

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**DEPOLAMA KOŞULLARININ TÜRK KAHVESİNİN FİZİKSEL, KİMYASAL
VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Gülderen COŞGUN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ocak 2022

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**DEPOLAMA KOŞULLARININ TÜRK KAHVESİNİN FİZİKSEL, KİMYASAL
VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Gülderen COŞGUN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ocak 2022

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEPOLAMA KOŞULLARININ TÜRK KAHVESİNİN FİZİKSEL, KİMYASAL
VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**



Gülderen COŞGUN
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 14/01/2022 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TORUN (Danışman)
Prof. Dr. Yakup Sedat VELİOĞLU
Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

ÖZET

DEPOLAMA KOŞULLARININ TÜRK KAHVESİNİN FİZİKSEL, KİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Gülderen COŞGUN

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TORUN

Ocak 2022; 81 sayfa

Türk kahvesini pişirme ve sunum tekniği yanında diğer kahvelerden ayıran en önemli özelliği çekirdeğin öğütme derecesinin de standartlar çerçevesinde belirlenmiş olmasıdır. Kahve gibi toz gıdaların partikül boyutu depolama sırasında meydana gelen kimyasal reaksiyonların hızlarını doğrudan etkilemektedir. Ayrıca partikül boyutuna bağlı olarak ürünün nem absorpsiyon hızı da değişmektedir. Nitekim bu tez kapsamında Türk kahvesi boyutlarını temsil eden çok ince (47.13-54.64 μm), ince (89.25-119.88 μm) ve ince orta (248.77-312.23 μm) olmak üzere farklı öğütme derecelerine sahip kahvelerin 5, 25 ve 45°C’lerde 28 günlük depolama periyodunda (0., 14. ve 28. gün) bazı kalite özelliklerindeki (nem miktarı, renk değerleri, klorojenik asit miktarı, kafein miktarı, yağ asiti bileşimi, aroma kompozisyonu ve duyuşsal özellikler) değişim incelenmiştir. Kahvenin biyoaktif özelliklerinden sorumlu bileşenleri olan klorojenik asit ve kafein depolama koşullarına bağlı olarak sırasıyla 1.05-1.38 g/100g KM ve 1.49-1.80 g/100g KM arasında değişmiştir. Kahve örneklerinde başlıca yağ asitleri olarak linoleik asit (%41.86-42.89) ve palmitik asit (%33.23-36.36) belirlenmiş, ayrıca oleik asit (%10.59-11.47), stearik asit (%7.38-8.48) ile iz miktarlarda miristik asit, margirik asit, elaidik asit, cis-11 eikosenoik asit, araşidik asit ve behenik asitler de tespit edilmiştir. Depolama başlangıcında kahvenin aroma bileşimi içerisinde tespit edilen vinil furan; 2,5-dimetil-4-hidroksi-3(2H)-furanon; 2-metoksi-fenol (Guaiacol); 3,4-dimetil-1H-pirol-2-karboksaldehit gibi bileşenler depolama süresine bağlı olarak üründen uzaklaşmıştır. Depolama süresi uzadıkça kahvenin aroma bileşenlerinden birçoğunun azaldığı ve kahve aromasının en iyi 5°C’de depolanan örneklerde korunduğu görülmüştür. Duyusal analiz sonucunda kahve aromasının en çok hissedildiği ve genel beğeni açısından en fazla tercih edilen örneğin depolama işlemine tabi tutulmamış taze öğütülmüş kahveden yapılan kontrol grubu olduğu ve bu örneğe en yakın duyuşsal değerlendirme sonuçları ise 5 °C’de depolanan örneklerde elde edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELE: Türk kahvesi, öğütme derecesi, depolama koşulları, kafein, yağ asidi, aroma bileşenleri, duyuşsal özellik

JÜRİ: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TORUN

Prof. Dr. Yakup Sedat VELİOĞLU

Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

ABSTRACT

THE EFFECT OF STORAGE CONDITIONS ON PHYSICAL, CHEMICAL AND SENSORY PROPERTIES OF TURKISH COFFEE

Gülderen COŞGUN
MSc Thesis in Food Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Mehmet TORUN

January 2022; 81 pages

In addition to the brewing and presentation technique of Turkish coffee, the most important feature that distinguishes it from other coffees is that the grinding degree of the bean is determined within the framework of standards. Particle size of powdered foods such as coffee directly affects the rates of chemical reactions that occur during storage. Furthermore, the moisture absorption rate of the product changes depending on the particle size. As a matter of fact, within the scope of this thesis, coffees with different grinding degrees, including very fine (47.13-54.64 μm), fine (89.25-119.88 μm) and fine medium (248.77-312.23 μm), representing the dimensions of Turkish coffee, were stored at 5, 25 and 45°C for 28 days. The changes in some quality characteristics (moisture content, color values, chlorogenic acid content, caffeine content, fatty acid composition, aroma composition and sensory properties) were investigated during storage period (0th, 14th, 28th). Chlorogenic acid and caffeine, which are the components responsible for the bioactive properties of coffee, varied between 1.05-1.38 g/100g DM and 1.49-1.80 g/100g DM, respectively, depending on the storage conditions. Linoleic acid (41.86-42.89%) and palmitic acid (33.23-36.36%) were determined as the main fatty acids in coffee samples, as well as oleic acid (10.59-11.47%), stearic acid (7.38-8.48%) and trace amounts of myristic acid, margiric acid, elaidic acid, cis-11 eicosenoic acid, arachidic acid and behenic acids were also detected. While vinyl furan, 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone; 2-methoxy-phenol (Guaiacol); Components such as 3,4-dimethyl-1H-pyrrole-2-carboxaldehyde was detected in the aroma composition of coffee at the beginning of storage; these compounds were released from the product depending on the storage period. It has been observed that as the storage time increases, many of the aroma components of the coffee decrease and the coffee aroma is best preserved in the samples stored at 5°C. As a result of the sensory analysis, the sample in which the coffee aroma is felt the most and the most preferred sample in terms of general taste was the control group made from freshly ground coffee that was not subjected to storage, and the sensory evaluation results closest to this sample were obtained in the samples stored at 5 °C.

KEYWORDS: Turkish coffee, grinding degree, storage conditions, caffeine, fatty acid, aroma compounds, sensory properties

COMMITTEE: Asst. Prof. Dr. Mehmet TORUN

Prof. Dr. Yakup Sedat VELİOĞLU

Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

ÖNSÖZ

Sahip olduğu eşsiz aroması, uyarıcı etkisi ve yapısındaki zengin biyoaktif bileşenler sayesinde dünyada sudan sonra en çok tüketilen içecek olan kahve hemen her yaştaki tüketicinin günlük diyeti içerisinde önemli bir yer edinmiştir. Dünyada farklı şekillerde tüketimi olan kahvenin ülkemizde de kendine özgü bir kültürü oluşmuş, pişirme tekniği ve sunumuyla Türk kahvesi kültürü ortaya çıkmıştır. Bu tez çalışması ile farklı partikül boyutuna ait toz kahve örneklerinin depolama koşullarına bağlı olarak zamanla değişime uğrayan kimyasal değişimi ve bu örneklerden hazırlanmış Türk kahvelerinin içim kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu tezin gerçekleştirilmesi sırasında bilgisi ve tecrübesi ile hem akademik hem de mesleki hayatımda daha başarılı olmam adına beni her zaman yönlendiren danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TORUN'a, deneyimleri ile çalışmama yön veren Gıda Mühendisi Doktor Ferhan BALCI TORUN'a, Öğr. Gör. Emrah EROĞLU'na içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın bütün aşamalarında beni yalnız bırakmayan, zor zamanlarımda beni cesaretlendiren, analizlerin gerçekleşmesi ve sonuçların yorumlanmasında yardımlarını benden esirgemeyen Gıda Yüksek Mühendisi Sinem SALMAN'a ve Gıda Yüksek Mühendisi Aysen Güher GÜNDEŞ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarında laboratuvar imkanlarını kullanmama olanak sağlayan Prof. Dr. Mustafa KARHAN, Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN ve Dr. Öğretim Üyesi Firuze ERGİN'e, çalışmalarım sırasında benden yardımlarını esirgemeyen Gıda Yüksek Mühendisi Handan BAŞÜNAL GÜLMEZ, Gıda Yüksek Mühendisi Keziban Kübra GÜNGÖR, Gıda Mühendisi Merve ÖZDEMİR'e içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez projemde materyal olarak kullandığım kahveyi sağlayan başta Gıda Mühendisi Ahmet ERDEN olmak üzere Anisah Gıda Sanayi ve Ticaret LTD. ŞTİ. yetkililerine teşekkür ederim.

