz olurken, fazla kavrulduğunda ise fazla acılık oluşmaktadır (Anonim, 2011; Anonim, 2011b; Buffo ve Cardelli-Freire, 2004; Smith, 1989). Kahve kavurma işleminde, kahve çekirdeği nem kaybetmekte ve rengi önce saman sarısı daha sonra ise açık kahverengiye dönmektedir. İkinci aşamadaysa piroliz gerçekleşmekte, kahve çekirdeği genişlerken, rengi hızla koyulaşmakta, yağlı bir duman çıkışı ile çatlama sesleri duyulmaktadır. Aynı zamanda kahve çekirdeğinin kimyasal yapısında da hızlı değişimler gerçekleşmektedir. Bu nedenle kavurma sonrasında bu reaksiyonları durdurmak açısından çekirdeklerin hızla soğutulması önem taşımaktadır. Kavrulmuş kahve çekirdekleri oda koşullarında 1 hafta tazeliğini koruyabilmektedir. Kahve üreticileri müşterilerine uygun özellikte kahve sunabilmek için genellikle kavurma öncesinde veya sonrasında kahve çekirdeklerini harmanlamaktadır. Özellikle büyük miktarda üretim yapan fabrikalarda partiler arasında farklılık olmasını önlemek için bu yol kullanılmaktadır (Buffo ve Cardelli-Freire, 2004; Smith, 1989). Kavurma işlemi sonucunda, nem azalmakta, piroliz sonucu uçucu bileşikler oluşmakta, polisakkaritler, şekerler, aminoasitler ve klorojenik asit önemli düzeyde bozunmakta ve organik asit ile yağ içeriği artmaktadır. Kavurma ayrıca yüksek miktarda karamelizasyon ve kondensasyon ürünlerinin oluşumuna neden olurken kafein ve trigonellin konsantrasyonu değişmemektedir (Buffo ve Cardelli-Freire, 2004).

Kavurulmuş kahve çekirdekleri renklerine göre derecelendirilmektedir. Kahve yaygın olarak hafif, orta ve çok kavurulmuş olarak sınıflandırılmaktadır. Ancak dünyada bu ifadelerin karşılığı ülkeden ülkeye değişebilmektedir. ABD’de kavurulmuş kahve Agtron renk skalasına göre sınıflandırılmaktadır; TS 3117 de ise hafif, orta ve çok kavurulmuş kahveler için CIE renk sistemine göre elde edilmesi gereken aydınlık değerleri belirtilmiştir. (Anonim, 2011; Anonim, 2011b; Smith, 1989; TS 3117, 1978).

Kahvenin kavurma derecesi kahve çekirdeklerinin rengi, kütle kaybı, lezzet gelişimi ve bazı bileşiklerdeki kimyasal değişiklikler değerlendirilerek belirlenebilmektedir (Mendes ve ark., 2001). Kahve kalitesini en çok etkileyen faktörlerden olan kavurma

derecesinin saptanması ve izlenmesinin son ürün kalitesi açısından çok önemli olduğu ifade edilmektedir.

#### **2.3.4. Öğütme**

Kahve kavurma aşamasından sonra öğütme işlemi gelmektedir. Öğütme işlemi kahve içeceklerinin hazırlanması sırasında başta lezzet bileşenleri olmak üzere kahvedeki çözünen maddelerin içeceğe geçme düzeyini belirleyen önemli etkenlerdendir. Öğütme işlemi sanayi tipi kahve değirmenleri ile gerçekleştirilmektedir. Kavrulmuş kahve çekirdekleri hangi tip kahve ekstraksiyon yöntemi, yani hangi kahve pişirme yönteminin kullanılacağına göre kalın, orta, ince, çok ince gibi farklı derecelerde öğütülmektedir (Mendes et al, 2001). Örneğin Türk kahvesi için çok ince öğütülmüş kahve kullanılmaktadır. Espresso makineleri için ince öğütülmüş kahve kullanılırken plunger tipi kahvelerde suyun kahve ile temas süresi daha uzun olduğundan ve çok ince kahve filtreden geçeceğinden orta çekilmiş kahve kullanılmaktadır. Öğütme derecesi ile ilgili olarak dünyada farklı standartlar kullanılmaktadır. Öğütülmüş kahve oda koşullarında en fazla 2-3 gün tazeliğini koruyabilmektedir. Bu yüzden öğütülmüş kahve genellikle vakum paketlenerek piyasaya sürülmektedir (Ephraim, 2009; Smith, 1989).

#### **2.4. Kahvenin Antioksidan Kapasitesi ve Toplam Fenol İçerikleri Üzerine Yapılan Araştırmalar**

Organoleptik özelliklerinden dolayı kahve dünyada sevilerek ve artan miktarlarda tüketilen bir içecektir. Kahvenin sağlık açısından sahip olduğu pozitif özelliklerin başında antioksidan potansiyeli gelmektedir. Kahvenin antioksidan kapasitesini oluşturan bileşikler oldukça çeşitli olup bunlar arasında başlıca fenolik asitler, kafein, tokoferoller, melanoidinler, fenilindanlar, kaffeoyl-triptofan ve kavrulma işlemi sırasında oluşan diğer bazı biyoaktif bileşikler rol oynamaktadır. Bu bileşiklerin birçoğu insan vücudunda plazma antioksidan seviyesini yükseltmektedir (Nicoli ve ark. 1997; Alves ve ark. 2010). Kahve ile ilgili olarak bu kapsamda yapılan çalışmalar aşağıda belirtilmiştir.

Nicoli ve ark. (1997) farklı kavurma derecelerinin kahvenin antioksidan kapasitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, orta-koyu kavrulmuş kahvenin en yüksek antioksidan potansiyele sahip olduğunu ve kavurma işleminin antioksidan kapasitesinde anahtar rol oynadığını bildirmişlerdir. Öte yandan, kahve çeşidi ve orjininin (Arabika ve Robusta) antioksidan potansiyel üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Wang ve ark. (1998) kahve örneklerinin antioksidan kapasitesinin belirlenmesinde DPPH ve ABTS metodu kullanmıştır.

Del Castillo ve ark. (2002), Kolombiya cinsi kahve örneklerini 225, 233 ve 240 °C'lerde 3 dakika süre ile kavurmuşlardır. Elde edilen sonuçlara göre orta kavrulmuş kahve örneklerinin en yüksek antioksidan kapasitesine sahip olduğu bildirilmiştir. Araştırma bulgularına göre kahvede bulunan kafeik asit, kafein, hidroksisinnamik asit gibi fenolik bileşikler, melanoidinler gibi Maillard reaksiyonu ürünlerinin ve klorojenik asidin antioksidan kapasitesi açısından önemli bir etken olduğunu belirtmişlerdir.

Del Castillo ve ark. (2002), kahvede bulunan kafeik asit, kafein, hidroksisinnamik asit gibi fenolik bileşikler, melanoidinler gibi Maillard reaksiyonu ürünlerinin ve klorojenik asidin antioksidan kapasitesi açısından önemli bir etken olduğunu vurgulamışlardır. Bu bileşiklerden özellikle klorojenik asitin miktarı kavurma sıcaklığının artması ile azalmaktadır. Araştırmacılar, önceki çalışmalara benzer şekilde orta kavrulmuş kahve çekirdeklerinden demlenmiş kahvenin, koyu kavrulmuş kahve çekirdekleri ile demlenmiş kahveye göre daha yüksek antioksidan değerine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Bununla beraber kahvede bulunan tiyazol, furan, pirol ve tiyofen gibi heterosiklik bileşiklerin antioksidan etkiye sahip olduğu Fuster ve ark. (2000) tarafından tespit edilmiştir.

Geun-Lee ve Shibamoto (2002), Hawaii çeşidi yeşil Arabika kahve çekirdeklerinin yüksek antioksidan etkiye sahip olduğunu açıklamışlardır. Araştırmacılar kahvede bulunan benzil alkol, 3-okten-1-ol, metil salisilat ve 4- hidroksi-3-metilasetofenon bileşiklerinin kahvedeki antioksidan kapasite açısından önemli olduğunu, fakat kahvede yeteri kadar yüksek miktarda bulunmadıklarını belirtmişlerdir. Benzil alkol yüksek

antioksidan etkiye sahip bileşikler arasında yer almaktadır. Araştırmacılara göre, metil salisilat ve 4-hidroksi-3 metilasetofenon bileşikleri antioksidan etki açısından timol ve ögenol gibi benzer etkiye sahiptir.

Gündüç ve El (2003), Türk kahvesi ile çözünebilir (instant) kahvelerin toplam fenol, fenol antioksidan indeks ve IC50 değerlerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, Türk kahvesinin toplam fenol içeriğinin 2389.2 mg/l ve hemen hazırlanabilir kahvenin 1242.3 mg/l ve fenol antioksidan indeksinin Türk kahvesinde 3102 mg/l ve hemen hazırlanabilir kahve de ise 999 mg/l olduğunu belirlemişlerdir. Örneklerin toplam fenol bileşikleri analizlerinde kateşin standardı yardımıyla Folin-Ciocalteu kolorimetrik metodu kullanmıştır.

Duarte ve ark. (2005), üç farklı kavurma sıcaklıkta (açık, orta ve koyu) kavrulmuş kahve çekirdeklerini öğütürerek yaptıkları çalışmada, en yüksek antioksidan değerini açık kavurulmuş kahvede, en düşük antioksidan değerini ise koyu kavurulmuş kahvede belirlemişlerdir.

Cammerer ve Kroh (2006) kahve örneğini (%80 Arabika ve %20 Robusta) üç farklı kavurma sıcaklığında (açık, orta ve koyu) kavurmuşlardır. Yapılan çalışmada kahve örneklerinin antioksidan kapasitesinin DPPH ve ABTS yöntemleri ile belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre antioksidan kapasitesi yeşil kahveden, az kavurulmuş kahveye göre artmakta, orta kavurulmuş kahveden koyu kavurulmuş kahveye göre azalmaktadır. Bunun temel nedeninin kahvedeki fenolik bileşiklerin miktarının kavurma sıcaklığının artması ile azalmasına bağlı olabileceği araştırmacılar tarafından belirtilmiştir.

Parras ve ark. (2007) 12 farklı ülkede yetiştirilmiş, Arabica ve Robusta kahveleri, sıkça kullanılan üç prosedürle (espresso, filtre ve İtalyan) demlenmiş ve antioksidan kapasiteleri arasındaki farklılıkları değerlendirmiştir. Sonuç olarak tüm örneklerin lipoperoksil ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> süpürme kapasiteleri yüksek bulunmuştur. Üç farklı demleme yöntemi arasında istatistiksel olarak bir fark belirlenmemiştir.

Brezova ve ark. (2009) Ticari olarak satışa sunulan öğütülmüş ve hazır kahvelerin antioksidan özelliklerini, ABTS, DPPH ve TEMPOL metodları kullanılarak elektron

paramanyetik rezonans (EPR) aracılığıyla saptamışlardır. TEAC<sub>ABTS</sub> değerlerini öğütülmüş kahvede 0,22 mmol/g ve instant kahvede ise 0.71 mmol/g olarak belirlemişlerdir.

Liu ve Kitts (2011) Kavrulmuş kahvenin, antioksidan aktivitesi ile ilgili kimyasal özelliklerini belirlemiş ve Maillard reaksiyon ürünleri modeli de kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Sonuçta kavrulmamış kahvenin antioksidan aktivitesi ORAC yöntemine göre 2.50 mmol Trolox/g örnek ve TEAC yöntemine göre ise 0,63 mmol Trolox/g örnek olarak belirlenirken, kavrulmuş kahve örneklerinde ORAC yöntemine göre 1.12-1.39 mmol Trolox/g örnek ve TEAC yöntemine göre ise 0.45- 0.53 mmol Trolox/g örnek olarak saptanmıştır.

Santini ve ark. (2011) farklı ülkelere ait kahve içeceklerinin antioksidan ve kafein içeriklerini araştırdıkları çalışmada, Türk kahvesinin güçlü antioksidan kapasite ve düşük kafein oranına sahip olduğunu, bununla beraber Neapolitan kahvenin Türk kahvesiyle benzerlik gösterdiğini ve Amerikan kahvesinin düşük antioksidan kapasiteye sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Hećimović ve ark. (2011) ABTS yöntemi ile Arabika ve Robusta kahve çekirdekleri ile yaptıkları çalışmada orta kavrulmuş kahvelerin antioksidan kapasitesi 15.64 mmol/L trolox olarak bulunmuştur. Araştırmacılar kahvede bulunan klorojenik asit ve izomer alt grupları antioksidan etki açısından oldukça önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Somporn ve ark. (2011) kahvenin (*Coffea arabica*) fenol bileşikleri ve aroma maddelerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, klorojenik asitin yeşil ve kavrulmuş kahvelerde en baskın fenolik bileşik olduğunu bildirmişlerdir. Siringik asit, pkuarik asit, gallik asit, sinapik asit miktarlarının kavurma işlemiyle arttığı belirlenmiştir. Araştırmacılar yeşil kahvelerde aldehitlerin temel bileşikler olduğunu bildirmişlerdir.

Niseteo ve ark. (2013) 13 farklı kahve demleme yönteminin, kahvenin toplam fenol içeriği, toplam flavonoid, kafein ve klorojenik asit içeriği ile antioksidan kapasiteleri (ABTS ve FRAP) üzerine etkisini incelemişlerdir. En yüksek toplam fenol ve toplam flavonoid içerikleri sırası ile 17,307 mg GAE/L ve 8460 mg GAE/L ile instant klasik kahvede belirlenirken, en düşük ise 2967 mg GAE/L ve 1633 mg GAE/L ile filtre

kahvede saptanmıştır. Benzer bir durum da antioksidan kapasite için belirlenmiştir. İstant kahvenin antioksidan kapasitesi ABTS ve FRAP yöntemlerinde sırası ile 49.34 mmol/L Trolox ve 244.82 mmol/L Fe<sup>2+</sup> ile en yüksek olarak rapor edilirken, en düşük antioksidan kapasite filtre kahvede 14.37 mmol/L Trolox, 36.56 mmol/L Fe<sup>2+</sup> olarak bildirilmiştir.

Cheong ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada, Endonezya, Tayland ve Çin'de yetiştirilmiş Arabika cinsi 4 farklı tür yeşil kahve çekirdeklerini, ev tipi kahve kavurucuda 12 dakika boyunca kavurmuş ve toplam fenol içerikleri ile antioksidan kapasitelerini (DPPH ve FRAP) araştırmışlardır. Araştırmacılar toplam fenol bileşikleri miktarını yeşil kahvelerde 43.07-53.76 mg GAE/g arasında belirlerken kavrulmuş kahvelerde ise 33.67- 43.13 mg GAE/g olarak belirlemişlerdir. Yeşil kahvelerin antioksidan kapasiteleri FRAP yöntemine göre 123,40- 147.46 mg Trolox/g ve DPPH EC<sub>50</sub> yöntemine göre ise 9.53- 11.17 mg GA/g olarak bildirmişlerdir. Kavrulmuş kahvelerde ise antioksidan kapasite FRAP ve DPPH EC<sub>50</sub> yöntemlerine göre sırası ile 78.72-109.02 mg Trolox/g ve 8.23- 9.96 mg GA/g arasında olduğu rapor edilmiştir.