Son olarak benim bu günlere gelmemdeki en büyük destekçilerim, öğrenmenin hiçbir zaman bitmeyeceğini ve asla geç olmadığını bana gösteren, her şeyin üstesinden gelebileceğimi öğreten babam İzzet COŞGUN'a, benim için her türlü fedakarlığı yapan, sevgisi ve şefkati ile tüm dertlerimi alan annem Hanım COŞGUN'a, her daim arkamda desteğini hissettiğim, aldığım her kararda yanımda olan, düştüğümde ilk ayağa kaldıran, ilk oyun arkadaşım abim Recep COŞGUN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Depolama Koşullarının Türk Kahvesinin Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

14/01/2022

Gülderen COŞGUN

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
2.1. Kahvenin Tarihi.....	3
2.2. Kahvenin Botanik Özellikleri, Yetiştirme Koşulları ve Ticareti.....	4
2.3. Kahvenin İşlenmesi	5
2.3.1.Kavurma	8
2.3.2.Öğütme	16
2.3.3.Paketleme	16
2.3.4.Demleme.....	17
2.3.4.1. Türk kahvesi.....	17
2.3.4.2. Espresso ve espresso bazlı kahveler.....	19
2.3.4.3. Filtre kahve.....	20
2.3.4.4. Soğuk demleme	20
2.4. Kahvenin Sağlık Üzerine Etkileri	20
3. MATERYAL VE METOT.....	22
3.1. Materyal	22
3.2. Metot	24
3.2.1.Kahve örneklerinin depolanması	24
3.3. Analizler	25
3.3.1.Nem miktarı.....	25
3.3.2.Su aktivitesi	25
3.3.3.Renk analizi	25
3.3.4.Klorojenik asit ve kafein miktarı	25
3.3.5.Yağ ekstraksiyonu	26
3.3.6.Yağ asidi bileşimi	26

3.3.7.Aroma bileşenlerinin belirlenmesi.....	27
3.3.8.Duyusal analizler	28
3.3.9.İstatiksel analizler	29
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	30
4.1. Nem Miktarı ve Su Aktivitesi Değeri	30
4.2. Renk Değerleri	33
4.3. Klorojenik Asit Miktarı.....	37
4.4. Kafein Miktarı	39
4.5. Yağ Asidi Bileşimi	40
4.6. Aroma Bileşenleri	52
4.7. Duyusal Özellikler.....	60
5. SONUÇLAR	63
6. KAYNAKLAR.....	64
7. EKLER.....	76
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

m	: Metre
s	: Saniye
kg	: Kilogram
g	: Gram
mg	: Miligram
µm	: Mikro metre
mL	: Mililitre
°C	: Santigrat derece
Bx°	: Briks
h°	: Hue Açısı
C	: Chroma

Kısaltmalar

SÇKM	:Suda çözünür kuru madde
Aw	: Su aktivitesi
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
AOCS	:Amerikan Yağ Kimyacılar Cemiyeti
KM	: Kuru Madde
EFSA	:Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kahvenin yayılım haritası.....	3
Şekil 2.2. Ham, olgun ve aşırı olgun kahve meyveleri	5
Şekil 2.3. Kahve meyvesinin yapısı.....	6
Şekil 2.4. Kahve çekirdeklerinin farklı kavurma şartlarında kavrulması sırasındaki hacim artışı (A: yüksek sıcaklık kısa süre, B: düşük sıcaklık uzun süre).....	10
Şekil 2.5. Kahve çekirdeklerinin farklı kavurma şartlarında kavrulması sırasındaki ağırlık kaybı (A: yüksek sıcaklık kısa süre, B: düşük sıcaklık uzun süre).....	11
Şekil 2.6. Yeşil kahve çekirdeğindeki önemli lezzet öncülleri ve temel aroma bileşiklerine dönüşümü	14
Şekil 2.7. Türk kahvesi	18
Şekil 3.1. Firma tarafından gönderilen öğütülmüş kahve örnekleri.....	22
Şekil 3.2. Kahve örneklerinin partikül boyut dağılımı	23
Şekil 3.3. Farklı boyutlarda öğütülmüş kahve örnekleri; 1) 47.13-54.64 µm, 2) 89.25-119.88 µm, 3) 134.27-245.93 µm, 4) 248.77-312.23 µm, 5) 326.38-426.99 µm, 6) 434.33-594.74 µm	24
Şekil 4.1. Depolama süresi sonunda a) çok ince b) ince c) ince-orta partikül boyutuna sahip kahvelerin görüntüleri.....	35
Şekil 4.2. (A) çok ince, (B) ince ve (C) ince-orta partikül boyutlarında öğütülmüş farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin yağ asidi bileşimindeki linoleik asitin depolama süresine bağlı değişimi (Alan)	46
Şekil 4.3. (A) çok ince, (B) ince ve (C) ince-orta partikül boyutlarında farklı partikül boyutlarında öğütülmüş, farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin yağ asidi bileşiminde palmitik asitin depolama süresine bağlı değişimi (Alan)	47
Şekil 4.4. (A) çok ince, (B) ince ve (C) ince-orta µm partikül boyutlarında farklı partikül boyutlarında öğütülmüş farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin yağ asidi bileşiminde oleik asitin depolama süresine bağlı değişimi (Alan)	48
Şekil 4.5. (A) çok ince, (B) ince ve (C) ince-orta partikül boyutlarında farklı partikül boyutlarında öğütülmüş, farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin yağ asidi bileşiminde elaidik asitin depolama süresine bağlı değişimi (Alan)	49
Şekil 4.6. Farklı partikül boyutuna sahip, farklı koşullarında depolanan kahve örneklerinin aroma profiline ait temel bileşen analizi sonuçları	59
Şekil 4.7. Farklı partikül boyutuna sahip, farklı koşullarında depolanan kahve örneklerinin aroma profiline ait hiyerarşik kümeleme analizi sonuçları	60
Şekil 4.8. Kahve örneklerine ait duyuusal analiz sonuçlarının örümcek ağı grafiği gösterimi.....	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Arabika ve Robusta kahve çekirdeklerinin kavurma prosesiyle kimyasal bileşimindeki değişim (Illy ve Viani 1995).....	9
Çizelge 2.2. Kahvenin kavrulması sırasında meydana gelen reaksiyonlar, öncüleri, oluşan bileşikler ve algılanan lezzet (Poisson vd. 2017).....	15
Çizelge 2.3. Kahve öğütme derecesi ve partikül boyutu (Anonim 2020).....	16
Çizelge 3.1. Farklı boyutlarda öğütülmüş kahve örnekleri ve partikül çapları.....	22
Çizelge 3.2. Çalışma kapsamında kullanılan örnek kodlamaları.....	25
Çizelge 3.3. HPLC çalışma koşulu ve gradient elusyon programı	26
Çizelge 3.4. GC-MS’de kullanılan analiz koşulları	27
Çizelge 3.5. SPME ve GC-MS’de kullanılan analiz koşulları.....	27
Çizelge 3.6. Duyusal analizde kullanılan tanımlayıcı terimler, referans ürün ve çözeltiler.....	28
Çizelge 3.7. Duyusal analiz formu.....	29
Çizelge 4.1. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı nem içeriği (%), su aktivitesi değerleri	32
Çizelge 4.2. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş, farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı olarak nem içeriği ve su aktivitesi değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	33
Çizelge 4.3. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı L, a, b, Hue açısı (h°), Chroma değerleri (C) değerleri	35
Çizelge 4.4. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı olarak L, a ve b değerlerine ait varyans analizi sonuçları	37
Çizelge 4.5. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı olarak hue açısı ve chroma değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	37
Çizelge 4.6. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş, farklı sıcaklıklarda depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı klorojenik asit içeriği (g/100 g KM).....	38
Çizelge 4.7. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı klorojenik asit içeriği (g/100 g KM) değerlerine ait varyans analizi sonuçları	38
Çizelge 4.8. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı kafein miktarları (g/100 g KM).....	39

Çizelge 4.9. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı klorojenik asit içeriği (g/100 g KM) değerlerine ait varyans analizi sonuçları	40
Çizelge 4.10. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı yağ asidi bileşimi (% Alan)	41
Çizelge 4.11. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı palmitik, linoleik, oleik ve elaidik asit miktarları (Alan x 10 ⁵)	44
Çizelge 4.12. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş, farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı olarak palmitik, linoleik, oleik, elaidik yağ asidi değerlerine ait varyans analizi sonuçları (Alan)	51
Çizelge 4.13. Partikül boyu çok ince (47.13-54.64 µm) olan kahve örneklerinde depolama süresi boyunca meydana gelen aroma değişimi (Alan)	53
Çizelge 4.14. Partikül boyu ince (89.25-119.88 µm) olan kahve örneklerinde depolama süresi boyunca meydana gelen aroma değişimi (Alan)	54
Çizelge 4.15. Partikül boyu ince-orta (248.77-312.23 µm) olan kahve örneklerinde depolama süresi boyunca meydana gelen aroma değişimi (Alan)	56
Çizelge 4.16. Kahve örneklerini duyusal analiz sonuçları	61
Çizelge 4.17. Kahvelerin duyusal analiz sonuçlarının ortalamalarına ait varyans analiz sonuçları	62