Komes ve Vojvodić (2014), kahve çekirdeklerinin antioksidan özelliklerinin, kahvenin türü kadar yetiştirilme koşulları (budama, gübreleme, toprak özellikleri, rakım, güneşe maruz kalma, yağış ve sıcaklık), hasat sırasındaki olgunluk düzeyi, hasat metodu ve işleme metodunun (kuru, ıslak ve yarı kuru) da önemli olduğunu bildirmiştir.

Kahvenin antioksidan etkisinin fenolik asitlerden başlıca kafeik asit ve klorojenik asitlerden (3-O-kafeolkuinik asit (3-CQA), 4-O- kafeolkuinik asit ve 5-O- kafeolkuinik asit) kaynaklandığını bildirmişlerdir. Ayrıca kafein, trigonellin ve maillard reaksiyon ürünlerinin de antioksidan aktiviteye katkı sağladıklarını rapor etmişlerdir. (Opitz ve ark. 2014; Aguiar ve ark. 2016)

Prieto ve Vázquez (2014) farklı lokasyonlarda yetiştirilmiş *Coffea arabica* (Avustralya, Guatemala ve Nikaragua) ve *C. canephora robusta* (Kamerun ve Vietnam) yeşil kahve çekirdeklerinin önce hegzan ve daha sonra metanol ile soxhlet sistemini kullanarak ekstraksiyonlarını hazırlanmış, lipofilik ve hidrofilik ortamdaki antioksidanlarını

belirlenmişlerdir. Ayrıca suda çözünebilen antioksidanlar için otoklavda ekstraksiyon yapmışlardır. Elde edilen ekstraktlarda  $\beta$ -karoten ve krosin ağartma yöntemlerini kullanarak antioksidan kapasitelerini belirlemişlerdir. Lipofilik ve hidrofilik ortamların her ikisinde de antioksidan kapasite belirlenmesine rağmen, hidrofilik ortamda belirlenen antioksidan kapasitenin daha yüksek olduğunu saptamışlardır.

Jeszka-Skowron ve ark. (2016) farklı coğrafik orjine sahip Arabika and Robusta türlerindeki yeşil kahve infüzyonlarında Folin-Ciocalteu yöntemi kullanarak toplam antioksidan kapasite belirlemişlerdir. Kahvelerin ortalama toplam antioksidan kapasitesi 1043 mg GAE/L olarak belirlenirken, en yüksek antioksidan kapasite üç ana 5-,4-,ve 3- kafeolkuinik asit belirlenen Robusta kahvelerinin en yüksek antioksidan kapasiteye sahip oldukları bildirilmiştir.

Babova ve ark. (2016) farklı coğrafi kökene (Brezilya, Kolombiya, Etiyopya, Honduras, Kenya, Meksika, Peru, Uganda ve Vietnam) sahip *Coffea arabica* ve *Coffea canephora* yeşil kahve çekirdeklerini ekstrakte ederek HPLC – ESI-MS / MS ile klorojenik asitleri ve kafein içeriğini belirlemişlerdir. Antioksidan kapasitelerini de DPPH metodu kullanılarak saptamışlardır. Antioksidan kapasitenin, klorojenik asit içeriği ile korelasyon gösterdiği saptanmıştır. Sonuçta, Kenya'dan elde edilen *C. arabica*'nın en yüksek klorojenik asit/kafein oranı yanında en yüksek antioksidan kapasiteye de sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Bedoya-Ramírez ve ark. (2017) farklı karakteristiklerde 6 Kolombiya kahvesinin (espresso, çok kavrulmuş- öğütülmüş, az kavrulmuş-öğütülmüş, orta kavrulmuş- öğütülmüş, kafeinsiz ve liyofilize-organik) antioksidan kapasitesi ve toplam fenol içeriğini araştırmışlardır. Antioksidan kapasitelerini, ABTS metoduna göre 124–722  $\mu$ mol Trolox/g, FRAP metoduna göre 95–802  $\mu$ mol Trolox/g olarak belirlemişler, ayrıca toplam fenol içeriğini 21–100 mg gallic acid/g olarak bildirmişlerdir.

Perez-Burillo ve ark. (2019), Brezilya ve Kolombiya'da yetiştirilmiş Arabica kahve çekirdekleri ve Viyetnam'da yetiştirilmiş Robusta kahve çekirdeklerine in vitro sindirim ve fermentasyon işlemleri uygulamışlar ve antioksidan kapasitelerini ve toplam fenol

içeriklerini karşılaştırmışlardır. Kavrulmuş kahve çekirdeklerinin, yeşil kahve çekirdeklerine göre daha yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduklarını belirlemişlerdir.

Ciaramelli ve ark. (2019), farklı ülke orijinli Arabika ve Robusta türlerine ait yeşil ve orta kavrulmuş ve öğütülmüş kahveleri üç farklı prosedür (espresso, moka ve hidroalkolik) kullanarak ekstrakte etmiş ve biyoaktif bileşenler ve antioksidan kapasite açısından değerlendirmişlerdir. Robusta çeşidi yeşil kahve çekirdeklerinin klorojenik asit ve kafein içeriğindeki yüksekliğe paralel olarak antioksidan kapasitesinin, Arabika çeşidine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak kavrulmuş kahvelerde, melanoidin oluşumuna bağlı olarak her iki kahve çeşidinde de benze antioksidan kapasite değerlerine ulaşıldığı rapor edilmiştir.

Quan ve ark. (2020), İn vitro sindirim modeli kullanarak, farklı işleme metodları (pH ayarlama, yüksek basınç altında homojenizasyon ve ısı uygulaması) ve süt ilavesinin (tam yağlı ve koyulaştırılmış) kahvenin antioksidan kapasite, toplam fenolik içerik ve bunların biyoalınabilirliği üzerine etkilerini araştırmışlardır. Antioksidan kapasitenin tüm örneklerde in-vitro sindirim ile birlikte değişmiş ve düşmüş olduğunu saptamışlardır. Biyoalınabilir toplam fenolik içerik yüksek basınç altında homojenizasyon ve ısı uygulamasına bağlı olarak sırası ile kahvede %29.2, %14.7; tam yağlı sütlü kahvede %28.5, %34.2 ve koyulaştırılmış süt ilave edilmiş ise %21.1, %33.8 olarak belirlenmiştir.

## **2.5. Antioksidan Kapasite**

Antioksidanlar, sağlığa yararlı bileşikler olup, endojen ve eksojen olarak düşük konsantrasyonlarda bulunmasına rağmen, oksidatif hasara sebep olan substratın oksidasyonunu büyük ölçüde geciktiren veya engelleyen bileşiklerdir (Büyüktuncel 2013; Oroian ve Escriche, 2015, Carocho ve ark., 2018). Eksojen antioksidanlar çoğunlukla gıdalarla alınabilen ve antioksidan sistemi doğrudan ya da dolaylı olarak destekleyen moleküllerdir. Bu nedenle, gıdalardaki toplam antioksidan kapasitenin miktar ve aktivite yönünden değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Antioksidan



kapasite, bir örnek tarafından süpürülen belirli bir serbest radikalın miktarının ölçüsüdür (Büyüktuncel, 2013). Günümüzde, antioksidan potansiyeli belirlemek için geliştirilmiş çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Antioksidan kapasite yöntemleri; ölçülen antioksidan etkili bileşiğin türü (lipofilik, hidrofilik, enzimatik ve enzimatik olmayan), analiz ortamının karakteri (sulu, organik çözücü), analiz edilen reaktifin tipi (radikalik ve radikalik olmayan) veya reaksiyon mekanizmalarına (hidrojen transferine dayanan reaksiyonlar (HAT) ve tek elektron transferine dayanan reaksiyonlar (ET) olarak) göre sınıflandırılabilir (Özyürek ve ark. 2011).

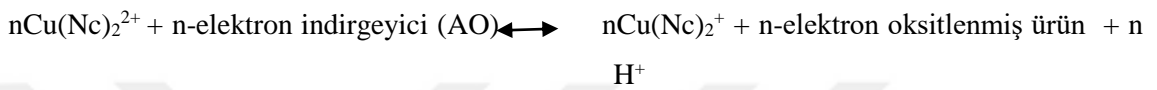
Reaksiyon mekanizmaları açısından incelendiğinde, HAT mekanizmasına dayalı analiz yöntemlerinin çoğunda yarışmalı reaksiyon kinetiği izlenmekte ve kantitasyon kinetik eğrilerden türetilirken, ET esaslı yöntemler reaksiyon sonunun indikatörü olarak bir oksidan ile redoks reaksiyonunu içmektedir. Antioksidan kapasitenin belirlenmesinde sıklıkla kullanılan yöntemler; HAT esaslı analiz yöntemlerinden, Oksijen radikal absorpsiyon kapasitesi yöntemi (ORAC), Toplam radikal tuzaklayıcı antioksidan parametre yöntemi (TRAP), Karotenoid (Krosin) ağartma yöntemi iken, ET esaslı analiz yöntemlerinde, Folin-Ciocalteu reaktifi (FC) ile toplam fenolik madde analizi, Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC) yöntemi, Demir (III) iyonu indirgeyici antioksidan gücü (FRAP) yöntemi, 2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikal süpürme kapasitesi yöntemi ve Cu (II)'nin oksidan olarak kullanıldığı toplam antioksidan potansiyel yöntemi (CUPRAC) olarak sıralanabilmektedir (Özyürek ve ark. 2011; Büyüktuncel, 2013).

Gıda gibi kompleks bir matrikste, doğru, güvenilir ve gerçekçi olarak antioksidan kapasitenin belirlenmesinde, tek bir yöntemin kullanılması uygun değildir. Buna ilave olarak, çeşitli ekstraksiyon tekniklerinin kullanımı ve ön hazırlık işlemlerinin standardizasyonu da önemlidir. Ayrıca, farklı antioksidan kapasite belirleme yöntemleri ile elde edilen sonuçların anlamlı bir şekilde karşılaştırılması ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Çünkü farklı antioksidanlar ve oksidanlar arasındaki reaksiyonların hız sabitlerinin farklı olması nedeniyle değişmekte ve ölçümde kullanılan analitik metotlar ve analizin olduğu koşullar da aynı gıda türü için, farklı sonuçlara neden olabilmektedir (Özyürek ve ark. 2011).

Bu çalışmada antioksidan kapasite tayin yöntemi olarak CUPRAC, ABTS ve FRAP metodları kullanılmış ve prensipleri aşağıda açıklanmıştır.

*CUPRAC Yöntemi:*

Bu yöntem, analiz edilen örnekteki antioksidanların Cu(II)'yi Cu(I)'e indirgenmesi temeline daymaktadır. Bu amaçla, bis (neokuproin) Cu(II) klorür (Cu(II)-Nc) kromojenik oksidasyon reaktifi olarak kullanılmakta ve antioksidan bileşikler(AO) ile aşağıdaki reaksiyonu vermektedir.



Bu reaksiyonda, Cu(II)-Nc 450 nm'de maksimum absorbanı veren turuncu-sarı renk oluşumuyla birlikte Cu(I)-Nc kelatına dönüşmektedir. Oksidasyon reaksiyonları oda sıcaklığında 30 dakika içerisinde oluşmaktadır. Bu yöntemle, hem hidrofilik hem lipofilik toplam antioksidan kapasitesi analizleri gerçekleştirilebilmektedir (Apak et al., 2004).

*ABTS yöntemi:*

Bu yöntemde, 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) (ABTS)'in persülfatla oksidasyonu, ABTS<sup>•+</sup> radikali oluşturulmakta ve bu kromojenik redoks radikali, toplam radikal süpürme kapasitesini ölçmek için kullanılmaktadır. Bu metot, antioksidan varlığında çözeltideki ABTS radikalinin absorbanısındaki azalmanın ölçülmesi ve vitamin E'nin suda çözünebilen bir analogu olan Troloks (6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit) ile karşılaştırılması prensibine dayanmaktadır. ABTS radikali hem suda hem organik çözücülerde çözüldüğünden hem hidrofilik hem de hidrofobik antioksidan kapasite tayininde kullanılabilir. Ayrıca geniş bir pH aralığında kararlıdır (Büyüktüncel, 2013).

*FRAP yöntemi:*

Bu yöntemde, Fe(III) tuzu olan Fe(III)(TPTZ)<sub>2</sub>Cl<sub>3</sub> (TPTZ=2,4,6-tripiridil s-triazin), oksidan olarak kullanılmakta ve demirin çözünürlüğünü sağlamak için asidik koşullarda

(pH 3.6) gerçekleştirilmektedir. Belirtilen pH değerinde, Fe(III)-TPTZ kompleksi, Fe(II) formuna indirgenmektedir. Analiz sonuçları, analiz zamanına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Hızlı reaksiyon veren polifenoller, 4 dakika gibi kısa sürede tayin edilebilirken, bazı polifenoller daha yavaş reaksiyon oluşturmakta ve 30 dakikadan birkaç saate kadar analiz süresine ihtiyaç duyabilirler. Bu yöntem hidrofilik ve lipofilik antioksidan bileşiklerin tayini için uygundur (Büyüktuncel, 2013).

## **2.6. Biyoalınabilirlik**

Biyoyararlılık, tüketilen bir gıdanın sindirildikten sonra içindeki bileşenlerin emilmesi, normal metabolik ve fizyolojik fonksiyonlarda kullanılması ve depolanması olarak tanımlanmaktadır (Çapanoğlu ve ark., 2010; Parada ve diğ., 2007). Herhangi bir fitokimyasalın biyoyararlılığının değerlendirilmesi için absorpsiyonu, metabolizması, doku ve organlarda dağılımı ve boşaltımı gibi konularda ki verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca biyoyararlılık hem beslenme şekline hem de bireysel farklılıklar (yaş, beslenme ve sağlık durumu vb.), sindirim sistemi faktörleri (pH, sindirim etkinliği, bağırsaktan geçiş zamanı vb.) ve gıda ilgili faktörler (gıda bileşeninin kimyasal formu ve derişimi, gıdanın fiziksel özelliği, diyetle bulunan emilimi artırıcı veya inhibe edici maddeler vb.) gibi diğer ilişkili faktörlerden etkilenmektedir. Ayrıca biyoyararlılık çalışmalarında karşılaşılan bir diğer problem de emilimin etkinliği ve alınan besinlerin metabolik kullanımı gibi konuların netlik kazanmamış olmasıdır. Bu nedenle *in-vivo* olarak gerçekleştirilen biyoyararlılık çalışmaları, hem karmaşık ve pahalı olmaları, hem de ahlaki ve etik soruları gündeme getirmeleri nedeniyle kısıtlı olarak uygulanabilmektedir. (Çapanoğlu ve ark., 2010). Biyoyararlılık çalışmalarında karşılaşılan zorluklar nedeniyle biyoalınabilirlik kavramı ortaya konulmuştur. Literatürde, *in-vitro* sindirim koşullarda yapılacak olan bu biyoalınabilirlik

çalışmalarından elde edilen sonuçlar, *in-vivo* biyoalınabilirlik çalışmaları ile karşılaştırıldığında aralarında bir korelasyon bulunduğu tespit edilmiştir (Bouayed ve ark., 2012). Biyoalınabilirlik, gıda bileşenlerinin mide- bağırsak simülasyon sisteminden geçirildikten sonra sıvı içinde çözünebilen ve erişilebilen kısmının *in-vitro* olarak belirlenmesidir (Konak ve ark., 2017). Bir gıda bileşeni absorbe edilmeden önce sindirim sistemindeki sıvıda çözünmelidir. *In-vitro* biyoalınabilirlik modelleri, laboratuvar ekipmanları dışında her hangi bir gereksinime ihtiyaç duyulmadan kolaylıkla uygulanabilmekte ve sonuç alınabilmekte, maliyetide düşüktür. Ancak metodunun hassasiyeti düşüktür (Bouayed ve ark., 2012).

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

Farklı ülkelerde yetiştirilen kahve çekirdekleri yeşil ve kavrulmuş olarak Bayramefendi Osmanlı Kahvecisi A.Ş.'den temin edilmiştir. Tez kapsamında farklı ülkelerde yetiştirilmiş 7 Arabika ve 3 Robusto çeşidi kullanılmıştır. Kahve çekirdeklerinin türleri ve temin edildiği ülkeler çizelge 1'de verilmiştir. Ayrıca kahve çekirdekleri endüstriyel bir kavurucuda 180-200<sup>0</sup> C'de 15-20 dakika kavrulmuş ve hemen soğutularak polietilen torbalara konularak laboratuvara getirilmiş ve kuru, karanlık ve rutubetsiz bir ortamda depolanmıştır. Kahveler analize alınmadan önce elektrikli kahve öğütücüsü (Tefal) kullanılarak öğütülmüş ve homojen hale getirilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Kahve çekirdelerinin türü ve yetiştirildiği yer

<b>Kodu</b>	<b>Çeşidi</b>	<b>Yetiştirildiği Ülke</b>
A1	Arabika	Kolombiya
A2	Arabika	Etiyopya
A3	Arabika	Kosta Rika
A4	Arabika	Kenya
A5	Arabika	Guatemala
A6	Arabika	Brezilya-Santos bölgesi
A7	Arabika	Brezilya
R1	Robusto	Endonezya
R2	Robusto	Hindistan
R3	Robusto	Orta Afrika Cumhuriyeti

### **3.2. Yöntem**

Gıdalardaki bileşiklerin ekstraksiyonu, analizi edilecek gıdanın yapısı ve bileşimi, örneğin partikül büyüklüğü ve uygulanacak ekstraksiyon metodu gibi birçok sebepten etkilenmektedir. Serbest ve bağlı haldeki antioksidan bileşiklerin belirlenebilmesi için iki farklı ekstraksiyon metodu (Ekstrakte ve Hidrolize fraksiyon) ve biyoalınabilirliklerin belirlenebilmesi için de sindirim sistemi koşullarını taklit eden bir *in-vitro* enzimatik ekstraksiyon metodu kullanılmıştır (Naczki ve Shahidi 2004; Vitali ve ark. 2009). Hazırlanan ekstraktlar, toplam fenol miktarı ve antioksidan kapasitenin (ABTS, CUPRAC, FRAP) belirlenmesinde kullanılmıştır.

#### **3.2.1. Ekstraksiyon**

Toplam fenol içeriği ve antioksidan kapasitenin belirlenebilmesi için ekstrakte ve hidrolize fraksiyonlar hazırlanmıştır (Vitali ve ark. 2009, Naczki ve Shahidi 2004).

Bu amaçla, öğütülmüş kahvelerden 2 g alınarak üzerine 20 mL çözelti ( $HCl_{kons}/methanol/su$  1:80:10) ilave edilmiş ve 20 °C'de 2 h çalkalanmıştır. Süre

sonunda Sigma 3K30 marka santrifüjle 3500 rpm 10 dakika santrifüjlenmiştir. Süre sonunda supernatant ayrılmıştır. Bu işlem iki kez tekrarlanarak süpernatantlar birleştirilmiş ve **Ekstrakte edilebilir fraksiyon** olarak -16 °C'de analiz edilene kadar depolanmıştır.

Ekstrakte edilebilir fraksiyon ayrıldıktan sonra kalan residu, ağzı teflon kapaklı pyrex tüplere koyulmuş ve üzerine 20 mL çözelti (methanol/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>kon<sub>s</sub> 10:1) ilave edilmiştir. Homojen olana kadar karıştırıldıktan sonra çalkalamalı su banyosunda 85 °C'de 20 h tutulmuştur. Süre sonunda 3500 rpm 10 dakika santrifüj edilmiştir. Supernatant ayrılmış ve **Hidrolize edilebilir fraksiyon** olarak değerlendirilerek -16 °C'de depolanmıştır.

Biyoalınabilir fraksiyonların ekstraksiyonu, Naczk ve Shahidi (2004) ve Vitali ve ark. (2009)'a göre yapılmıştır. Bu amaçla, laboratuvar ortamında yapay mide ve bağırsak ortamı oluşturulmuştur.

**Mide ortamındaki sindirim için;** 5 g örnek alınmış üzerine 10 ml saf su ve 0.5 ml pepsin (20 g/l in 0,1 mol/l HCl) ilave edilmiştir. İyi karıştırıldıktan sonra 5 mol/L HCl kullanılarak pH 2'ye ayarlanmıştır. Elde edilen çözelti 37 °C'de 1 saat çalkalamalı su banyosunda tutulmuştur.

**Bağırsak ortamındaki sindirim için;** süre sonunda önce 1 M NaHCO<sub>3</sub> eklenerek pH 7.2'ye ayarlanmış daha sonra 2.5 ml bile/pankreatin solüsyonu ve 2.5 ml NaCl/KCl eklenmiş ve çalkalamalı su banyosunda 37 °C'de 2.5 saat tutulmuştur. Süre sonunda örnekler 3500 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiştir (Sigma 3K30, Germany). Süpernatant **Biyoalınabilir fraksiyon** olarak ayrılmış ve -16 °C'de analiz edilene kadar depolanmıştır.

### 3.2.2. Toplam fenol içeriğinin (TFİ) belirlenmesi

Kahve örneklerin ekstrakte, hidrolize ve biyoalınabilir fraksiyonlarının toplam fenol içerikleri ISO (2005)'e göre Folin–Ciocalteu yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. Bu amaçla aşağıdaki analiz basamakları kullanılmıştır.

İlk olarak, 0,1 mol/L NaOH içinde %2'lik Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> olacak şekilde Lowry A çözeltisi ve %1'lik NaKC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub> içinde %0,5 CuSO<sub>4</sub> olacak şekilde Lowry B çözeltisi hazırlanmıştır. Lowry A ve Lowry B çözeltileri 50:1 (v/v) oranında karıştırılarak Lowry C çözeltisi hazırlanmıştır.

Deney tüplerine x mL örnek/standart konulmuş, üzerine (2-x) mL saf su ve 2,5 mL Lowry C çözeltisi ilave edilerek karıştırılmış ve 10 dk beklenmiştir. Süre sonunda 1:3 oranında su ile seyreltilmiş Folin–Ciocalteu reaktifinden 0,25 mL ilave edilerek karıştırılmış ve oda sıcaklığında, karanlıkta 30 dk bekletilmiştir. Süre sonunda örneklerin ve standartların absorbans değerleri 750 nm dalga boyunda okunmuştur. Toplam fenol içeriğinin belirlenmesinde standart madde olarak gallik asit kullanılmıştır. Kalibrasyon grafiği için 5-50 mg/L konsantrasyon aralığında gallik asit çözeltileri hazırlanmıştır. Örneklerin toplam fenol içeriğinin hesaplanmasında kalibrasyon grafiklerinden yararlanılmış ve sonuçlar mg gallik asit/100 g (mg GAE/100 g) olarak ifade edilmiştir.

### **3.2.3. Antioksidan kapasitenin belirlenmesi**

Literatürde gıdaların antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde yönelik farklı birçok yöntemle karşılaşılmaktadır. Kullanılan metotların mekanizmaları, seçicilikleri, duyarlılıkları ve uygulanabilirlikleri göz önüne alındığında, birden fazla yöntemin kullanılarak gıdaların antioksidan kapasitelerinin karşılaştırılması önerilmektedir. Bu nedenle kahve örneklerinin antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde ABTS, CUPRAC ve FRAP yöntemleri kullanılmış ve spektrofotometrik olarak analiz edilmiştir (Apak ve ark. 2004, Vitali ve ark. 2009).

### 3.2.4 ABTS yöntemi

Kahve örneklerinin ekstrakte, hidrolize ve biyoalınabilir fraksiyonlarının ABTS metoduna göre antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde aşağıda belirtilen analiz yöntemi uygulanmıştır (Apak ve ark. 2004).

ABTS stok çözeltisi: 7mM ABTS sulu çözeltisi 2,45 mM K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> ile karıştırılarak karanlıkta 12-16 saat bekletilmiştir. Elde edilen ABTS çözeltisi %96'lık etanolle 1:10 oranında seyreltilmiştir. Her bir ekstraktan x mL alınmış üzerine (4-x) mL etanol ve 1 mL ABTS çözeltisi ilave edilerek karıştırılmış ve karanlıkta 6 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda 734 nm de absorbans değeri spektrofotometrede (Optizen3220 UV-Mecasy) okunmuştur (A<sub>örnek</sub>). Şahit örneğin hazırlanması için aynı işlemler ekstrakt ilave edilmeden gerçekleştirilmiş ve absorbans değeri okunmuştur (A<sub>Şahit</sub>). Ölçümler sonucunda % inhibisyon değerleri aşağıda verildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$\% \text{ İnhibisyon} = \frac{A_{\text{Şahit}} - A_{\text{Örnek}}}{A_{\text{Şahit}}} \times 100 \quad (3.1.)$$

Kalibrasyon grafiği 0,00625-0,05000 mg aralığında troloks çözeltileri ile çizilmiş ve sonuçlar µmol troloks/g örnek (µmol TE/g) olarak hesaplanmıştır.

### 3.2.5. CUPRAC yöntemi

Kahvelerin farklı fraksiyonlarının CUPRAC metoduna göre antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde aşağıdaki yöntem kullanılmıştır (Apak ve ark. 2007).

1 mL Cu (II) klorür çözeltisi, 1 mL neokuproin alkoldeki çözeltisi ve 1 mL amonyum asetat çözeltileri karıştırılmıştır. Üzerine x mL ekstrakt, (4-x) mL saf su ilave edilmiş ve 30 dakika boyunca karanlık bir yerde bekletilmiştir. Süre sonunda içerisinde antioksidan bulunmayan örneğe karşı 450 nm'de absorbans değerleri spektrofotometrik (Optizen 3220 UV-Mecasy) olarak belirlenmiştir. Kalibrasyon grafiği 0,0073-0,0430 mg



aralığında troloks çözeltileri ile hazırlanmış ve antioksidan kapasite değerleri kalibrasyon denklemi kullanılarak  $\mu\text{mol}$  troloks/g örnek ( $\mu\text{mol TE/g}$ ) olarak hesaplanmıştır.

### **3.2.6. FRAP yöntemi**

Kahvelerin ekstrakte, hidrolize ve biyoalınabilir fraksiyonlarının FRAP metoduna göre antioksidan kapasiteleri Berker ve ark. (2007)'na göre belirlenmiştir.

FRAP çözeltisi hazırlamak amacıyla, TPTZ çözeltisi,  $\text{FeCl}_3$  çözeltisi ve asetat tamponu çözeltileri hazırlanarak sırasıyla 250 mL, 250 mL ve 62,5 mL alınarak karıştırılmış ve  $37\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye ısıtılmıştır. Analiz tüplerine 100  $\mu\text{L}$  örnek, 300  $\mu\text{L}$  su ve 3 mL FRAP çözeltisi konulmuş ve  $37\text{ }^\circ\text{C}$ 'deki sıcak su banyosunda 15 dakika beklendikten sonra spektrofotometrede (Optizen 3220 UV-Mecasys marka) 595 nm'de absorbans değerleri ölçülmüştür. Bekleme süresi yapılan ön demeneler sonucunda belirlenmiştir.

### **3.3. İstatistiksel Analiz**

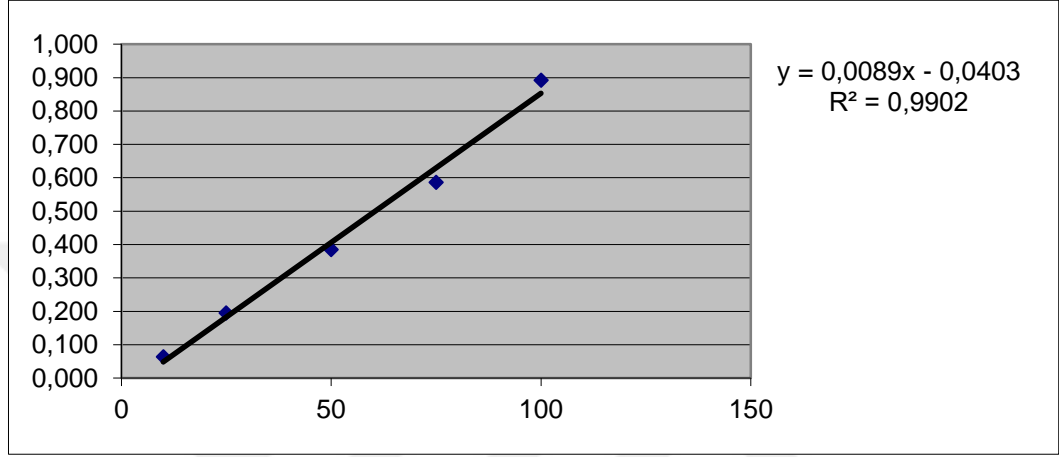
Elde edilen veriler, SPSS 22.0 paket programı kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Ortalama değerler arasındaki istatistiki farklı grupların belirlenmesinde LSD testi ( $p<0.05$ ) kullanılmıştır. Analizler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

## **4. BULGULARI VE TARTIŞMA**

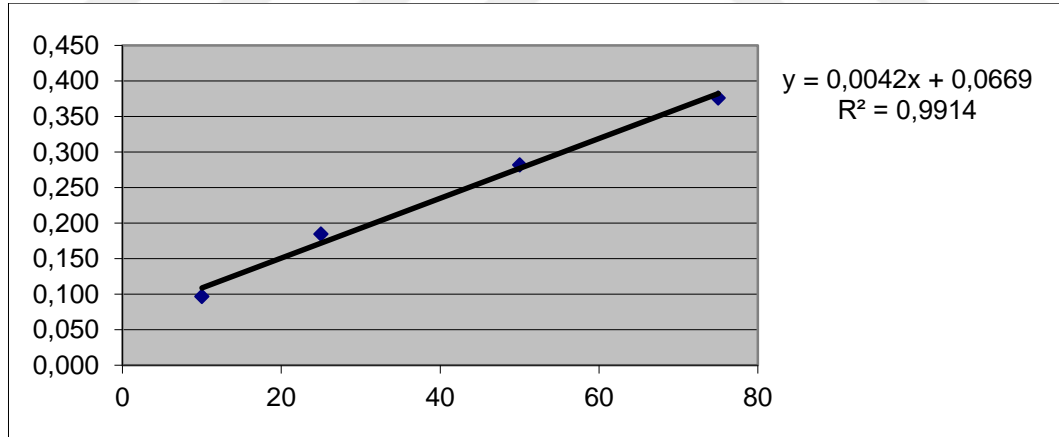
Farklı ülkelerde yetiştirilmiş kahve çekirdeklerinin toplam fenol miktarı ve antioksidan kapasiteleri belirlenmiş, ayrıca bunların biyoalınabilirlikleri de tespit edilmiştir.