1. GİRİŞ

Kahve sudan sonra en fazla tüketilen alkolsüz içeceklerden biri olup tüketimi gün geçtikçe artmaktadır. Tüketimindeki yaygınlık kahvenin ticaretine de yansımış ve kahve petrolden sonra en yüksek ticaret hacmine sahip ürün olmuştur (Butt ve Sultan 2011). Dünyada 2020 yılında 10.520.820 ton kahve üretimi yapılmış, bu üretimin yaklaşık %40'lık kısmı Brezilya tarafından gerçekleştirilirken Vietnam, Kolombiya, Endonezya ve Etiyopya da diğer önemli kahve üreticisi ülkeler olmuştur (Anonymous 2021). Kahvenin 100'den fazla türü olmasına rağmen arabika (*Coffea arabica* L. var. *arabica*) ve robusta (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner var. *robusta*) olarak bilinen türleri ticarete konu olmaktadır (Cagliani vd. 2013). Aromasının daha iyi ve kafein içeriğinin daha düşük olmasına bağlı olarak acılığının daha az olması nedeniyle arabika türü robustaya göre daha çok tercih edilmektedir. Nitekim ticareti robustaya göre daha fazla yapılan arabikanın ekonomik değeri de daha yüksektir (Zhu vd. 2021). Kahvenin içim özelliği üzerinde hasat öncesi (yetiştigi bölgenin rakımı, toprak özellikleri, günlük sıcak değişimi, yağış miktarı, gübreleme, budama uygulamaları ve hasat metodu) ve hasat sonrası (pulp ayırma, kurutma, kabuk soyma, temizleme, ayıklama, sınıflama, kavurma, öğütme, depolama ve pişirme) işlemler etkili olup, fiziksel özellikler (çekirdek boyutu, ağırlığı, öğütme derecesi), kimyasal özellikler (kafein, trigonelin, klorojenik asit, aroma vb.) ve duyuşal özellikler içim kalitesini oluşturmaktadır (Bot ve Vos, 2017; Haile ve Kang, 2020). Kahve hasadı meyveler (kahve kirazları) tam olgunluğa ulaştığında yapılmakta, istenmeyen fermentasyon ve mikroorganizma gelişimini engellemek için meyveler hızlı bir şekilde işlenmektedir (Pereria vd. 2019). Kahve meyvesinde meyve etinin uzaklaştırılmasının amaçlandığı kabuk soyma işleminde kuru, yaş ve yarı kuru işleme olarak bilinen üç farklı yöntemden biri kullanılmakta, her bir yöntemle elde edilen kahvenin içim lezzeti de farklılık göstermektedir. Meyve etinin uzaklaştırılmasından sonra yeşil kahve çekirdeği üretim prosesinin en kritik aşamalarından olan kurutma işleminde güneşte kurutma veya mekanik kurutma yöntemiyle çekirdeklerin nem içeriği %10-12 seviyelerine kadar azaltılmaktadır (Taveira vd. 2015). Kahvenin arzu edilen karakteristik aroması ve lezzetinin oluşabilmesi için yeşil kahve çekirdekleri kavurma işlemine tabi tutulmaktadır. Kavurma işlemi ile kahveye özgü aroma kazandırılmakta aynı zamanda koyu bir renk, öğütme ve ekstraksiyon için kırılkan, gözenekli doku elde edilmektedir (Schenker ve Rothgeb 2017). Kahvenin bileşimi türü, yetiştiği bölgenin rakımı, toprak tipi, iklimi, işlenme şekli, çekirdeğin kavrulma derecesine göre farklılık göstermekte olup, bileşimindeki en önemli değişim kavurma sırasında meydana gelmektedir (Wintgens 2009; Cano-Marquina vd. 2013; Borém ve Shuler 2014; Folmer 2016; Schenker ve Rothgeb 2017;). Yeşil kahve çekirdeği temel olarak karbonhidratlar, azot içeren bileşikler (özellikle protein, trigonellin ve kafein), lipidler, organik asitler ve sudan oluşmakta olup, kavurma sırasında gerçekleşen bir dizi reaksiyon sonucunda kahvenin lezzet profili oluşmaktadır (Baggenstoss vd. (2008b). Kavrulmuş kahve çekirdeklerini içecek olarak tüketmek için çekirdeklerin öğütülerek küçük parçalara ayrılması gerekmektedir. Kahve kavrulduktan sonra en az 12-18 saat sonra gerçekleştirilen bu işlem ile kahve çekirdeklerinin yüzey alanı arttırılmakta ve bu durum yapısında bulunan çözünür maddeler, aroma ve diğer lezzet bileşenlerinin suya geçişini hızlandırmaktadır (Girginol 2017).

Günümüzde ülke, yöre ve tüketici isteklerine göre farklı şekillerde demlenip sunulan kahve, ülkemizde kendine özgü bir hazırlama şekliyle daha çok Türk kahvesi

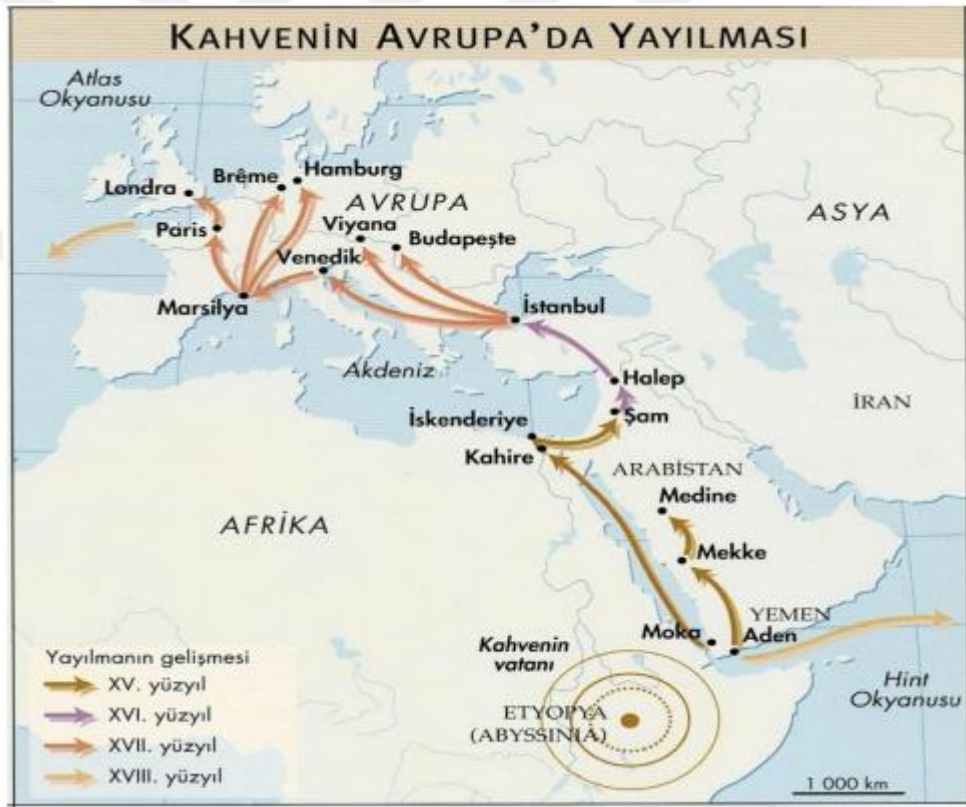
şeklinde tüketilmektedir. 17. Yüzyıl ortalarında saray içeceği olan kahve, zamanla Osmanlı halkı tarafından sevilerek içilmeye başlanmıştır. Türk halk ve mutfak kültüründe önemli bir yeri olan Türk kahvesi kültürel miras özelliği taşımaktadır. Nitekim konukseverliğin, paylaşımın ve iletişimin bir sembolü olan kahve cezvede pişirilmesi, fincanlarda Türk lokumu ile sunumu, azar azar yudumlanması ile bir ritüele dönüşmüştür. Akşam yemeklerinden sonra aile fertlerinin beraber kahve içmesi, kız isteme merasimlerinde evlenecek kızın elinden kahve içilmesi ve içilen kahve fincanından kahve falı bakılması gibi durumlar Türk kahvesinin kendine has kültürün göstergesini oluşturmaktadır. “Bir fincan kahvenin kırk yıl hatırı vardır” gibi atasözü, deyim ve türkölere konu olan Türk Kahvesi, Kültürü ve Geleneği 2013 yılından beri Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO) tarafından İnsanlığın Somut Olmayan Kültürel Mirasının Temsili listesine alınmıştır (Yönet Eren ve Ceyhun Sezgin 2018).

Türk kahvesi pişirme işleminde partikül boyutu elde edilecek içeceğin özellikleri üzerindeki en önemli etkiye sahip değişkenlerden biridir. Kahve terminolojisinde çok ince (50-75 μm), ince (76-125 μm), ince-orta (240-400 μm), orta (401-500 μm), orta-kalın (600-800 μm), kalın (1000-1200 μm), çok kalın (1201-1500 μm) olarak adlandırılan öğütme dereceleri tanımlanmış ve tüketici tercih ettiği demleme şekline göre öğütülmüş olan toz kahveleri tedarik etmektedir. Tüketici tarafından genellikle düşük miktarlarda temin edilen öğütülmüş kahveler, ambalajlarının açılmasını takiben tüketilmeye başlanmakta ve nispeten kısa sürelerde depolanmakta ve bu periyot ikincil raf ömrü olarak adlandırılmaktadır. Tüm gıdalarda olduğu gibi kahvede de depolama koşullarına bağlı olarak depolama süresi boyunca kalite kayıpları ve değişimleri meydana gelebilmektedir. Kavrulmuş kahve düşük su aktivitesinden dolayı mikrobiyal açıdan stabil bir ürün olsa da bileşimindeki aroma, yağ ve biyoaktif bileşenlerin ısı, oksijen, ışık vb. çevresel koşullara hassas olması depolama koşullarını önemli hale getirmektedir. Nitekim bu tezde çok ince (47.13-54.64 μm), ince (89.25-119.88 μm) ve ince orta (248.77-312.33 μm) olmak üzere farklı öğütme dereceleri sahip kahvelerin 5, 25 ve 45°C’lerde 28 günlük depolama periyodundaki bazı kalite özelliklerindeki (nem miktarı, renk değerleri, klorojenik asit miktarı, kafein miktarı, yağ asidi bileşimi, aroma kompozisyonu ve duyu özellikler) değişim incelenmiştir.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Kahvenin Tarihi