#### 4.1. Toplam Fenol İçeriği

Kahve örneklerinin ekstrakte ve hidrolize fraksiyonlarının kalibrasyon grafikleri Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de görülmektedir. Yeşil ve kavrulmuş kahve çekirdeklerinin toplam fenol içerikleri ise Çizelge 4.1’ de verilmiştir.



Şekil 4.1. Ekstrakte edilebilir fraksiyonlar için kalibrasyon grafiği



Şekil 4.2. Hidrolize edilebilir fraksiyonlar için kalibrasyon grafiği

**Çizelge 4.1.** Yeşil ve Kavrulmuş kahve çekirdeklerinin toplam fenol içeriği (mgGAE/100g)

Yetiştirildiği Yer	Kahve Türü	Yeşil Kahve Toplam Fenol İçeriği (mg GAE/100g)			Kavrulmuş Kahve Toplam Fenol İçeriği (mg GAE/100g)		
		Ekstrakte edilebilir fraksiyon	Hidrolize edilebilir fraksiyon	Toplam fenol içeriği	Ekstrakte edilebilir fraksiyon	Hidrolize edilebilir fraksiyon	Toplam fenol içeriği
Kolombia		152,82±0,32b*	200,98±3,07c	353,80±34,05b	110,07±1,68b	151,79±1,04e	261,86±29,50b
Etiyopya		131,59±1,00d	197,29±0,32c	328,88±46,45c	134,70±1,25a	179,64±0,82c	314,34±31,77a
Kosta Rika		145,91±1,67c	217,40±3,42b	363,31±50,55b	102,63±0,61c	145,19±0,45f	247,82±30,09c
Kenya	Arabika	136,48±2,27d	167,34±3,50e	303,82±21,82c	105,14±2,38c	179,45±1,59c	284,59±52,54a
Guatemala		147,02±2,68bc	146,35±0,64f	293,37±40,47d	92,03±0,68d	163,40±1,78d	255,43±50,46
Brezilya -Santos		144,63±0,08c	210,24±2,58bc	354,87±46,39b	92,48±1,48d	179,96±1,27c	272,44±61,85b
Brezilya - Rio - Minas		121,29±2,04e	214,56±3,03b	335,85±69,95bc	93,78±0,19d	185,10±2,16a	278,88±64,57ab
Endonezya		172,49±3,03a	228,44±2,68a	400,93±39,56a	113,03±0,46b	190,55±0,92a	303,58±54,81a
Hindistan	Robusta	114,71±1,05f	186,19±1,96d	300,90±50,54c	105,19±2,38c	189,71±1,59a	294,90±59,76a
Orta-Afrika Cumhuriyeti		126,53±2,02e	205,78±1,36c	332,31±56,03bc	107,13±3,45bc	182,64±2,29ab	289,77±53,39a

\*Aynı sütun ve değişkenlerde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (p<0.05).

Yeşil kahve çekirdeklerinin toplam fenol içerikleri, kahve çeşidi açısından değerlendirildiğinde, Robusto türü kahveler 332,31 - 400,93 mg GAE/100g ile Arabika türüne (293,37-363,31 mg GAE/100g) göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Analiz edilen tüm kahve çekirdekleri içinde, Arabika türündeki kahvelerden Kosta-Rika'da yetiştirilen en yüksek toplam fenol içeriğine (363,31 mg GAE/100g) sahip olduğu belirlenirken, Guatemala'da yetiştirilen en düşük sonucu vermiştir.

Kahve çekirdeklerinin ekstrakte edilebilir fraksiyonlarının toplam fenol içerikleri 114,71- 152,82 mg GAE/100g arasında değişmektedir ve hidrolize edilebilir fraksiyonların toplam fenol içerikleri, ekstrakte edilebilir fraksiyonlardan daha yüksek olarak belirlenmiştir. Hidrolize edilebilir fraksiyonlarda, Robusto türü kahvelerden Endonezya'da yetiştirilen 228,44 mg GAE/100g en yüksek değerleri vermiştir.

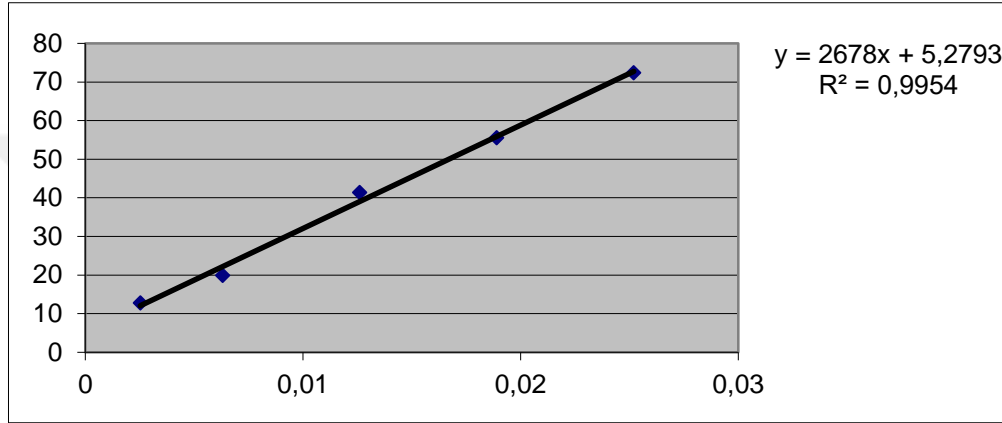
Kavrulmuş kahve çekirdeklerinin toplam fenol içerikleri, kahve cinsi açısından değerlendirildiğinde, ekstrakte edilebilir fraksiyonlarının toplam fenol içerikleri 92,03- 134,70 mg GAE/100g arasında değişmiş olup, en yüksek Etiyopya, en düşük ise Guatemala'da yetiştirilenlerde saptanmıştır. Analiz edilen tüm kahve çekirdekleri içinde, Arabika türündeki kahvelerden Etiyopya'da yetiştirilen en yüksek toplam fenol içeriğine (314,34 mg GAE/100g) sahip olduğu belirlenirken, Kosta Rika'da yetiştirilen en düşük sonucu vermiştir.

Hidrolize edilebilir fraksiyonlarda, Robusto türü kahvelerden Endonezya'da yetiştirilen 190,55 mg GAE/100g en yüksek değerleri vermiştir. Arabika türünde ise en yüksek toplam fenol içeriği Brezilya'nın Rio-Minas bölgesinde yetiştirilen kahve çekirdeklerinde saptanmış olup, Brezilya'nın Santos bölgesinde, Etiyopya ve Kenya'da yetiştirilenler onu takip etmiştir.

## 4.2. Antioksidan Kapasite Sonuçları

### 4.2.1. ABTS yöntemi

Kahve örneklerinin ekstrakte ve hidrolize fraksiyonlarının kalibrasyon grafiği Şekil 4.3'de görülmektedir. Yeşil ve kavrulmuş kahve çekirdeklerinin ABTS yöntemine antioksidan kapasitesi Çizelge 4.2'de verilmiştir.



**Şekil 4.3.** Ekstrakte ve hidrolize edilebilir fraksiyonlar için ABTS yöntemine ait kalibrasyon grafiği

Yeşil kahve çekirdeklerinin ABTS yöntemi kullanılarak yapılan antioksidan kapasite sonuçlarına göre Robusta türü kahveler 141,09 - 162,01  $\mu\text{mol TE/g}$  ile Arabika türüne göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Analiz edilen tüm kahve çekirdekleri içinde, Arabika türündeki kahvelerden Brezilya'nın Santos yetiştirilen en yüksek antioksidan kapasiteye (134,82  $\mu\text{mol TE/g}$ ) sahip olduğu belirlenirken, Kolombiya'da yetiştirilenler en düşük sonucu vermiştir. Kahve çekirdeklerinin ekstrakte edilebilir fraksiyonlarının antioksidan kapasitesi 33,82 – 56,28  $\mu\text{mol TE/g}$  arasında değişmekte olup, en yüksek Kolombiya, en düşük ise Kosta -Rika'da yetiştirilenlerde saptanmıştır.

**Çizelge 4.2.** Yeşil ve Kavrulmuş kahve çekirdeklerinin ABTS yöntemine göre antioksidan kapasitesi

Yetiştirildiği Yer	Kahve Türü	Yeşil Kahve			Kavrulmuş Kahve		
		Antioksidan Kapasite ( $\mu\text{mol TE/g}$ )			Antioksidan Kapasite ( $\mu\text{mol TE/g}$ )		
		Ekstrakte edilebilir fraksiyon	Hidrolize edilebilir fraksiyon	Toplam antioksidan kapasite	Ekstrakte edilebilir fraksiyon	Hidrolize edilebilir fraksiyon	Toplam antioksidan kapasite
Kolombia		56,28±0,43a*	68,27±0,29f	124,55±8,47bc	78,84±0,95a	105,32±1,40a	184,16±18,72a
Etiyopya		38,62±0,43cd	80,64±1,98e	119,26±29,71bc	60,19±0,25c	83,61±0,95d	143,80±16,56b
Kosta Rika		33,82±0,43d	71,89±1,69f	105,71±26,91c	49,04±0,48ef	64,17±1,40e	113,21±10,69c
Kenya	Arabika	41,07±1,16c	92,93±1,19c	134,00±36,67b	36,50±0,23g	81,16±1,39d	117,66±31,57c
Guatemala		51,29±0,84b	63,15±1,97g	114,44±8,38c	53,76±2,33d	94,65±0,65b	148,41±28,91b
Brezilya -Santos		39,28±1,15cd	95,54±2,34c	134,82±39,78b	62,29±1,42c	88,99±0,71c	151,28±18,87b
Brezilya - Rio - Minas		34,42±1,27d	85,31±2,54de	119,73±35,98c	68,93±0,49b	84,06±1,43d	152,99±10,69b
Endonezya		53,44±0,42ab	108,57±1,97a	162,01±38,98a	53,44±0,97d	108,57±1,21a	146,08±38,98b
Hindistan	Robusta	44,59±0,41c	90,59±1,16d	135,18±32,52b	37,20±0,24g	103,89±1,89a	111,07±47,15c
Orta-Afrika Cumhuriyeti		37,21±1,27cd	103,89±0,85b	141,10±47,14b	44,59±0,10f	90,59±0,04c	189,60±32,52a

\*Aynı sütun ve değişkenlerde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ( $p<0.05$ ).

Yeşil kahve çekirdeklerinin hidrolize edilebilir fraksiyonların antioksidan kapasitesinin, ekstrakte edilebilir fraksiyonlardan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Hidrolize edilebilir fraksiyonlarda, Robusto türü kahvelerden Endonezya yetiştirilen 108,57  $\mu\text{mol TE/g}$  en yüksek değeri verirken, onu 103,89  $\mu\text{mol TE/g}$  ile Orta Afrika Cumhuriyeti'nde yetiştirilen kahveler takip etmiştir. Arabika türünde ise en yüksek antioksidan kapasite Brezilya'nın Santos bölgesinde yetiştirilen kahve çekirdeklerinde saptanmış olup, Kenya, Brezilya'nın Rio – Miras bölgesi ve Etiyopya'da yetiştirilenler onu takip etmiştir.

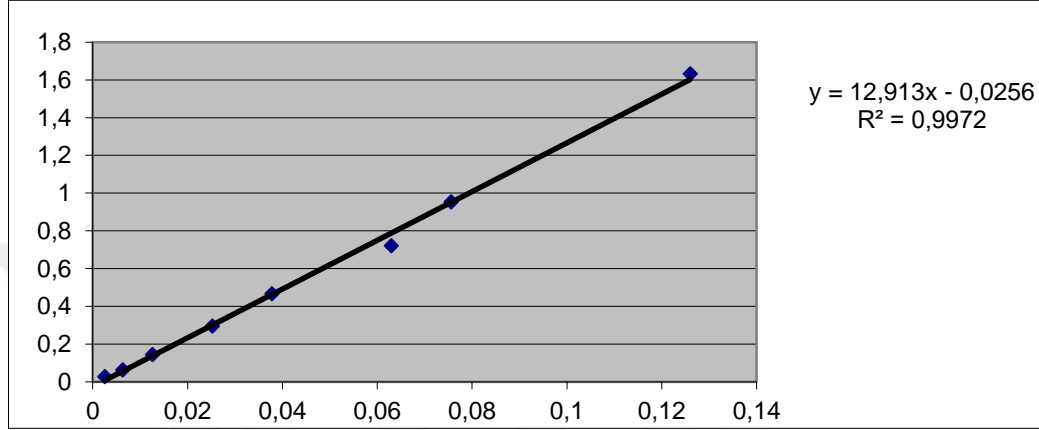
Kavrulmuş kahve çekirdeklerinin antioksidan kapasiteleri, kahve türü açısından değerlendirildiğinde, Robusta türü kahveler 111,07- 189,60  $\mu\text{mol TE/g}$  ile Arabika türüne göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Arabika türündeki kahveler arasında Kolombiya'da yetiştirilenlerin en yüksek antioksidan kapasiteye (184,16  $\mu\text{mol TE/g}$ ) sahip olduğu belirlenirken, Kosta- Rika'da yetiştirilenler (113,21  $\mu\text{mol TE/g}$ ) en düşük sonucu vermiştir.

Kavrulmuş kahve çekirdeklerinin ekstrakte edilebilir fraksiyonlarının antioksidan kapasitesi 36,50 - 78,84  $\mu\text{mol TE/g}$  arasında değişmekte olup, en yüksek Kolombiya, en düşük ise Kenya'da yetiştirilenlerde saptanmıştır.

Hidrolize edilebilir fraksiyonlarda, Robusto türü kahvelerde 108,57  $\mu\text{mol TE/g}$  ile Endonezya'da yetiştirilen en yüksek sonucu verirken, onu 103,89  $\mu\text{mol TE/g}$  ile Orta Afrika Cumhuriyeti'nde yetiştirilen kahveler takip etmiştir. Arabika türünde ise en yüksek antioksidan kapasite Kolombiya'da yetiştirilen kahve çekirdeklerinde saptanmış olup, Guatemala, Brezilya'nın Santos ve Rio -Miras bölgelerinde yetiştirilenler onu takip etmiştir.

#### 4.2.2. CUPRAC yöntemi

Kahve örneklerinin ekstrakte ve hidrolize fraksiyonlarının kalibrasyon grafiği Şekil 4.4'de görülmektedir. Yeşil ve kavrulmuş kahve çekirdeklerinin CUPRAC yöntemine antioksidan kapasitesi Çizelge 4.3'de verilmiştir.



**Şekil 4.4.** Ekstrakte ve hidrolize edilebilir fraksiyonlar için CUPRAC yöntemine ait kalibrasyon grafiği

CUPRAC yöntemi kullanılarak yapılan antioksidan kapasite sonuçlarına göre yeşil kahve çekirdeklerinde Robusta türü 489,45– 676,18  $\mu\text{mol TE/g}$  ile Arabika türüne göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Analiz edilen tüm yeşil kahve çekirdekleri içinde, 676,18  $\mu\text{mol TE/g}$  ile Endonezya'da yetiştirilenlerin en yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu belirlenirken, onu 547,53  $\mu\text{mol TE/g}$  ile Guatemala ve 522,58  $\mu\text{mol TE/g}$  yetiştirilenler takip etmiştir. En düşük antioksidan kapasite ise 438,02  $\mu\text{mol TE/g}$  ile Etiyopya'da yetiştirilmiş kahvelerde saptanmıştır.

Yeşil kahve çekirdeklerinin ekstrakte edilebilir fraksiyonlarının antioksidan kapasitesi Arabika türleri için 171,24 – 277,56  $\mu\text{mol TE/g}$  arasında değişmiş olup, en yüksek Kolombiya, en düşük ise Etiyopya'da yetiştirilenlerde saptanmıştır. Robusto türü kahveler arasında ise 286,52  $\mu\text{mol TE/g}$  ile Endonezya'da yetiştirilenlerin en yüksek ve 163,92  $\mu\text{mol TE/g}$  ile Orta Afrika Cumhuriyeti'nde yetiştirilenlerin ise en düşük antioksidan kapasiteye sahip oldukları gözlemlenmiştir.



**Çizelge 4.3.** Yeşil ve Kavrulmuş kahve çekirdeklerinin CUPRAC yöntemine göre antioksidan kapasitesi

Yetiştirildiği Yer	Kahve Türü	Yeşil Kahve Antioksidan Kapasite ( $\mu\text{mol TE/g}$ )			Kavrulmuş Kahve Antioksidan Kapasite ( $\mu\text{mol TE/g}$ )		
		Ekstrakte edilebilir fraksiyon	Hidrolize edilebilir fraksiyon	Toplam antioksidan kapasite	Ekstrakte edilebilir fraksiyon	Hidrolize edilebilir fraksiyon	Toplam antioksidan kapasite
Kolombia		277,56 $\pm$ 2,15b*	245,02 $\pm$ 2,43g	522,58 $\pm$ 23,95c	184,56 $\pm$ 4,20c	329,05 $\pm$ 3,13a	413,61 $\pm$ 102,16c
Etiyopya		171,24 $\pm$ 0,52f	266,78 $\pm$ 2,47e	438,02 $\pm$ 67,55e	203,65 $\pm$ 1,09b	312,33 $\pm$ 3,21b	515,98 $\pm$ 76,84a
Kosta Rika		202,97 $\pm$ 3,72e	247,25 $\pm$ 3,65g	450,22 $\pm$ 31,31d	215,62 $\pm$ 4,79ab	265,18 $\pm$ 2,68f	480,80 $\pm$ 35,04ab
Kenya	Arabika	241,58 $\pm$ 3,33d	269,53 $\pm$ 5,96e	511,11 $\pm$ 19,76c	170,76 $\pm$ 3,20d	291,98 $\pm$ 2,03c	462,74 $\pm$ 85,71ab
Guatemala		256,4 $\pm$ 1,00c	291,13 $\pm$ 3,01d	547,53 $\pm$ 24,55b	180,29 $\pm$ 3,06c	260,42 $\pm$ 2,25fg	440,71 $\pm$ 56,66b
Brezilya -Santos		203,66 $\pm$ 1,70e	253,56 $\pm$ 3,21f	457,22 $\pm$ 35,28d	151,86 $\pm$ 1,05e	277,35 $\pm$ 4,22e	429,21 $\pm$ 88,73c
Brezilya - Rio - Minas		203,70 $\pm$ 4,21e	310,29 $\pm$ 3,67c	513,99 $\pm$ 75,37c	149,28 $\pm$ 1,62e	311,74 $\pm$ 5,12b	461,02 $\pm$ 94,93ab
Endonezya		286,52 $\pm$ 2,67a	389,67 $\pm$ 3,03a	676,18 $\pm$ 72,37a	224,10 $\pm$ 1,67a	276,83 $\pm$ 3,58e	500,93 $\pm$ 37,28a
Hindistan	Robusta	194,97 $\pm$ 1,06ef	324,59 $\pm$ 2,44b	519,56 $\pm$ 91,90c	178,15 $\pm$ 2,09c	222,95 $\pm$ 2,65g	401,10 $\pm$ 31,67c
Orta-Afrika Cumhuriyeti		163,92 $\pm$ 2,58g	326,53 $\pm$ 3,18b	489,45 $\pm$ 94,98d	140,11 $\pm$ 4,46	281,25 $\pm$ 1,61d	412,36 $\pm$ 99,80c

\*Aynı sütun ve değişkenlerde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ( $p<0.05$ ).

Kahvelerin hidrolize edilebilir fraksiyonların antioksidan kapasitesi, ekstrakte edilebilir fraksiyonlardan daha yüksek olarak bulunmuştur. Yeşil kahve çekirdeklerinin antioksidan kapasitesi, Robusta türlerinin hidrolize edilebilir fraksiyonlarında, en yüksek 389,67  $\mu\text{mol TE/g}$  ile Endonezya yetiştirilenler vermiş, onu 326,53  $\mu\text{mol TE/g}$  ile Orta Afrika Cumhuriyeti'nde yetiştirilen kahveler takip etmiştir. Arabika türünde ise en yüksek antioksidan kapasiteye sahip Brezilya'nın Rio - Miras bölgesinde yetiştirilen kahve çekirdeklerinde saptanmış olup, Guatemala bölgesinde, Kenya ve Etiyopya'da yetiştirilenler onu takip etmiştir.

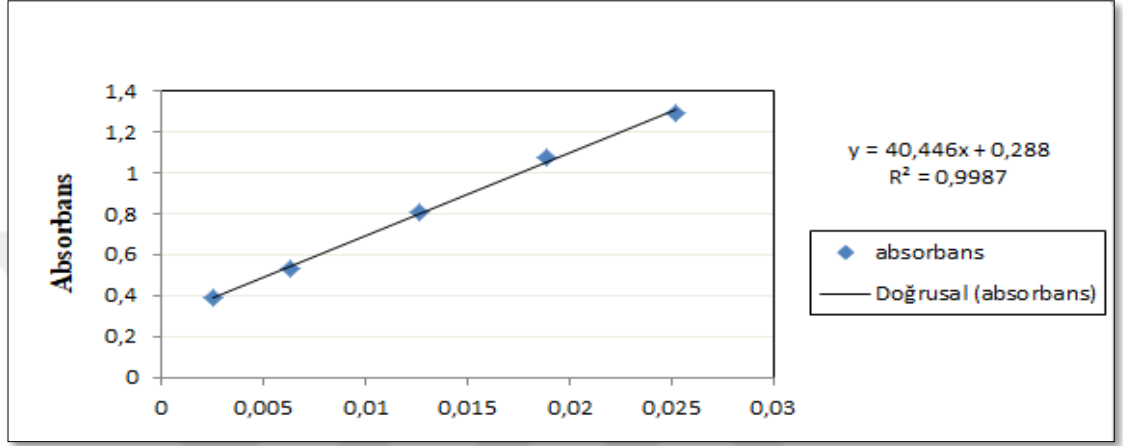
Kavrulmuş kahve çekirdeklerinin CUPRAC yöntemine göre antioksidan kapasitesi, Arabika türü için 413,61-515,98  $\mu\text{mol TE/g}$ , Robusta türü için ise 401,10-500,93  $\mu\text{mol TE/g}$  arasında değişmiştir. Analiz edilen tüm kahve çekirdekleri içinde, Etiyopya'da yetiştirilenlerin (515,98  $\mu\text{mol TE/g}$ ) en yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu belirlenirken, Hindistan'da yetiştirilenler (401,10  $\mu\text{mol TE/g}$ ) en düşük sonucu vermiştir.

Kavrulmuş kahve çekirdeklerinin ekstrakte edilebilir fraksiyonlarının antioksidan kapasitesi 140,11-224,10  $\mu\text{mol TE/g}$  arasında değişmiş olup, en yüksek Endonezya'da, en düşük ise Orta Afrika Cumhuriyeti'nde yetiştirilenlerde saptanmıştır. Arabika türlerinin ekstrakte edilebilir fraksiyonlarının ortalama antioksidan kapasitesi 179,43  $\mu\text{mol TE/g}$  iken Robusta türlerinin 180,78  $\mu\text{mol TE/g}$  olarak belirlenmiştir.

Robusto türü kavrulmuş kahvelerin, hidrolize edilebilir fraksiyonlarında, Orta Afrika Cumhuriyeti'nde yetiştirilenler 281,25  $\mu\text{mol TE/g}$  ile en yüksek değerleri vermiş, onu 276,83  $\mu\text{mol TE/g}$  ile Endonezya'da yetiştirilen kahveler takip etmiştir. Arabika türünde ise Kolombiya'da yetiştirilen kahveler en yüksek antioksidan kapasiteye sahip iken onu Etiyopya ve Brezilya'nın Rio- Minas bölgesinde yetiştirilenler takip etmiştir. Arabika türünde hidrolize edilebilir fraksiyonlardan en düşük antioksidan kapasite Guatemala'da yetiştirilen kahvelerde saptanmıştır.

### 4.2.3. FRAP yöntemi

Kahve örneklerinin ekstrakte ve hidrolize fraksiyonlarının kalibrasyon grafiği Şekil 4.5'de görülmektedir. Yeşil ve kavrulmuş kahve çekirdeklerinin FRAP yöntemine antioksidan kapasitesi Çizelge 4.4'de verilmiştir.



**Şekil 4.5.** Ekstrakte ve hidrolize edilebilir fraksiyonlar için FRAP yöntemine ait kalibrasyon grafiği

Yeşil kahve çekirdeklerinin FRAP yöntemi kullanılarak belirlenen antioksidan kapasite sonuçlarına göre Robusta türü kahveler ( $187,16 - 231,42 \mu\text{mol TE/g}$ ), Arabika türüne ( $157,58 - 225,84 \mu\text{mol TE/g}$ ) göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Analiz edilen tüm kahve çekirdekleri içinde, Robusta türündeki kahvelerden Endonezya'da yetiştirilenler en yüksek antioksidan kapasitesine ( $231,42 \mu\text{mol TE/g}$ ), Arabika türündeki kahvelerden Brezilya'nın Rio-Minas bölgesinde yetiştirilenlerin ise en düşük antioksidan kapasiteye ( $157,58 \mu\text{mol TE/g}$ ) sahip oldukları belirlenmiştir.

Yeşil kahve çekirdeklerinin hidrolize edilebilir fraksiyonlarının antioksidan kapasitesi (ortalama  $121,25 \mu\text{mol TE/g}$ ), ekstrakte edilebilir fraksiyonlardan (ortalama  $83,19 \mu\text{mol TE/g}$ ) daha yüksek olarak belirlenmiştir.

**Çizelge 4.4.** Yeşil ve Kavrulmuş kahve çekirdeklerinin FRAP yöntemine göre antioksidan kapasitesi

Yetiştirildiği Yer	Kahve Türü	Yeşil Kahve			Kavrulmuş Kahve		
		Antioksidan Kapasite ( $\mu\text{mol TE/g}$ )			Antioksidan Kapasite ( $\mu\text{mol TE/g}$ )		
		Ekstrakte edilebilir fraksiyon	Hidrolize edilebilir fraksiyon	Toplam antioksidan kapasite	Ekstrakte edilebilir fraksiyon	Hidrolize edilebilir fraksiyon	Toplam antioksidan kapasite
Kolombia		92,38±0,80ab*	113,91±1,51d	206,29±15,22ab	81,66±0,67e	116,58±1,07e	198,41±24,69b
Etiyopya		82,98±0,15cd	105,53±0,36e	188,51±15,94c	66,25±1,52g	86,65±0,63f	152,90±14,42c
Kosta Rika		85,01±0,14c	107,45±0,02f	192,46±15,86c	73,61±1,55fg	120,87±0,62e	194,48±33,41b
Kenya	Arabika	90,79±1,40b	135,05±1,73b	225,84±31,29a	113,89±1,71a	149,87±0,70c	263,76±25,44a
Guatemala		81,43±0,07cd	111,49±1,46d	192,92±21,25c	104,34±1,83c	146,51±1,64cd	250,85±29,81a
Brezilya -Santos		92,38± 1,15ab	113,91±1,62d	206,29±15,22ab	95,41±0,87d	158,58±1,53b	253,99±44,66a
Brezilya - Rio - Minas		73,19±1,23d	84,39±0,11g	157,58±7,91d	76,59±0,02f	132,37±2,00d	208,96±39,44b
Endonezya		72,64 ±0,74d	158,78±1,95a	231,42±60,11a	111,58±1,54a	136,7±1,29d	248,28±17,76a
Hindistan	Robusta	95,58 ±0,95a	125,43±0,16c	221,01±21,10a	108,57±1,58b	165,82±1,11a	278,39±40,48a
Orta-Afrika Cumhuriyeti		74,61±0,95d	112,55±1,31d	187,16±26,82c	81,66±1,73e	116,58±1,07e	197,24±24,69b

\*Aynı sütun ve değişkenlerde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ( $p<0.05$ ).

Ekstrakte edilebilir fraksiyonların antioksidan kapasitesi 73,19 – 92,38  $\mu\text{mol TE/g}$  arasında değişmiştir olup ortalama 85,45  $\mu\text{mol TE/g}$  olarak belirlenmiştir. En yüksek ekstrakte edilebilir antioksidan kapasite Hindistan’da yetiştirilen kahvelerde belirlenirken, en düşük ise Endonezya’da yetiştirilenlerde saptanmıştır. Hidrolize edilebilir fraksiyonlarda, Robusto türü kahvelerden Endonezya’da yetiştirilenler 158,78  $\mu\text{mol TE/g}$  ile en yüksek antioksidan kapasiteye sahip iken onu 135,05  $\mu\text{mol TE/g}$  ile Kenya takip etmiştir. Yeşil kahvelerin hidrolize edilebilir fraksiyonlarının antioksidan kapasite ortalamaları Arabika türü için 110,24  $\mu\text{mol TE/g}$  ve Robusta türü için ise 132,25  $\mu\text{mol TE/g}$  olarak belirlenmiştir.