Türk kültüründe önemli bir yeri olan kahvenin tam olarak ne zaman ve nasıl keşfedildiği ile ilgili birçok farklı rivayet olmakla birlikte konu ile ilgili en çok karşılaşılan hikaye çoban Kaldi hikayesidir. Etiyopyalı bir çoban olan Kaldi, sürülerinin bilinmeyen bir ağacın meyvelerini yedikten sonra daha hareketli olduklarını fark etmiş, aynı meyveleri kendisi tükettiğinde de tanelerin kendisine zindelik verdiğini hissetmiştir. Çoban Kaldi yaşadığı durumu dönemin din alimlerine anlatmış ve bu durum büyük ilgi uyandırmıştır. Nitekim din alimleri uzun süren gece ibadetlerinde zinde kalmak amacıyla kurutulmuş kahve tanelerini suda kaynatarak tüketmeye başlamış, Sufi alimi Muhammed El-Dhabhani tarafından da kahve tam anlamıyla bir içecek haline getirilmiştir (Işın 2001; Standage ve Fethi 2005; Harun 2010; Kaplan 2011). En eski tarihçilerimizden Ahmet Efendi'ye göre ise kahvenin keşfi Şazeli ile başlamıştır. Habeşistan'daki tekkesinden 700'lü yılların başında kovulup dağlara sürgün edilen Şazeli kahve tanelerinden ekmek yaparak hayatta kalmış ve bu kullanım yayılarak kahve tüketiminin başlangıcını oluşturmuştur (Girginol 2017).



Şekil 2.1. Kahvenin yayılım haritası (Kefeli vd. 2020)

Etiyopya (Habeşistan) topraklarında içecek olarak kullanılmaya başlanan kahve, Mocha limanı ile Yemen'e ulaşmış, bu liman kahve ticaretinin önemli merkezlerinden biri olmuştur. Osmanlı topraklarına ilk kahvenin nasıl geldiği ile ilgili net bir bilgi olmamakla birlikte Işın (2001)'e göre Hac ibadetini yerine getirmek için Arap Yarımadasına giden Osmanlı hacıları sayesinde, Gürsoy (2012)'ye göre Mısır seferi

sonrasında Müslüman tüccarlar vasıtasıyla, Girginol (2017)'e göre ise Kanuni döneminde Yemen topraklarını Osmanlı'ya dahil eden Özdemir Paşa'nın çok sevdiği kahveyi getirmesi ile öncelikle İstanbul'da içilmeye ve yaygınlaşmaya başlamış, sonrasında kahve ülke içinde de hızla yayılmaya başlamıştır.

Kahve, ulema kesimi tarafından mekruh olarak görülse de Osmanlı topraklarında yaygınlaşmış ve halkın hayat tarzında da büyük değişikliklere neden olmuştur. 1554 yılında dünyanın bilinen ilk kahvehanesi olarak bilinen "Kivahan" İstanbul'un Tahtakale semtinde açılmış (Girginol 2017), günden güne sayıları artmıştır. Kahvehaneler kahve tiryakilerinin sıklıkla uğrayıp sohbet ettikleri noktalar haline gelmiş, çok geçmeden müderris, kadı ve önemli memurların dikkatini çekerek satranç veya dama oynayarak zaman geçirdikleri mekanlar haline gelmiştir (Eregiz 2017). Belirli dönemlerde verilen fetvalarla kahve haram sayılıp içilmesi yasaklanmış, kahve içenler cezalandırılmış ve mevcut kahvehaneler kapatılmıştır.

Kahvenin Avrupa'ya geçişi 1600'lü yılların başında Venedikli tüccarların kahveyi gemilerle Avrupa'ya götürmeleri ile başlamıştır. 1683 yılında Osmanlı'nın Viyana kuşatması sırasında yanlarında götürdükleri kahve çuvalarını kuşatmanın başarısız olmasından dolayı orada bırakmaları ve kahvenin ne olduğunu bilen Avurturyalı Kolschitzky'nin kahveyi işlemesi, kahvenin Viyana'da oradan Fransa, İngiltere, İtalya gibi Avrupa ülkelerine yayılış göstermiştir (Çomakçioğlu 1991; Girginol 2017). Kahvenin Avrupa'dan Amerika'ya geçişi ise 19. yüzyılda bir deniz subayı olan Gabriel Mathieu de Clieu'nın bahçesine kahve fidanı ekmesiyle başlamış, buradan Amerika kıtasına yayılmıştır (Girginol 2017).

2.2. Kahvenin Botanik Özellikleri, Yetiştirme Koşulları ve Ticareti

Rubiaceae ailesinin *Coffea* cinsi ağacı tohumlarının kavrulup, öğütülüp su ile pişirilmesi ile elde edilen bir içecek olan kahvenin 100'ün üzerinde türü bulunmaktadır. (Ukers 1935; Kıvançlı 2011; Anonim 2021). Kahve soğuğa karşı hassas bir bitki olup, yağışın bol olduğu, ortalama sıcaklığın 18-24°C ve don olayının görülmediği tropikal bölgelerde yetişmektedir (Girginol 2018). Rakımın aroma üzerinde etkili olduğu kahve yetiştiriciliğinde 1200 m ve üzeri yüksekliklerde yetiştirilen kahve çekirdekleri "kaliteli" olarak tanımlanırken, 1500 m ve üzerinde yetişen kahve ağaçlarından elde edilen çekirdekler "nitelikli" olarak tanımlanmaktadır (Durmaz 2015). Yabani kahve ağacı türleri 10 m'ye kadar büyümekte olup yetiştirilen kahvelerin hasadında kolaylık sağlanması için belirli aralıklarda budanarak boyları yaklaşık 3 m olarak tutulmaktadır (Charrier ve Berthaud 1985). Kahve fidanları dikildikten yaklaşık 3 yıl sonra ilk meyvesini vermeye başlamakta ve kahve ağaçları 30-40 yıl boyunca meyve vermektedir. En verimli dönemlerini 8 ile 12 yaşları arasında geçiren bitki, bu dönemde yılda 1 kg çiğ kahve çekirdeği diğer bir adıyla yeşil kahve çekirdeği elde edilmekte ve bu miktar yıldan yıla azalmaktadır (Taştan 2009; Durmaz 2015).

Kahve türlerinden *Coffea arabica* Linn. (arabica), *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (robusta) ve *Coffea liberica* ticari olarak önem taşımaktadır (Ferreira vd. 2019). Bu türlerden *C. arabica* bilinen kahve türlerinden içim kalitesi en yüksek tür olması ile birlikte *C. canephora* türü kadar güçlü ve dayanıklı değildir (Anthony vd. 2002; Clifford 2012). *C. liberica* ise *C. canephora*'ya kıyasla daha yüksek içim kalitesine sahip olmasına rağmen hastalıklara karşı hassas olması nedeniyle az yetiştirilmektedir (N'diaye vd.

2005). Uluslararası Kahve Organizasyonunun 2020 yılına ait verileri incelendiğinde, dünyada 10.520.820 ton kahve üretiminin yapıldığı, Brezilya (4.140.000 ton), Vietnam (1.740.000 ton), Kolombiya (858.000 ton), Endonezya (726.000 ton) ve Etiyopya'nın (442.500 ton) en önemli 5 kahve üreticisi ülke olduğu görülmektedir. Kahve türlerine göre üretim miktarları incelendiğinde ise üretimin %60'ının *C. arabica*'dan, %40'ının da *C. canephora*'dan oluştuğu görülmektedir. (Anonymous 2021).

2.3. Kahvenin İşlenmesi

Kahve sahip olduğu hoş a giden aroması ve dolgun lezzetiyle sudan sonra en çok tercih edilen alkolsüz içeceklerden biridir. Kahvenin lezzetini hasat öncesi (yetişt iği bölgenin rakımı, toprak özellikleri, günlük sıcak değ iş imi, yağış miktarı, gübreleme, budama uygulamaları ve hasat metodu) ve hasat sonrası (pulp ayırma, kurutma, kabuk soyma, temizleme, ayıklama, sınıflama, kavurma, öğütme, depolama ve pişirme) yapılan birçok işlem etkilemektedir. Özellikle hasat sonrası uygulanan doğru işlemler yeş il kahve çekirdeklerinin kalite kriterlerine yaklaşık %60 oranında olumlu katkı sağlanmaktadır (Musebe vd. 2007).