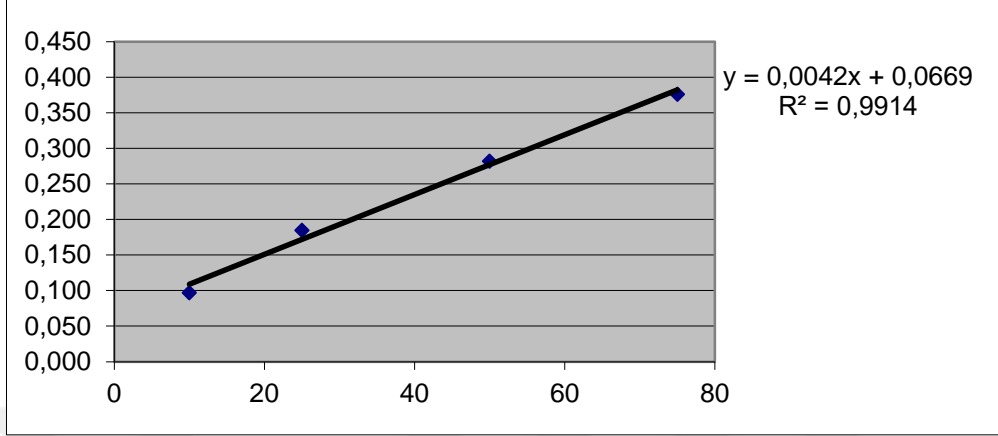
Kavrulmuş kahve çekirdeklerinin antioksidan kapasitesi, Robusta türü için 197,24-278,39  $\mu\text{mol TE/g}$ , Arabika türü için ise 152,9- 263,76  $\mu\text{mol TE/g}$  arasında değişmiştir. Antioksidan kapasite ortalamaları açısından kahve türleri karşılaştırıldığında Robusta türü kahveler (ortalama 241,30  $\mu\text{mol TE/g}$ ) Arabika türü kahvelere (ortalama 217,45  $\mu\text{mol TE/g}$ ) göre  $p < 0,05$  düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmüştür. Analiz edilen tüm kahve çekirdekleri içinde, Robusta türündeki kahvelerden Hindistan’da yetiştirilenlerin en yüksek antioksidan kapasitesine (278,39  $\mu\text{mol TE/g}$ ) sahip olduğu belirlenirken, en düşük antioksidan kapasite Arabika türü kahvelerden Etiyopya’da yetiştirilenlerde (152,90  $\mu\text{mol TE/g}$ ) bulunmuştur.

Kavrulmuş kahve çekirdeklerinin ekstrakte edilebilir fraksiyonlarının antioksidan kapasitesi 66,25 -113,89  $\mu\text{mol TE/g}$  arasında değişmiş olup, en yüksek Kenya, en düşük ise Etiyopya’da yetiştirilenlerde saptanmıştır. Hidrolize edilebilir fraksiyonlarda, Arabika türü kahvelerin antioksidan kapasite ortalamaları 130,20  $\mu\text{mol TE/g}$  iken, Robusto türü kahvelerin ise 139,70  $\mu\text{mol TE/g}$  olarak belirlenmiştir.

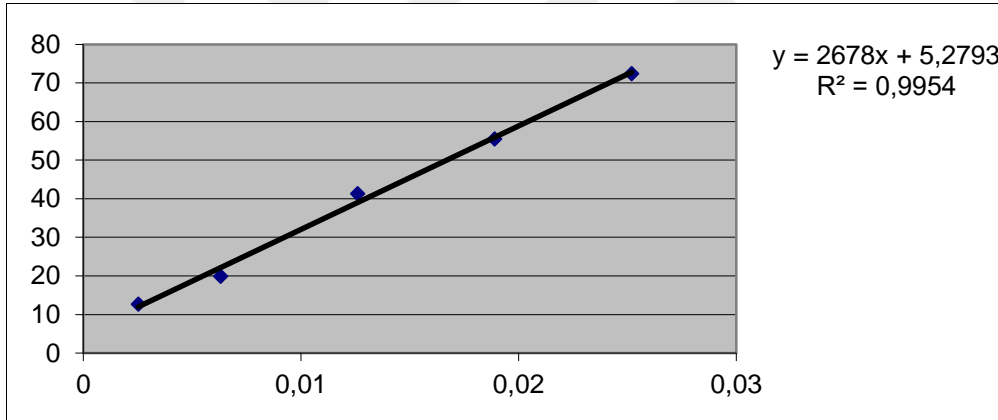
### **4.3. Biyoalınabilirlik**

Kahve çekirdeklerinin toplam fenol içeriğinin biyoalınabilirliğine ait kalibrasyon grafiği Şekil 4.6’da ve antioksidan kapasite belirleme yöntemlerinde kullanılan ABTS, CUPRAC, FRAP’ın biyoalınabilirliğine dair kalibrasyon grafikleri Şekil 4.7, 4. 8 ve

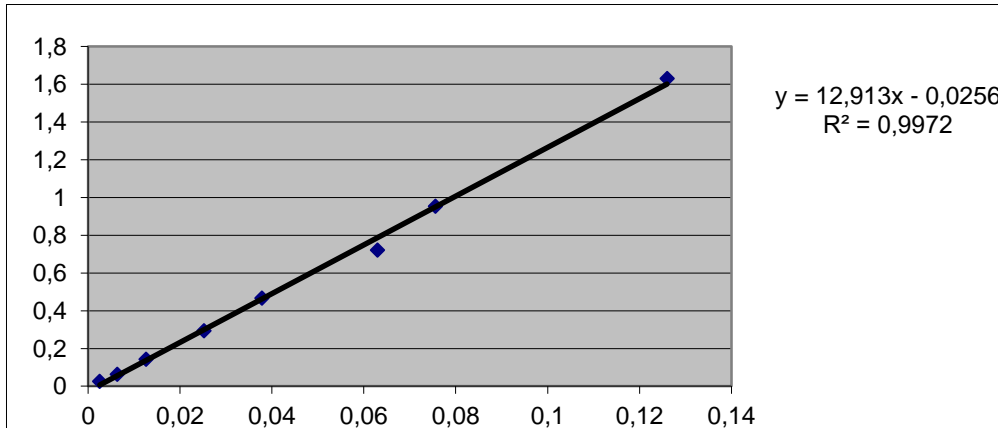
4.9’ da görülmektedir. Toplam fenol içeriklerinin ve antioksidan kapasitelerinin biyoalınabilirlikleri Çizelge 4.5 ve 4.6’da verilmiştir.



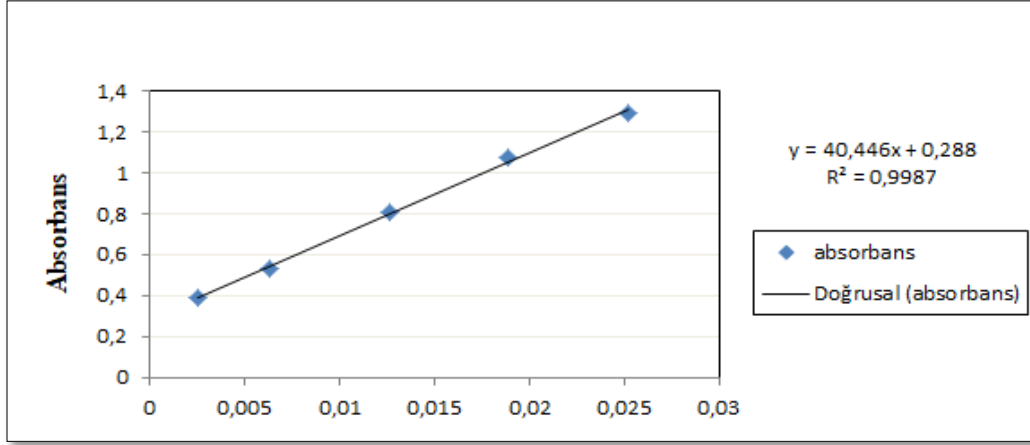
Şekil 4.6. Toplam fenol içeriğinin biyoalınabilirliğine ait kalibrasyon grafiği



Şekil 4.7. ABTS yönteminin biyoalınabilirliğine ait kalibrasyon grafiği



Şekil 4.8. CUPRAC yönteminin biyoalınabilirliğine ait kalibrasyon grafiği



**Şekil 4.9.** FRAP yönteminin biyoalınabilirliğine ait kalibrasyon grafiği

Toplam fenol içeriğinin biyoalınabilirliği, kahve çekirdeklerinin türüne göre değerlendirildiğinde, Robusta türlerinin ortalaması 189,78 mg GAE/100g iken Arabika türlerinin ortalaması ise 161,54 mg GAE/100g olarak belirlenmiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

ABTS, CUPRAC ve FRAP yöntemlerine göre antioksidan kapasitenin biyoalınabilirliği değerlendirildiğinde, Arabika türü kahvelerin ortalaması sırasıyla 60,43  $\mu\text{mol TE/g}$ , 314,72  $\mu\text{mol TE/g}$  ve 88,19  $\mu\text{mol TE/g}$ , Robusta türü kahvelerin ortalamaları ise sırasıyla 76,55  $\mu\text{mol TE/g}$ , 321,04  $\mu\text{mol TE/g}$  ve 110,29  $\mu\text{mol TE/g}$  olarak belirlenmiştir.

Yeşil kahve çekirdeklerinin biyoalınabilir fraksiyonları antioksidatif özellikler açısından genel olarak değerlendirildiğinde, Endonezya'da yetiştirilen Robusta türü kahvelerin toplam fenol içeriği ve antioksidan kapasitelerinin yüksek olduğu, Brezilya'nın Rio-Minas bölgesinde yetiştirilenlerin ise düşük olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.5).

**Çizelge 4.5.** Yeşil kahve çekirdeklerin antioksidan özelliklerinin biyoyarınabilirlikleri

Yetiştirildiği Yer	Kahve türü	TFİ (mg GAE/100g)	Antioksidan kapasite ( $\mu\text{mol TE/g}$ )		
			ABTS	CUPRAC	FRAP
<b>Kolombia</b>		162,90 $\pm$ 1,60c*	80,92 $\pm$ 0,18b	303,94 $\pm$ 2,63d	126,32 $\pm$ 1,64a
<b>Etiyopya</b>		179,47 $\pm$ 2,14b	69,98 $\pm$ 0,60c	271,89 $\pm$ 2,62f	81,18 $\pm$ 0,80d
<b>Kosta Rika</b>		175,23 $\pm$ 1,20b	85,50 $\pm$ 0,21a	382,85 $\pm$ 2,16b	101,47 $\pm$ 1,62b
<b>Kenya</b>		153,83 $\pm$ 1,56d	45,67 $\pm$ 0,95e	290,55 $\pm$ 3,32e	89,56 $\pm$ 2,07c
<b>Guatemala</b>	<b>Arabika</b>	139,31 $\pm$ 1,92f	57,43 $\pm$ 0,80d	399,95 $\pm$ 3,99a	69,82 $\pm$ 0,57e
<b>Brezilya -Santos</b>		173,14 $\pm$ 1,03bc	43,92 $\pm$ 0,84ef	350,86 $\pm$ 1,20c	69,95 $\pm$ 0,64e
<b>Brezilya - Rio - Minas</b>		146,96 $\pm$ 1,27e	39,64 $\pm$ 0,30f	203,03 $\pm$ 1,33g	79,038 $\pm$ 2,12d
<b>Endonezya</b>		214,19 $\pm$ 1,10a	86,08 $\pm$ 0,24a	294,39 $\pm$ 1,72de	103,18 $\pm$ 0,59b
<b>Hindistan</b>	<b>Robusta</b>	179,47 $\pm$ 2,14b	85,98 $\pm$ 0,24a	388,93 $\pm$ 3,03b	130,00 $\pm$ 1,50a
<b>Orta-Afrika Cumhuriyeti</b>		175,70 $\pm$ 1,85b	57,49 $\pm$ 0,23d	279,81 $\pm$ 1,59f	97,69 $\pm$ 3,15bc

\*Aynı sütun ve değişkenlerde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ( $p<0.05$ ).



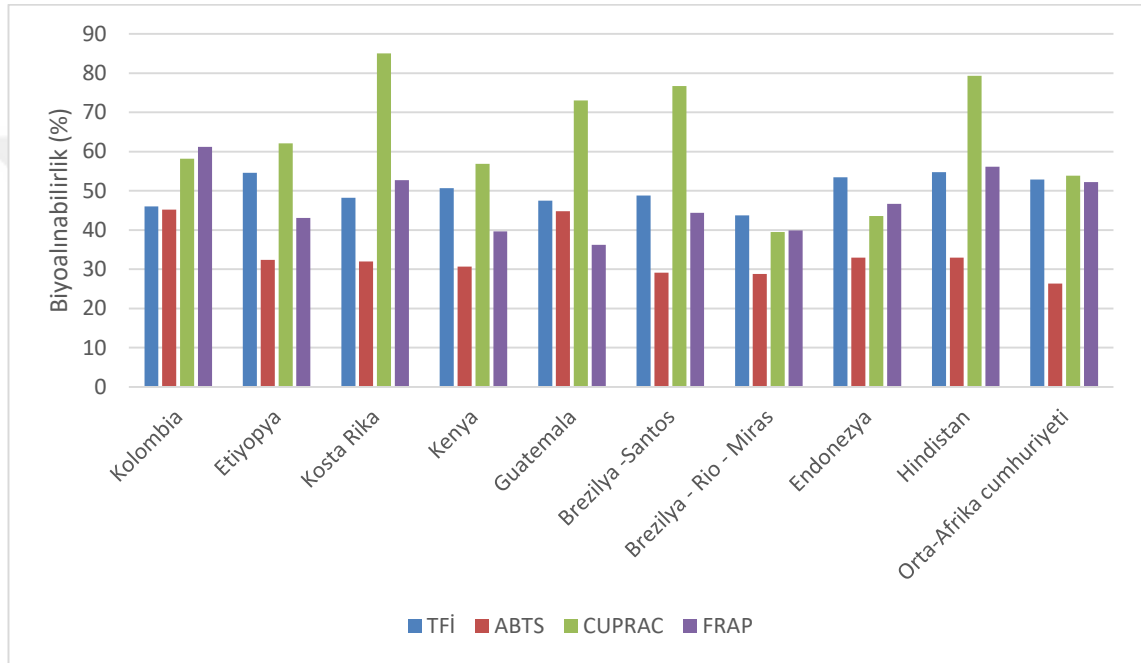
**Çizelge 4.6.** Kavrulmuş kahve çekirdeklerin antioksidan özelliklerinin biyoalınabilirlikleri

Yetiştirildiği Yer	Kahve türü	TFİ (mg GAE/100g)	Antioksidan kapasite ( $\mu\text{mol TE/g}$ )		
			ABTS	CUPRAC	FRAP
<b>Kolombiya</b>		124,98 $\pm$ 0,43b*	86,20 $\pm$ 1,12d	254,36 $\pm$ 3,19a	60,38 $\pm$ 1,51e
<b>Etiyopya</b>		135,26 $\pm$ 2,15a	98,83 $\pm$ 1,15a	204,79 $\pm$ 4,79d	57,15 $\pm$ 0,67f
<b>Kosta Rika</b>		88,63 $\pm$ 1,10f	87,99 $\pm$ 0,33d	173,42 $\pm$ 3,77e	74,67 $\pm$ 1,26c
<b>Kenya</b>		121,90 $\pm$ 0,63c	98,61 $\pm$ 0,94a	204,73 $\pm$ 0,53d	98,92 $\pm$ 1,74a
<b>Guatemala</b>	<b>Arabika</b>	99,87 $\pm$ 0,87e	89,90 $\pm$ 1,15c	169,76 $\pm$ 3,20f	53,22 $\pm$ 1,07g
<b>Brezilya -Santos</b>		99,79 $\pm$ 1,73e	83,78 $\pm$ 1,10e	222,30 $\pm$ 2,19c	62,44 $\pm$ 0,25e
<b>Brezilya –Rio Minas</b>		133,81 $\pm$ 1,28a	78,59 $\pm$ 0,76f	234,18 $\pm$ 3,14b	75,34 $\pm$ 1,32c
<b>Endonezya</b>		125,60 $\pm$ 1,49b	81,27 $\pm$ 0,76e	234,27 $\pm$ 3,18b	70,27 $\pm$ 1,08d
<b>Hindistan</b>	<b>Robusta</b>	112,58 $\pm$ 8,46d	94,30 $\pm$ 0,90b	196,75 $\pm$ 2,55e	85,39 $\pm$ 0,16b
<b>Orta-Afrika Cumhuriyeti</b>		121,39 $\pm$ 1,13c	86,89 $\pm$ 1,53d	173,48 $\pm$ 2,59e	84,28 $\pm$ 0,90b

\*Aynı sütun ve değişkenlerde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ( $p<0.05$ ).

Kavrulmuş kahve çekirdeklerinin biyoalınabilir fraksiyonlarının toplam fenol içeriği ve antioksidan kapasite açısından genel olarak değerlendirildiğinde, Arabika ve Robusta türleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p<0,05$ ).

Yeşil ve kavrulmuş kahve çekirdeklerinin, toplam fenol içerikleri ve antioksidan kapasitelerine (ABTS, CUPRAC ve FRAP) göre % biyoalınabilirlik değerleri sırası ile Şekil 4.10 ve 4.11’de verilmiştir.



**Şekil 4.10.** Yeşil kahve çekirdeklerinin antioksidatif özelliklerinin % biyoalınabilirlikleri

Yeşil kahve çekirdeklerinin toplam fenol içeriklerinin % biyoalınabilirlikleri %43.76 (Brezilya – Rio Minas bölgesi) ile %54.74 (Hindistan) arasında değişmekte olup ortalama %50.05 olarak belirlenmiştir. Arabika türü kahvelerin toplam fenol içeriklerinin % biyoalınabilirlikleri ortalama %48.5 iken Robusta türlerinin ki %53.67 olarak tespit edilmiştir. Her iki kahve türü arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ). Toplam fenol içeriğinin % biyoalınabilirliği en yüksek Arabika türü %54.57 ile Etiyopya olarak belirlenirken, en düşük %43.76 ile Brezilya- Rio Minas bölgesinde yetiştirilen kahvelerde saptanmıştır. Robusta türüne göre değerlendirildiğinde ise en

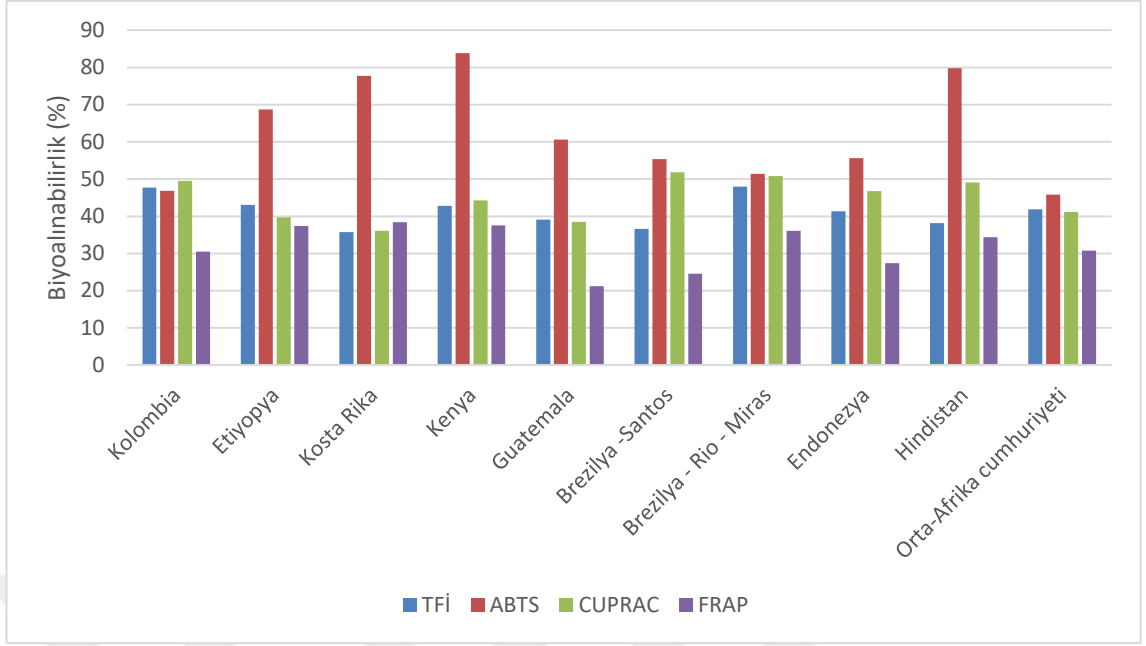
yüksek Hindistan (%54.74) ve en düşük Orta Afrika Cumhuriyeti'nde (%52.87) yetiştirilen kahvelerde belirlenmiştir.

Yeşil kahve çekirdeklerinin antioksidan kapasitelerinin % biyoalınabilirlikleri değerlendirildiğinde her üç yöntem arasında da önemli farklılıklar saptanmıştır. En yüksek ortalama % biyoalınabilirlik değeri CUPRAC yönteminde (%62.80) belirlenirken, onu FRAP (%47.22) ve ABTS (%33.52) yöntemleri izlemiştir.

CUPRAC yöntemine göre, en yüksek % biyoalınabilirlik %85.03 ile Kosta Rika'da yetiştirilenlerde, en düşük ise %39.50 ile Brezilya'nın Rio-Minas bölgesinde yetiştirilen kahvelerde saptanmıştır (Şekil 4.10). Arabika türü kahvelerin % biyoalınabilirlikleri ortalama %64.48 ve Robusta türünün %58.89 olarak tespit edilmiştir.

FRAP yöntemine göre, Kolombia'da yetiştirilen kahveler en yüksek biyoalınabilirlik (%61.23) değerine sahip iken onu Hindistan (%56.17) ve Kosta Rika (%52.73) izlemiştir. En düşük biyoalınabilirlik ise %36.19 ile Guatemala'da yetiştirilenlerden elde edilmiş olup onu %39.65 ile Kenya ve %39.92 ile Brezilya'nın Rio-Minas bölgesi takip etmiştir. Bu yöntemle göre antioksidan kapasite ortalamaları, Arabika türlerinde %45.31 ve Robusta türlerinde %51.68 olarak tespit edilmiştir.

ABTS yöntemi, yeşil kahve çekirdeklerinin antioksidan kapasitesinin belirlenmesinde en düşük sonuçları veren yöntem olup % biyoalınabilirlik %26.37 (Orta Afrika Cumhuriyeti) ile %45.18 (Kolombia) arasında değişmektedir. Genel olarak Arabika türleri (ortalama %34.7), Robusta türlerine (ortalama %30.77) göre daha yüksek % biyoalınabilirlik değerlerine sahip oldukları gözlemlenmiştir.



**Şekil 4.11.** Kavrulmuş kahve çekirdeklerinin antioksidatif özelliklerinin % biyoalınabilirlikleri

Kavrulmuş kahve çekirdeklerinin toplam fenol içerikleri, ABTS, CUPRAC ve FRAP yöntemlerine göre antioksidan kapasitelerinin ortalama % biyoalınabilirlikleri sırasıyla %41.44, %62.56, %44.76 ve %31.81 olarak belirlenmiştir.

Kavrulmuş kahve çekirdeklerinin toplam fenol içerikleri % 35.76 (Kosta Rika) ile % 47.92 (Kolombiya) arasında değişmektedir. Arabika türü kahvelerin toplam fenol içeriklerinin % biyoalınabilirlikleri ortalama %41.86 iken Robusta türlerinin ki %40.47 olarak tespit edilmiştir. Arabika türleri içinde, toplam fenol içeriğinin % biyoalınabilirliği en yüksek Kolombiya (%47.92) olarak belirlenirken, onu Brezilya'nın Rio Minas bölgesi (%47.72) ve Etiyopya (%43.02) takip etmiştir. En düşük toplam fenol içeriği %biyoalınabilirliği ise %35.76 ile Kosta Rika'da yetiştirilen kahvelerde saptanmıştır. Robusta türüne göre değerlendirildiğinde ise toplam fenol içeriğinin % biyoalınabilirliği en yüksekten en düşüğe, Endonezya (%41,89), Orta Afrika Cumhuriyeti (%41.37) ve Hindistan (%38.17) olarak sıralanmaktadır. Her iki kahve türü arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ).

Kavrulmuş kahve çekirdeklerinin antioksidan kapasitelerinin % biyoalınabilirlikleri, uygulanan yöntemler açısından yüksekten düşüğe doğru ABTS> CUPRAC> FRAP olarak sıralanmaktadır. ABTS yöntemi kullanılarak belirlenen % biyoalınabilirlik sonuçlarına göre, en yüksek % biyoalınabilirlik Kenya (%83.81)'da, en düşük ise Orta Afrika Cumhuriyetinde (%45.83) olduğu belirlenmiştir. Genel olarak Arabika türleri (ortalama %63.48), Robusta türlerine (ortalama %60.42) göre daha yüksek % biyoalınabilirlik değerlerine sahip oldukları saptanmıştır.

CUPRAC yöntemine göre, en yüksek % biyoalınabilirlik %51.79 ile Brezilya'nın Santos bölgesinde yetiştirilenlerde, en düşük ise %36.07 ile Kosta Rika'da yetiştirilen kahvelerde saptanmıştır (Şekil 4.11). Arabika türü kahvelerin % biyoalınabilirlikleri ortalama %44.37 ve Robusta türünün %45.66 olarak tespit edilmiştir.

FRAP yöntemi kullanılarak belirlenen % biyoalınabilirlik sonuçlarına göre, Robusta türü %27.39- 34.39 (ortalama %30.83), Arabika türü ise %21.22- 37.51 (ortalama %32.22) arasında değişmektedir.

Genel olarak yeşil ve kavrulmuş kahveler, antioksidatif özellikler açısından değerlendirildiğinde, ABTS yöntemi ile elde edilen sonuçlar hariç diğer tüm yöntemlerde yeşil kahvelerin antioksidatif özelliklerinin % biyoalınabilirlik değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiş olup aralarında  $p < 0.05$  düzeyinde istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır.

Kahve türleri açısından bir değerlendirme yapıldığında, genel olarak Robusta türlerinde hem yeşil hemde kavrulmuş kahvelerin antioksidatif içerikleri yüksek olarak bulunmasına rağmen % biyoalınabilirlik açısından değerlendirildiğinde bunun tersi bir durumla karşılaşmıştır. Yani Arabika türlerinin % biyoalınabilirlikleri genel olarak daha yüksek olarak belirlenmiştir.

Antioksidan kapasite yöntemleri arasında genel olarak en yüksek sonuçları CUPRAC yönteminin verdiği ve bunu ABTS yönteminin takip ettiği tespit edilmiştir.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada, farklı ülkelerde yetiştirilen yedi Arabika ve üç Robusta türü yeşil ve kavrulmuş kahve çekirdeklerinin, toplam fenol içerikleri ve antioksidan kapasiteleri (ABTS, CUPRAC, FRAP), üç farklı ekstraksiyon yöntemi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Ayrıca antioksidatif özelliklerinin % biyoalınabilirlikleri de değerlendirilmiştir.

Farklı kahve çekirdeklerinin toplam fenol içerikleri ve antioksidan kapasiteleri ekstraksiyon yöntemleri açısından karşılaştırıldığında, her 3 antioksidan belirleme yönteminde de, hidrolize edilebilir fraksiyonlar, ekstrakte edilebilir fraksiyonlara göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Kullanılan antioksidan kapasite yöntemlerinden en uygun yöntemin CUPRAC yöntemi olduğu ve bunu ABTS yönteminin izlediği saptanmıştır.

Genel olarak, kahve çekirdeklerinin toplam fenol içerikleri ve antioksidan kapasiteleri Robusta türlerinde daha yüksek olarak belirlenmesine rağmen, %biyoalınabilirlik açısından değerlendirildiğinde Arabika türlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Yeşil kahve çekirdeklerinin toplam fenol içeriklerinin % biyoalınabilirlikleri ortalama %50.05 iken kavrulmuş kahve çekirdeklerinin ki %41.44 olarak belirlenmiştir. Genel olarak yeşil ve kavrulmuş kahveler, antioksidatif özellikler açısından değerlendirildiğinde, yeşil kahvelerin antioksidatif özelliklerinin % biyoalınabilirlik değerlerinin kavrulmuş kahvelere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Aguiar, J., Estevinho, B.N., Santos, L. 2016.** Microencapsulation of natural antioxidants for food application - The specific case of coffee antioxidants - A review. *Trends in Food Science & Technology*, 58:21-30.
- Alves, R.C., Almeida, I.M., Casal, S., Oliveira, M.B. 2010.** Isoflavones in coffee: influence of species, roastdegree, and brewing method. *J Agric Food Chem.*, 58(5): 3002-3007.
- Anonim, 2009.** *Optimizing Brewed Coffee Quality Trough Proper Grinding*, <http://www.mpechicago.com/coffee/techinfo/PDF/SCAA%202009.pdf> (Erişim tarihi: 20 Kasım 2019)
- Anonim, 2011a.** *Arabica and Robusta Coffee Plant*, <http://www.coffeeresearch.org/agriculture/coffeeplant.htm> (Erişim tarihi: 21 Eylül 2019)
- Anonim, 2011b.** Botanical Aspectst, <http://www.ico.org/botanical.asp> (Erişim tarihi: 21 Eylül 2019)
- AOAC. 1990.** Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Washington, DC, USA.
- Apak, R., Güçlü, K., Demirata, B., Özyürek, M., Çelik, E.S., Bektaşoğlu, B.K., Berker, İ., Özyurt. 2007.** Comparative evaluation of total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds and the CUPRAC Assay. *Molecules*, 12:1496-1547.
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Bektaşoğlu, B.K. 2008.** Antioksidan tayin yöntemleri ve Cuprac yöntemine güncel katkılar. IV. Ulusal Analitik Kimya Kongresi Bildirisi, 25-27 Haziran 2008, s5, Elazığ,
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Karademir, S.E. 2004.** A novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols, vitamin C and E using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52:7970-7981.
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Karademir, S.E., Altun, M. 2005.**Total antioxidant capacity assay of human serum using copper (II)-neocuproine as chromogenic oxidant: The CUPRAC method. *Taylor & Francis*, 39(9): 949-961.
- Babova, O., Occhipinti, A., Maffei, M. E. 2016.** Chemical partitioning and antioxidant capacity of green coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*) of different geographical origin. *Phytochemistry*, 123:33–39.
- Bedoya-Ramírez, D., Cilla, A., Contreras-Calderón, J., Alegría-Torá, A. 2017.** Evaluation of the antioxidant capacity, furan compounds and cytoprotective/cytotoxic effects upon Caco-2 cells of commercial Colombian coffee. *Food Chemistry*, 219:364-372.
- Berker I. K., Güçlü K., Tor İ., Apak R. 2007.** Comparative evaluation of Fe(III) reducing power-based antioxidant capacity assays in the presence of phenanthroline, batho-phenanthroline, tripyridyltriazine (FRAP), and ferricyanide reagents. *Talanta*, 72 (2007): 1157–1165.
- Bhatti, S.K., O'Keefe, J.H., La vie, C.J. 2013.**Coffee and tea: perks forhealth and longevity? *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 16(6): 688-697.
- Brezová, V., Šlebodová, A., Stařko, A. 2009.** Coffee as a source of antioxidants: An EPR study. *Food Chemistry*, 114:859–868.
- Buffo, Roberto A., and Claudio Cardelli-Freire. 2004.** Coffee flavour: an overview. *Flavour and fragrance journal*, 19(2): 99-104.