Kahve üretiminin ilk basamağı olan hasat, iyi içim kalitesine sahip kahve için önemli bir aşamadır. Kahve meyveleri olgunlaşma aşamasında heterojen bir olgunlaşma süreci göstererek aynı anda ağaç üzerinde olgunlaşmamış, olgunlaşmış ve aşırı olgunlaşmış meyveler bulunmaktadır (Şekil 2.2). Olgunlaşan meyvelerin yapısında bulunan düşük konsantrasyondaki fenolik bileşikler kahvedeki burukluğun azalmasını sağlarken, yapısındaki aroma ve lezzet özelliklerinden sorumlu olan uçucu bileşikler (aldehitler, ketonlar ve yüksek alkoller) olgunlaşmamış meyvelere oranla daha yüksek oranda bulunmaktadır (Pimenta vd. 2008). Nitekim bitkide minimum olgunlaşmamış meyve ve homojen bir olgunlaşma aşamasına ulaşıldığında kahve hasadına başlanması kaliteli kahve üretiminde önemli rol oynamaktadır (Bee vd. 2005).

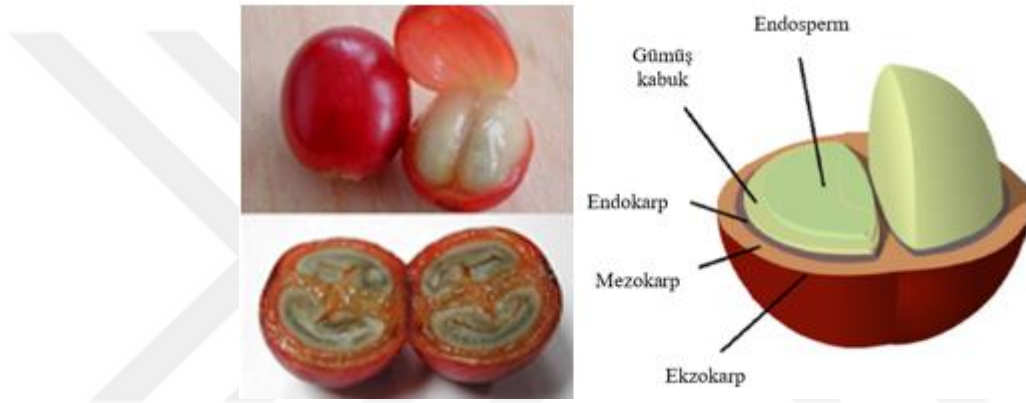


Şekil 2.2. Ham, olgun ve aşırı olgun kahve meyveleri

Kahve hasadı elle veya mekanik yolla gerçekleştirilmekte olup, uygulanacak metot arazinin yapısı, eğim, meyvelerin olgunluk dağılımı, işçilik maliyeti, bitki yüksekliğine bağlı olarak değ işmektedir (Sanz-Urbe vd. 2017). Elle toplama yöntemi, dik yamaçlarda ve mekanizasyonun zor olduğu arazilerde olgun ve olgunlaşmamış tüm çekirdeklerin toplanmasında tercih edilmekte olup, sadece olgun kahve çekirdeklerinin toplanması ile daha kaliteli çekirdeklerin üretilmesi mümkün olmaktadır. Mekanik hasat yönteminde ise meyvelerin ağacın altına yerleştirilen örtülere sıyırılmasıyla ya da dallarının titreşimine dayalı mekanik hasat makinelerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilmektedir (Bee vd. 2005; De Bruyn vd. 2017). Elle toplanarak yapılan hasadın çok maliyetli ve zahmetli olması

nedeniyle arazi koşullarının uygun olması durumunda kahve meyveleri mekanik yolla hasat edilmekte olup, sonrasında içim kalitesini etkileyen olgunlaşmamış ve kusurlu meyveler ayrılmaktadır (Huch ve Franz 2015).

Kahve meyvesi olgunlaşması sırasında turuncudan kırmızı mora dönen, meyveyi dış dirençten koruyan kabuk (ekzokarp), karbonhidrat (glikoz, fruktoz ve pektin), proteinler, yağ önemli miktarda tanen, polifenol ve kafein açısından zengin, tatlı, lifli, etli sarı-beyaz hamur ve müsilağdan meyve eti (mezokarp) (Murthy ve Naidu 2012; Janissen ve Huynh 2018), tohumları çevreleyen, α -selüloz, hemiselüloz, lignin ve küllerden oluşan ince, sarımsı, ufalanmış kağıt benzeri bir polisakkarit olan parşömen tabakası (endokarp) (Esquivel ve Jimenez 2012), her bir tohumu çevreleyen monosakkaritler, proteinler, polifenoller, selüloz ve hemiselülozdan oluşan yüksek fenolik bileşik ve antioksidan aktiviteye sahip kabuk (gümüş kabuk) (Farah ve dos Santos 2015; Janissen ve Huynh 2018) ve çekirdekten (endosperm) oluşmaktadır (Şekil 2.3) (de Melo Pereira vd. 2019).



Şekil 2.3. Kahve meyvesinin yapısı (Farah ve dos Santos 2015)

Kahve meyvesinde meyve etinin uzaklaştırılmasının amaçlandığı kabuk soyma işleminde kuru, yaş ve yarı kuru işleme olarak bilinen üç farklı yöntemden biri kullanılmaktadır. Bu işleme meyve etinin fermentasyona uğraması ve küf oluşumu gibi olumsuz etkilerin oluşmaması için hızlı bir şekilde başlanması gerekmektedir (Trugo ve Macrae 1984; Illy ve Viani 2005; Haile ve Kang 2019). Uygulanan işlem ile kahvenin içim kalitesi değiştirilebilmekte, asitlik ve dolgunluk gibi özellikleri istenilen şekilde oluşturulabilmektedir. Nitekim kuru işlem ile tatlı, dolgun, kompleks bir aroma oluşmaktayken, fermentasyon ve ardından gerçekleştirilen yaş işleme ile asitliği ve aroması dengeli çekirdekler elde edilmektedir (Sanz-Urbe vd. 2017). Ayrıca misk kedileri ve fillerin kahve meyvelerini tüketmesi ile çekirdeklerin sindirim sisteminde uğradığı fermentasyon sonucu eşsiz lezzete sahip kahve çekirdekleri üretilmektedir (Girginol 2017).

Kuru işleme, hasat edilen kahve meyvelerinin güneşte veya mekanik kurutucuda kurutulup sonrasında çekirdeklerin kuruyan dış kabuklarından ve meyve etinden ayrılması ile yeşil kahve çekirdekleri elde etmek için kullanılan en eski, en ucuz ve basit işleme yöntemidir (Taveira vd. 2015). İçim kalitesinin iyileştirilmesi için meyveler yüzdürme tanklarında yıkanarak olgunlaşmamış ve bozulmuş kahve meyvelerinden uzaklaştırılarak kurutma işlemine alınmaktadır (Farah 2009). Güneşte kurutma işleminin uzun süren bir süreç olması, meyve etrafında bulunan müsilağ tabakasının yüksek

higroskopik özelliği nedeniyle ikincil fermantasyon riski oluşturmaktadır. Bu nedenle güneşte kurutma aşamasında ince bir tabaka halinde yayılan kahve meyvelerinde dengeli kuruma sağlanması için belirli aralıklarda meyveler karıştırılarak 10 ile 21 gün arasında kuruma işlemi tamamlanır. Kurutma makineleri ile hızlı bir kurutma işleminin yapılması da tercih edilen yöntemlerdendir (Haile ve Kang 2019).

Islak ve kuru işlem arasında bir ara işlem olan yarı kuru işlemede, kahve meyvelerinin mekanik olarak meyve etinden (pulptan) arındırılmasından sonra müsilaj tabakası ile birlikte meyveler güneşte kurutma işlemine tabi tutulmaktadır (Vinícius de Melo Pereira vd. 2017). Kurutma işlemi sonucunda kahve çekirdekleri makine veya yerel metotlarla parşömen tabakadan ayrılmaktadır. Elde edilen kahve çekirdekleri parlak ve yabancı tatları barındırmayan temiz bir içim kalitesine sahipken kuru işleme yöntemine kıyasla daha az dolgunluğa sahip olmaktadır (Ribeiro vd. 2017).

Birçok farklı işleme versiyonunun olduğu ıslak işleme yöntemi genel olarak olgun meyveler için uygulanır. Yüksek içim kalitesine sahip çekirdek üretiminde kullanılan yöntemde, hasattan hemen sonra yıkanan kahve meyveleri mekanik yolla meyve etinden arındırılmakta, çekirdeği saran müsilaj tabakasının 12-36 saat boyunca mikrobiyal yolla bozunması (fermantasyon) sağlanmaktadır. Doğal olarak, mikroorganizma ve enzimlerin eklenmesi ile gerçekleştirilen fermantasyon ile çekirdekte kalan hamur ve gümüş tabaka uzaklaşmakta, asitlik artarak pH 4.5'e düşebilmektedir (Knopp vd. 2006; Farah ve dos Santos 2015). Temiz su tanklarında yıkama işlemi yapılan kahve çekirdekleri kuru işlemeye kıyasla daha kısa süre güneşte kurutma işlemine tabi tutulmaktadır (Bee vd. 2005). Fermantasyon aşamasında mikroorganizmalar meyve eti ve müsilajdaki besinleri tüketirken kahve çekirdeklerinde depolanan ve kahve kalitesini etkileyebilecek farklı metabolitler ve organik asitler üretmekte, mikroorganizma çeşitliliği ve ortam varyasyonlarına bağlı olarak ürettikleri metabolit farklılıkları geniş yelpazede kahve kaliteleri oluşmasına neden olmaktadır (Massawe ve Lifa 2010; Silva vd. 2013).