- Büyüküncel, E. 2013.** Toplam fenolik içerik ve antioksidan kapasite tayininde kullanılan başlıca spektrofotometrik yöntemler. *Marmara Pharmaceutical Journal* 17: 93-103.
- Bouayed, J., Deußer, H., Hoffmann, L., Bohn, T. 2012.** Bioaccessible and dialysable polyphenols in selected apple varieties following in vitro digestion vs. their native patterns. *Food Chemistry*, 131(4): 1466-1472.
- Cämmerer, B., Kroh, L. W. 2006.** Antioxidant activity of coffee brews. *European Food Research and Technology*, 223(4): 469-474.
- Cano-Marquina, A., Tarin, J.J., Cano, A. 2013.** The impact of coffee on health. *Maturitas*, 75(1): 7-21.
- Carocho, M., Morales, P., Ferreira, I. C.F.R. 2018.** Antioxidants: Reviewing the chemistry, food applications, legislation and role as preservatives. *Trends in Food Science & Technology*, 71:107–120.
- Cheong, M.W., Tong, K.H., Ong, J.J.M., Liu, S.Q., Curran, P., Yu, B. 2013.** Volatile composition and antioxidant capacity of Arabica coffee. *Food Research International* 51; 388–396.
- Ciaramelli, C., Palmioli, A., Airoidi, C. 2019.** Coffee variety, origin and extraction procedure: Implications for coffee beneficial effects on human health. *Food Chemistry*, 278:47–55.
- Coelho, C., Ribeiro, M., Cruz, A.C., Domingues, M.R., Coimbra, M.A., Bunzel, M. 2014.** Nature of phenolic compounds in coffee melanoidins. *J Agric Food Chem.*, 62(31): 7843-7853.
- Del Castillo, M. D., Ames, J. M., Gordon, M. H. 2002.** Effect of roasting on the antioxidant activity of coffee brews. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 3698–3703.
- Duarte, S. M. D. S., Abreu, C. M. P. D., Menezes, H. C. D., Santos, M. H. D., Gouvêa, C. M. C. P. 2005.** Effect of processing and roasting on the antioxidant activity of coffee brews. *Food Science and Technology*, 25(2): 387-393.
- Duran, M., 2004.** Kahve Etüdü, Dış Ticaret Araştırma Servisi, 21s.
- Farah, A., 2012.** Coffee Constituents. *Wiley-Blackwell*, 21-58s.
- Faustmann, G., Cavin, C., Nersesyan, A., Knasmüller, S. 2009.** Chemopreventive Properties of Coffee and Its Constituents. Chemoprevention of Cancer and DNA Damage by Dietary Factors. *Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA*, 579-594s.
- Franca, A.S., Oliveira, S.L., Mendonça J.C.F., Silva, X.A., 2005,** Physical and chemical attributes of defective crude and roasted coffee beans, *Food Chemistry*, 90:89-94.
- Gross, G., Jaccaud, E., Huggett, A.C., 1997,** Analysis of the content of the diterpenes cafestol and kahweol in coffee brews. *Food and Chemical Toxicology*, 35:547-554.
- Güçlü, K., Altun, M., Özyürek, M., Karademir, S. E., Apak, R. 2006.** Antioxidant capacity of fresh, sun- and sulphited-dried Malatya apricot (*Prunus armeniaca*) assayed by CUPRAC, ABTS/ TEAC and folin methods. *International Journal of Food Science and Technology*, 41:76-85.
- Güven, E. Ç., Otkun, G. T., Boyacıoğlu, D. 2010.** Flavonoidlerin biyoyararlılığını etkileyen faktörler. *GIDA*, 35(5), 387-394.
- Gunduc, N. E. S. N., El, S. N. 2003.** Assessing antioxidant activities of phenolic compounds of common Turkish food and drinks on in vitro low-density lipoprotein oxidation. *Journal of food science*, 68(8): 2591-2595.



- Hernandez, J.A., Heyd, B. and Trystram, G., 2007,** *On-line assessment of brightness and surface kinetics during coffee roasting, Journal of Food*, 87(3):314-322.
- Higdon, J. V., and Frei, B. 2006.** Coffee and health: a review of recent human research. *Critical reviews in food science and nutrition*, 46(2): 101-123.
- Huang, D.B., Prior, R.L. 2005.** The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53:1841-1856.
- Huber, W. W., Rossmannith, W., Grusch, M., Haslinger, E., Prustomersky, S., Peter-Vörösmarty, B., Schulte-Hermann, R. 2008.** Effects of coffee and its chemopreventive components kahweol and cafestol on cytochrome P450 and sulfotransferase in rat liver. *Food and chemical toxicology*, 46(4):1230-1238.
- House, W.A. 1999.** Trace element bioavailability as exemplified by iron and zinc, *Field Crops Research*, 60:115-141.
- International Coffee Organization (ICO), 2019.** Coffee production and world coffee consumption. [http://www.ico.org/trade\\_statistics.asp](http://www.ico.org/trade_statistics.asp) (Erişim tarihi: 21 Eylül 2019)
- International Organization for Standardization (ISO) 2005.** Determination of substances characteristic of green and black tea — Part 1: Content of total polyphenols in tea — Colorimetric method using Folin–Ciocalteu reagent. ISO, 14502–1, 2005.
- Jeszka-Skowron, M., Stanisz, E., Paz De Pena, M. 2016.** Relationship between antioxidant capacity, chlorogenic acids and elemental composition of green coffee. *LWT - Food Science and Technology*, 73:243-250.
- Komes, D., Belščak-Cvitanović, A. 2014.** Chapter 10 - Effects of Preparation Techniques on the Antioxidant Capacity of Coffee Brews. V. Preedy (Ed.). *Processing and Impact on Antioxidants in Beverages* (s. 87-97). San Diego: Academic Press
- Komes, D., Bušić, A. 2014b.** Antioxidants in Coffee. V. Preedy(Ed.). *Processing and Impact on Antioxidants in Beverages* (s. 25-32). San Diego: Academic Press
- Komes, D., Vojvodić, A. 2014a.** Effects of Varieties and Growing Conditions on Antioxidant Capacity of Coffee. *Processing and Impact on Antioxidants in Beverages*. Ed. Victor R. Preedy. Academic Press, Elsevier, 77-85 p.
- Konak, M., Ateş, M., Şahan, Y. 2017.** Yenilebilir Yabani bir Bitki Gundelia tournefortii'nin Antioksidan Özelliklerinin belirlenmesi. *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University*, 31(2):101-108.
- Liu, Y., Kitts, D.D. 2011.** Confirmation that the Maillard reaction is the principle contributor to the antioxidant capacity of coffee brews. *Food Research International*, 44: 2418–2424.
- Mendes, L. C., de Menezes, H. C., Aparecida, M., Da Silva, A. P. 2001.** Optimization of the roasting of robusta coffee (*C. canephora conillon*) using acceptability tests and RSM. *Food Quality and Preference*, 12(2): 153-162.
- Mullen, W., Nemzer, B., Stalmach, A., Ali, S., Combet, E. 2013.** Polyphenolic and Hydroxycinnamate Contents of Whole Coffee Fruits from China, India, and Mexico. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(22): 5298-5309.
- Mussatto, S., Machado, E.S., Martins, S., Teixeira, J., 2011.** Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. *Food and Bioprocess Technology*, 4:661-672.
- Nacz, M., Shahidi, F. 2004.** Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, 1054:95-111.
- Narita, Y., Inouye, K. 2015.** Chapter 21 – Chlorogenic Acids from Coffee. V. R. Preedy (Ed.). *Coffee in Health and Disease Prevention* (s. 189-199). San Diego: Academic Press.

- Nicoli, M. C., Anese, M., Manzocco, L., Lerici, C. R. 1997. Antioxidant properties of coffee brews in relation to the roasting degree. *LWT-Food Science and Technology*, 30(3):292-297.
- Niseteo, T., Komes, D., Belščak-Cvitanovic, A., Horzic, D., Budec, M. 2012. Bioactive composition and antioxidant potential of different commonly consumed coffee brews affected by their preparation technique and milk addition. *Food Chemistry*, 134:1870–1877.
- O'Keefe, J.H., Bhatti, S.K., Patil, H.R., DiNicolantonio, J.J., Lucan, S.C., Lavie, C.J. 2013. Effects of habitual coffee consumption on cardiometabolic disease, cardiovascular health, and all-cause mortality. *J Am Coll Cardiol*, 62(12): 1043–1051.
- Opitz, S. E.W., Smrke, S., Goodman, B. A., Yeretizian, C. 2014. Methodology for the Measurement of Antioxidant Capacity of Coffee: A Validated Platform Composed of Three Complementary Antioxidant Assays. Processing and Impact on Antioxidants in Beverages. Ed. Victor R. Preedy. Academic Press, Elsevier. 253-264 p.
- Oroian, M., Escriche, I. 2015. Antioxidants: Characterization, natural sources, extraction and analysis. *Food Research International*, 74:10–36.
- Özyürek, M., Güçlü, K., Tütem, E., Sözgen Başkan, K., Erçağ, E., Çelik, S.E., Baki, S., Yıldız, L., Karaman, Ş., Apak, R. 2011. A comprehensive review of CUPRAC methodology. *Analytical Methods*, 3:2439-2453.
- Parada J, Aguliera JM. 2007. Food Microstructure Affects the Bioavailability of Several Nutrients. *J Food Sci*, 72(2): 21-32.
- Parras, P., Martinez-Tome, M., Jimenez, A.M., Murcia, M.A. 2007. Antioxidant capacity of coffees of several origins brewed following three different procedures. *Food Chemistry*, 102:582–592.
- Perez-Burillo, S., Mehta, T., Esteban-Muñoz, A., Pastoriza, S., Paliy, O., Rufián-Henares, J.A. 2019. Effect of in vitro digestion-fermentation on green and roasted coffee bioactivity: The role of the gut microbiota. *Food Chemistry*, 279:252–259.
- Prieto, M.A., Vázquez, J.A. 2014. In vitro determination of the lipophilic and hydrophilic antioxidant capacity of unroasted coffee bean extracts and their synergistic and antagonistic effects. *Food Research International*, 62:183–1196.
- Quan, W., Qie, X., Chen, Y., Zeng, M., Qin, F., Chen, J., He, Z. 2020. Effect of milk addition and processing on the antioxidant capacity and phenolic bioaccessibility of coffee by using an in vitro gastrointestinal digestion model. *Food Chemistry*, 308:125598.
- Ramirez-Coronel, M.A., Marnet, N., Kolli, V.S.K., Roussos, S., Guyot, S., Augur, C. 2004. Characterization and Estimation of Proanthocyanidins and Other Phenolics in Coffee Pulp (*Coffea arabica*) by Thiolytic–High-Performance Liquid Chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (5):1344-1349.
- Rodrigues, N.P., Bragagnolo, N. 2013. Identification and quantification of Bioactive compounds in coffee brews by HPLC–DAD–MSn. *Journal of Food Composition and Analysis*, 32(2):105-115.
- Sandstroëm, B. 2001. Micronutrient interactions: effects on absorption and bioavailability. *British journal of Nutrition*, 85(2):181-185.
- Santini, A., Ferracane, R., Mikušová, P., Eged, Š., Šrobárová, A., Meca, G., Ritieni, A. 2011. Influence of different coffee drink preparations on ochratoxin A content and evaluation of the antioxidant activity and caffeine variations. *Food Control*, 22(8):1240-1245.

- Smith, A.W., 1989.** Chapter 1: Introduction, 1-41, in *Coffee Chemistry Vol.1*, R.J. Clarke and R. Macrae, Ed. Elsevier Science Publishers Ltd., England, 306 p.
- TS 3117, 1978,** Kahve (Çiğ Çekirdek ve Öğütülmüş), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Vitali, D., Vedrına Dragojevic, I., Šebecic, B. 2009.** Effects of incorporation of integral raw materials and dietary fibre on the selected nutritional and functional properties of biscuits. *Food Chemistry*, 114:1462-1469.
- Yanagimoto, K., Lee, K. G., Ochi, H., Shibamoto, T. 2002.** Antioxidative activity of heterocyclic compounds found in coffee volatiles produced by Maillard reaction. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(19):5480-5484.
- Wang, H., Wu, J., Sun, S., Liu, B., Cheng, F., Sun, R., Wang, X. 2011.** Glucosinolate biosynthetic genes in *Brassica rapa*. *Gene*, 487(2):135-142.
- Wang, L.Z., He, Q.W. 2005.** Chinese Radish. *Scientific and Technical Documents Publishing House*, Beijing., 292-370.
- Zuorro, A., Lavecchia, R., 2012.** Spent coffee grounds as a valuable source of phenolic compounds and bioenergy. *Journal of Cleaner Production*, 34:49-56.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İDRİSS AMİT AROUFAİ  
Doğum Yeri ve Tarihi : Bangui 10 .02. 1992  
Yabancı Dili : Fransızca

Eğitim Durumu  
Lise : Barthelemy Boganda Lisesi 2009 – 2012  
Lisans : İNSFP EL HİDHAD SETİF (ALGERİE)  
2013 - 2016  
Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi 2016 – 2020

Çalıştığı kurum :

İletişim : [didriss52@yahoo.fr](mailto:didriss52@yahoo.fr)

Yayınları :

**Gocmen, D., Sahan, Y., Yildiz, E., Coskun, M., Aroufai, I.A. 2019.** Use of coffee silverskin to improve the functional properties of cookies. *Journal of Food Science and Technology*, 56(6):2979–2988. DOI: 10.1007/s13197-019-03773-y.

**Dulger Altiner, D., Caglak, S., Sahan, Y., Ates, M., Yilmaz, S., Aroufai, I. A. 2018.** Determination of antioxidant properties of raw, roasted coffee and coffee silverskin from different coffee beans. 3rd International Congress on Food Technology, October 10-12 October Nevsehir/Turkey (Oral Presentation).30 p.