Yeşil kahve çekirdeği üretim prosesinin en kritik aşamalarından biri olan kurutma işleminde güneşte kurutma veya yapay kurutma yöntemiyle çekirdeğin nem içeriği %10-12 seviyelerine kadar indirilmektedir. Fazla kurutulmuş çekirdekler gevrek, kırılgan bir yapı kazanmakta ve bu durum kurutma sonrası çekirdek üstünde bulunan parşömen tabakasının uzaklaştırılması aşamasında birçok kusurlu (kırık) çekirdek oluşmasına sebep olabilmektedir. Bununla birlikte az kurutulmuş çekirdeklerde ise, özellikle mantar ve bakteri gelişimi nedeniyle mikrobiyal bozulmalar meydana gelebilmektedir (Taveira vd. 2015). Bu nedenle güneşte kurutma işleminde kahvenin tekdüze kuruması için ürün kontrollü olarak tırmıkla karıştırılmaktadır. Yapay kurutma yönteminde çekirdekler 40-45 °C sıcaklıkta kurutulur. (Ghosh ve Venkatachalapathy 2014).

Kurutma işleminden sonra elde edilen yeşil kahve çekirdekleri bakteri ve küf gelişimini engellemek için %10-12'lik nem içeriğine getirilmekte, kusurlu çekirdekler ayrıldıktan sonra boy ve kaliteye göre sınıflandırılarak çuvallarda paketlenip depolanmaktadır (Borém ve Shuler 2014; Ghosh ve Venkatachalapathy 2014; Folmer 2016; Girginol 2018; Sanz-Urbe vd. 2017). Düşük sıcaklık, uygun nem içeriği (%11) ve inört bir atmosferde depolanan taze işlenmiş kahve çekirdekleri 3 yıla kadar saklanırken, çimlenme kabiliyetini 6 aya kadar sürdürebilmektedir (Speer ve Kölling-Speer 2006; Ribeiro vd. 2011; Toci vd. 2013). Nitekim canlılığını kaybeden kahve çekirdeklerinde yaşlanma reaksiyonları başlamakta, klorojenik asit oksidasyonu ve yağ bileşimindeki

değişiklikler çekirdeklerde mavi yeşil rengin oluşmasına neden olmaktadır. Tüm bu değişiklikler içim kalitesinin de azalmasına sebep olmaktadır (Speer ve Kölling-Speer 2006).

2.3.1. Kavurma

Kahvenin bilinen karakteristik aroması ve lezzetinin oluşabilmesi için yeşil kahve çekirdekleri kavurma işlemine tabi tutulmaktadır. Kavurma genel olarak kuru ısı işlem olarak tanımlanırken sıcak hava veya sıcak yüzey ile temas ettirilerek kavrulmuş kahvenin elde edildiği termal bir işlemdir. Kavurma işlemi ile kahve çekirdeklerine fiziksel olarak koyu bir renk, öğütme ve ekstraksiyon için kırılabilir, gözenekli doku kazandırılırken kimyasal açıdan polisiklik aromatik hidrokarbonlar (aromatik bileşikler) ve akrilamid gibi toksik bileşikler oluşabilmektedir (Bagdonaite vd. 2008; Schenker ve Rothgeb 2017). Nitekim elde edilen kavurulmuş kahvenin uçucu bileşen profili kahve aromasını oluşturmakta iken, uçucu olmayan bileşenler kahvenin ekşiliği, acılığı ve burukluğundan sorumlu olmaktadır (Teranishi vd. 1999).

Kahvenin bileşimi türü, yetiştiği bölgenin rakımı, toprak tipi, iklimi, işleme şekli, çekirdeğin kavurma derecesine göre farklılık göstermekte olup, bileşimindeki en önemli değişim kavurma sırasında meydana gelmektedir (Wintgens 2009; Cano-Marquina vd. 2013; Borém ve Shuler 2014; Folmer 2016; Schenker ve Rothgeb 2017). Çizelge 2.1’de arabika ve robusta yeşil kahve çekirdeklerinin çiğ ve kavurulmuş bileşimi yer almaktadır. Yeşil kahve çekirdeği temel olarak karbonhidratlar, azot (N) içeren bileşikler (özellikle protein, trigonellin ve kafein), lipidler, organik asitler ve sudan oluşmaktadır. Baggenstoss vd. (2008b) yapmış oldukları çalışmada lezzet profiline etkili olan şeker, amino asitler, klorojenik asit içeriği yanında, su içeriğinin de nihai kahve kalitesi için önemli rol oynadığını belirtmişlerdir.

Çizelge 2.1. Arabika ve Robusta kahve çekirdeklerinin kavurma prosesiyle kimyasal bileşimindeki değişim (Illy ve Viani 1995)

Bileşen	Arabika		Robusta	
	Yeşil çekirdek % KM	Kavrulmuş çekirdek % KM	Yeşil çekirdek % KM	Kavrulmuş çekirdek % KM
Kafein	1.2	1.3	2.2	2.4
Trigonelin	1.0	1.0	0.7	0.7
Proteinler ve amino asitler				
Proteinler	9.8	7.5	9.5	7.5
Amino asitler	0.5	0.0	0.8	0.0
Şekerler				
Sükroz	8.0	0.0	4.0	0.0
İndirgen şekerler	0.1	0.3	0.4	0.3
Diğer şekerler	1.0	t.e.	2.0	t.e.
Polisakkaritler	49.8	38.0	54.4	42.0
Asitler				
Alifatik	1.1	1.6	1.2	1.6
Kinik	0.4	0.8	0.4	1.0
Klorojen	6.5	2.5	10.0	3.8
Lipitler	16.2	17.0	10.0	11.0
Karamelizasyon/ kondensasyon ürünleri	-	25.4	-	25.9
Uçucu bileşenler	İz miktarda	0.1	İz miktarda	0.1
Mineraller	4.2	4.5	4.4	4.7
Su	8-12	0-5	8-12	0-5

KM: Kuru madde üzerinden miktarı ifade etmektedir.

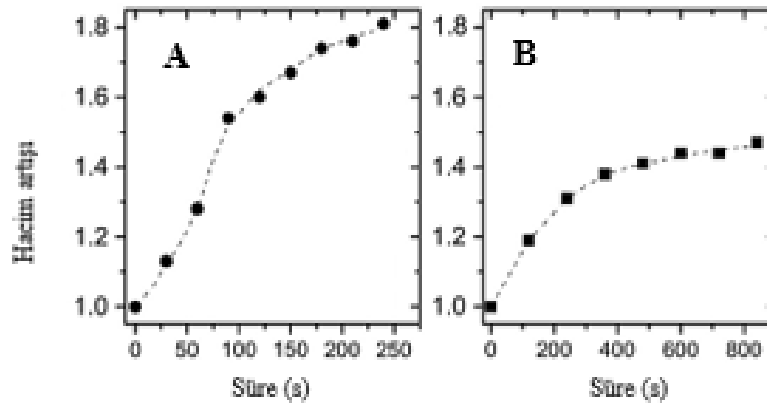
Zengin fenolik madde içeriğine sahip yeşil kahve çekirdekleri (Fisk vd. 2012a) yeterli lezzet profiline sahip olmadığı için aroma profillerini geliştirmek amacıyla hedeflenen son ürüne göre 170-230°C aralığında 10-15 dakika süreyle kavurma işlemine tabi tutulmaktadır (Illy ve Viani 1995). Kavurma işlemi sırasında gerçekleşen olaylar şu şekildedir;

1. Endotermik olarak gerçekleşen kavurma işleminin ilk aşamasında yeşil kahve çekirdeklerinin sıcaklığı 100°C'ye kadar yükselmekte, çekirdek bünyesindeki %10-12'lik nem içeriği endotermik reaksiyonlar ile %6'ya düşmekte ve çekirdeklerin rengi yeşilden sarıya dönerken aroma, otsu kokudan tatlı ekmek kokusuna dönüşmektedir.
2. Çekirdek sıcaklığının 170°C'ye ulaştığı 2. aşamada karmaşık kimyasal reaksiyonlar (Maillard reaksiyonu, Strecker degradasyonu, proliz, bozunma reaksiyonları) başlamakta, ekzotermik olarak gerçekleşen reaksiyonlar ile sıcaklık 190-210°C'ye ulaştığında ise aroma ve CO₂ salınımı meydana gelmektedir. Bu aşamada reaksiyon tekrar endotermik hale dönmekte ve çekirdek rengi kahverengine dönüşmektedir. Sıcaklık 210°C'ye ulaştığında ise reaksiyonlar tekrardan ekzotermik hale gelmektedir.

3. Kavurma işleminin tamamlandığı aşamada çekirdekler hava veya su kullanılarak hızla soğutulmaktadır (Flament 2001; Yeretizian vd. 2002; Buffo ve Cardelli-Freire 2004).

Kavurma işlemi sırasında çekirdekte fiziksel ve kimyasal değişimler meydana gelmektedir. Fiziksel değişimler incelendiğinde ürün sıcaklığı kimyasal reaksiyonların başlayabilmesi için belirli bir sürede 190°C'yi aşması gerekmekte, 3 ile 20 dakika arasında değişen kavurma süresinde nihai ürün sıcaklığı 200-250°C arasında olmaktadır. Çekirdek rengi, kavurma derecesinin en belirgin ve görünür göstergesi olarak ampirik (deneyime dayalı, tecrübe kazanılmış) şekilde belirlenerek ve kavurma parametresi olarak kullanılmaktadır. Kahve çekirdekleri kavurma sırasında yeşilden sarı, turuncu, kahverengi, koyu kahverengi ve neredeyse siyah olarak değişmekte ve bu renk değişimi lezzet gelişimi ile de yakından ilişkilendirilmektedir (Folmer 2016; Schenker ve Rothgeb 2017).

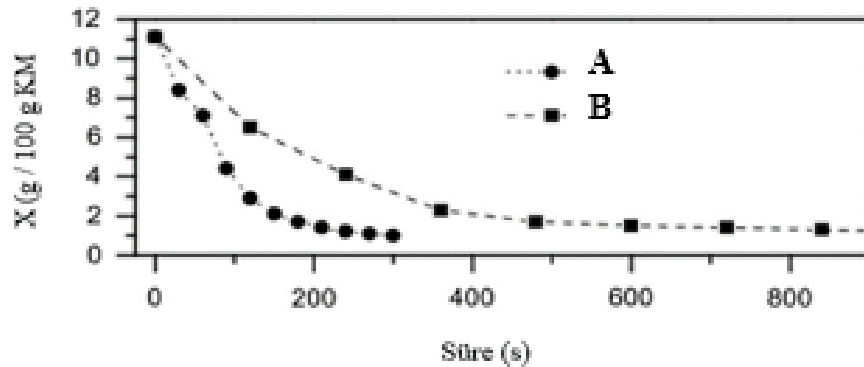
Kahve çekirdeklerinin hacmi kavurma sırasında 2 katına kadar çıkabilmekte, çekirdek yapısı mikro yapı yoğunluğundan çok gözenekli yapıya dönüşmektedir (Schenker vd. 1999). Çekirdeklerde patlamış mısırın kavurma işleminde olduğu gibi anlık bir hacim artışı oluşmasının aksine sabit bir şekilde sürekli olarak hacim artışı görülmektedir (Şekil 2.4). Hacim artışıdaki itici gücü, çekirdek iç yapısında olan gaz basıncı oluştururken kalın hücre duvarı buna karşı bir direnç göstermektedir. Nitekim hacim artışı, gaz oluşumu ve hücre duvarı direnci arasındaki karmaşık bir dinamiğin sonucu olarak gerçekleşmekte ve bu dinamik sıcaklık ve nem tarafından yönetildiğinden kavurma sırasında dehidrasyon kinetiği önemli rol oynamaktadır (Schenker ve Rothgeb 2017).



Şekil 2.4. Kahve çekirdeklerinin farklı kavurma şartlarında kavurulması sırasında hacim artışı (**A:** yüksek sıcaklık kısa süre, **B:** düşük sıcaklık uzun süre) (Schenker ve Rothgeb 2017)

Yeşil kahve çekirdekleri başlangıçta %10-12 nem içeriğine sahip iken kavurma sırasında dehidrasyon sonucu nem içeriği %2.5 seviyesine kadar azalmaktadır (Şekil 2.5). Yeşil kahve çekirdeğinde bulunan suya ek olarak kimyasal reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan yüksek miktarda su bulunmaktadır. Çekirdek yapısındaki toplam su içeriği fiziksel ve kimyasal değişimler için kilit rol oynamakta, nitekim aroma oluşumunu sağlayan

kimyasal reaksiyonların hızı suyun varlığıyla ilişkilendirilmektedir. Çekirdek neminin kritik değerin altına düştüğü durumda reaksiyonlar yavaşlamaktadır.



Şekil 2.5. Kahve çekirdeklerinin farklı kavurma şartlarında kavrulması sırasında ağırlık kaybı (A: yüksek sıcaklık kısa süre, B: düşük sıcaklık uzun süre) (Schenker ve Rothgeb 2017)

Kahve çekirdekleri kavurma sırasında yeşil kahve çekirdeğinin kalitesi ve kavurma parametrelerine bağlı olarak %12-20 arasında ağırlık kaybetmektedir. Kavurma işlemi ile oluşan ağırlık kaybı, suyun buharlaşması, organik maddelerin gaza ve uçucu maddelere dönüşümü ile, çekirdekten parşömen tabakanın (kahve zarının) ayrılması sonucu oluşmakta olup, ürüne özgü olarak değişmektedir. En yüksek ağırlık kaybı dehidrasyondan kaynaklanmakta, organik madde kaybı ilerleyen aşamalarda olmakta ve koyu kavrulmuş kahve çekirdeklerinde az kavrulmuş kahve çekirdeklerine oranla daha yüksek ağırlık kaybı görülmektedir. Kavurma sırasında çekirdek yapısındaki dokunun bozulması kahve yağının harekete geçmesine neden olmaktadır. Çekirdek içindeki gaz basıncı çekirdekte kavurma ile oluşan mikro kanallardan kahve yağını çekirdek yüzeyine itmektedir. Böylece çekirdek yüzeyinde küçük yağ damlacıkları belirir ve bu damlacıklar birleşerek tüm çekirdeği parlak bir yağ filmi ile kaplamaktadır (Schenker ve Rothgeb 2017). Kahve yağı kahvenin aroması ve lezzetinden sorumlu uçucu maddelerin tutunmasına yardımcı olmaktadır. Kahve çekirdeklerinin kavrulması sırasında meydana gelen kimyasal değişimler incelendiğinde sıcaklığın artmasına bağlı olarak meydana gelen kimyasal reaksiyonlar bu değişimde etkili olmaktadır.

Endotermik ve ekzotermik olarak gerçekleşen reaksiyonlarda kavurma boyunca karbonhidratları etkileyen en önemli reaksiyonların başında Maillard reaksiyonu, Strecker degradasyonu, piroliz ve karamelizasyon yer alırken kavurma boyunca protein ve organik asitlerin denatürasyonu da gerçekleşmektedir. Kavurma işleminin ilk aşamasında suyun uzaklaşması ve kimyasal reaksiyonların başlaması için endotermik faz gerçekleşmekte, kavurma devam ederken kimyasal reaksiyonlar ekzotermik faza dönüşüp kendiliğinden ısı üretmeye başlamaktadır (Raemy ve Lambelet 1982; Schenker ve Rothgeb 2017). Piroliz ve Maillard reaksiyonu sonucu oluşan gaz bileşiminde yüksek miktarda CO₂ bulunmakta, ayrıca CO ve N₂ da oluşmaktadır. Oluşan gazların bir kısmı kavurma sırasında atmosfere salınırken büyük bir kısmı çekirdekte sıkışmış halde kalmaktadır. Kahve çekirdeklerinin hücre duvarları zamanla bu basınca karşı gerilmekte ve gözenek içinde yayılarak hacimleri artmaktadır. Son kavurma aşamasında

yapısal parçalanma ve çatlamlar meydana gelerek ani mikro patlamalarda gaz çıkışı olmaktadır.

Kavurma derecesinin artması kahvenin asitliğinin azalmasına ve acılığının artmasına neden olmaktadır. Kavurma sırasında yüksek oranda parçalanan klorojenik asit duyuşal lezzete sınırlı bir katkıda bulunurken, yeşil çekirdekte bulunup kavurma sırasında azalan sitrik ve malik asit (Balzer 2001) ile kavurmanın ilk aşamalarında karbonhidrat öncülerinden üretilen asetik ve formik asit duyuşal lezzet için oldukça önemlidir. Duyusal olarak toplam asitlik kavurma sırasında azalmaktadır. Kahvede bulunan kafein sert bir acı tada sahip olmasına rağmen kahvedeki acılığın %10-20'sinden sorumlu olmaktadır (Schenker ve Rothgeb 2017). Kahvede acılığa etkili olan ana bileşen klorojenik asit laktonlarının yıkımı sonu oluşan phenylindanlardır (Hofmann vd. 2008).

Kahve sahip olduğu fenolik asitler (kafeik asit, klorojenik asit, kumarik asit, ferulik asit, gallik asit, vanilik asit, sinamik asit), fenolik asit esterleri, kafein, trigonelin, kafestrol ve kahveol gibi biyoaktif bileşenler sayesinde iyi bir antioksidan kaynağı olarak gösterilmektedir (Vignoli vd. 2011; Komes ve Bušić 2014). Kahve çekirdeklerinin bileşimi yetiştirme koşullarına göre farklılık göstermekte olup arabika türü (4.2-5.76g/100 g) kahve çekirdekleri robusta türüne (7.43-3.43 g/100 g KM) göre daha yüksek miktarda klorojenik asit içerdiği bildirilmektedir (Farah ve Donangelo 2006). Somporn vd. (2011) arabika kahve çekirdeklerinin klorojenik asit içeriğinin kavurma derecesine bağlı olarak değişimini araştırdıkları çalışma sonucunda klorojenik asit miktarının yeşil kahve çekirdeğinde 125.39 mg/100 g, az kavrulmuşta 67.44 mg/100 g, orta kavrulmuşta 22.29 mg/100 g, koyu kavrulmuş kahvede ise 37.94 g/100 g olduğunu belirlemişlerdir. Aynı örneklerle ait kafeik asit içeriğinin yeşil kahve çekirdeğinde 6.34 mg/100 g, az kavrulmuşta 3.19 mg/100 g, orta kavrulmuşta 9.50 mg/100 g ve koyu kavrulmuş kahve de ise 6.84 g/100 g şeklinde değiştiği bildirilmiştir.

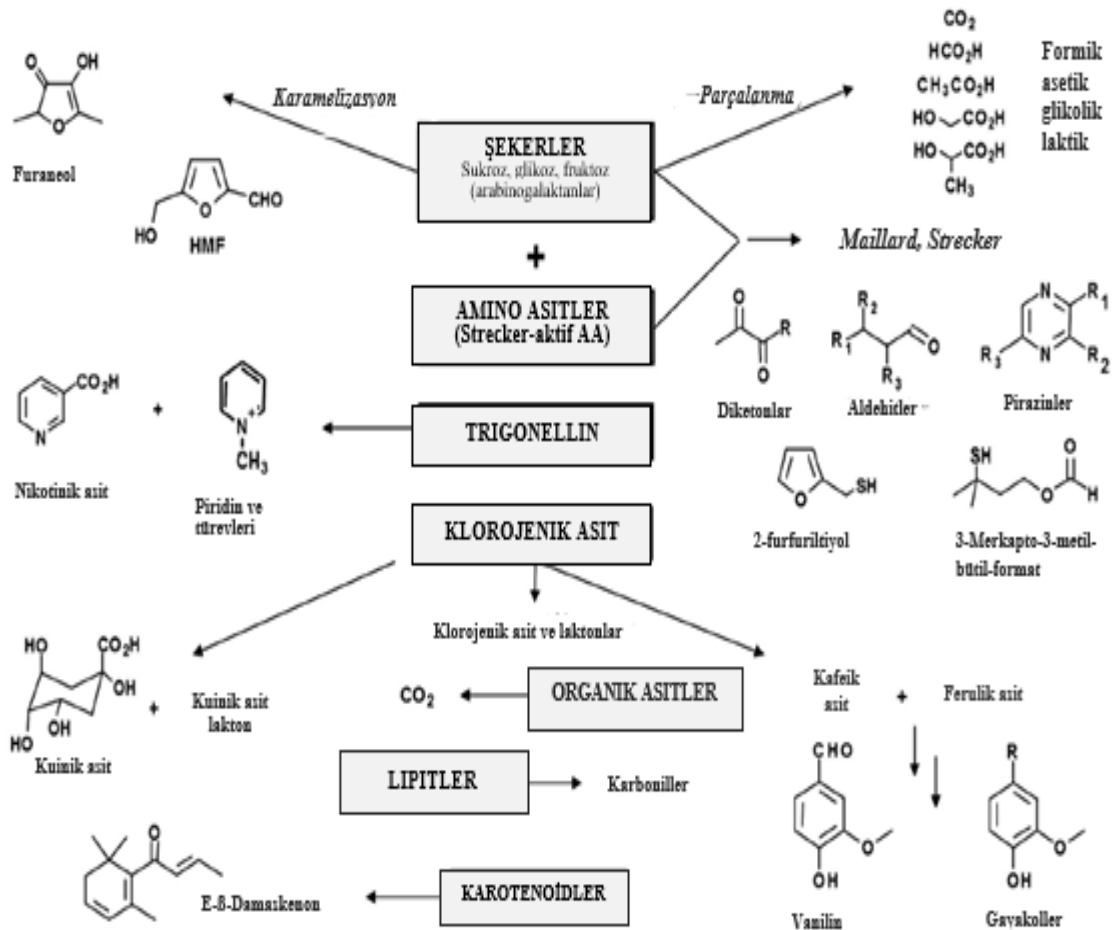
Kahvenin ana bileşeni olan yağlar, kavurma prosesinde ve depolama sırasında yapısında meydana gelen değişiklikler nedeniyle duyuşal kayıplara neden olmaktadır. Kahvenin türüne ve kavrulması derecesine bağlı olarak değişmekle birlikte yeşil kahve çekirdekleri %10-15 (Raba vd. 2018), kavrulmuş arabika kahve çekirdekleri %17, robusta kahve çekirdekleri %11 yağ içermektedir (Illy ve Viani 1995). Kahve yağı içeriğinin %75'ini triağılgliceroller oluşturmakta, yapısında linoleik, palmitik, stearik, oleik, linolenik, araşidonik, gadoleik ve behenik yağ asitleri bulunmaktadır (Calligaris vd. 2009; Getachew ve Chun 2016). Bu yağ asitlerinden oleik, linoleik, linolenik ve miristik asitin miktarı kahve türlerinin arabika ve robusta olarak tanımlanıp ayrılmasında da kullanılabilir (Martín vd. 2001; Romano vd. 2014). Literatür incelendiğinde kavrulmuş kahve tozundan elde edilen kahve yağının kahve aroması açısından zengin olduğu (Sarrazin vd. 2000), kahve yağ asitlerinin duyuşal etkilerinin bulunduğu, araşidik, palmitik, stearik asit dahil olmak üzere doymamış yağ asitlerince zengin kahvelerin daha iyi duyuşal özellik gösterdiği bildirilmiştir (Figueiredo vd. 2015). Ayrıca elaidik, oleik, linoleik, linolenik gibi doymamış yağ asitlerinin de duyuşal özellikler üzerinde etkili olduğu, bu yağ asitlerince zengin kahvelerin ise daha az asitliğe, kokuya, gövdeye ve aromaya sahip olduğu bildirilmiştir (Figueiredo vd. 2015). Öğütülmüş kahve depolanması sırasında yağ oksidasyonu ve bazı uçucu bileşiklerin bozunması nedeniyle lezzet kayıplarına uğramaktadır. Kahvede yağ degradasyonu ağılglicerol hidrolizi (lipoliz) ve oksidasyon ile meydana gelmektedir (Belitz vd. 2004). Toci vd. (2013) yapmış oldukları çalışmada orta ve koyu kavrulmuş kahve örneklerinin 3 aylık

depolanması sonucunda serbest yağ asitleri miktarında sırasıyla %20 ve %13'lük azalma olduğunu belirleyerek bu durumun oksidasyondan kaynaklı olabileceğini bildirmişlerdir. Baesso vd. (1990) kahvenin lezzet kaybındaki en önemli etkenin kahvenin hava ile temas eden yüzey alanı olduğunu, öğütme ile artan yüzey alanının kahve kalitesinin korunması adına kritik bir öneme sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Yapılan çalışmalar kavrulmuş kahvenin depolanması sırasında sıcaklık, oksijen ve su aktivitesinin yağ oksidasyonu üzerinde etkili olduğunu göstermektedir (Ortolá vd. 1997; Cardelli ve Labuza 2001; Labuza vd. 2001). Vila vd. (2005) tarafından iki farklı öğütme boyutuna sahip arabika kahve ve arabika:robusta (80:20) karışımı kahvenin 180 günlük depolama süresince yağ asidi bileşimindeki değişim incelenmiştir. Çalışma sonucunda örneklerdeki temel yağ asitleri linoleik ve palmitik asit olarak tespit edilmiş, depolama süresi boyunca yağ asidi profilinde önemli bir değişikliğin olmadığı ve depolamanın ilk haftası dışında yağ asidi oksidasyonunun her iki kahve türünde de benzerlik gösterdiği rapor edilmiştir. Bilindiği üzere gıdalarda görülen enzimatik, enzimatik olmayan esmerleşme ve lipit oksidasyonu reaksiyonlarının hızı gıdanın su aktivitesi değeri ile ilişkili gerçekleşmektedir. Gıdalarda oluşumu istenmeyen lipit oksidasyonu en düşük 0.2-0.3 su aktivitesi aralığında oluşmakta, bu aralığın altında ve üstündeki değerlerde ise reaksiyonun hızı artış göstermektedir (Labuza vd. 1985; Cemeroğlu ve Karadeniz 2004;). Ortolá vd. (1997) yaptığı çalışmada artan nem içeriğinin kahveyi peroksit oluşumundan koruduğunu bildirmişlerdir.

Kahvede ana aroma bileşenlerinin oluşumunun kavurma koşullarına bağlı olarak incelendiği çalışmada kavurmanın ilk aşamalarında aroma maddelerinin oluşmadığı ama bu aşamanın aroma öncülerinin oluşumu için önemli olduğu ve kavurma işleminin ortalarında ise en yüksek aroma oluşumunun gerçekleştiği görülmüştür (Schenker vd. 2002). Kavurma süresinin artmasıyla pirazin gibi önemli kahve aroma bileşenleri bozulmaya başlarken guaiacol miktarı artmaktadır (Schenker ve Rothgeb 2017). Az, orta ve koyu derecelerde kavruan Türk kahvesi örneklerinde yapılan GC-MS uçucu bileşen analizinde, sırasıyla 50, 60 ve 65 adet aroma aktif bileşen tespit edilmiş olup, Türk kahvesi örneklerinin ağırlıklı olarak kavrulmuş, cevizimsi, topraksı aromalardan sorumlu olan furanlar, pirazin, piroller ve fenoller açısından zengin olduğu bildirilmiştir (Kıvançlı ve Elmacı 2016). Türk kahvesi ile filtre kahvenin aroma açısından karşılaştırıldığı ve Türk kahvesinin aroma bileşiminin incelendiği çalışmada Türk kahvesi örneklerinde 60, filtre kahve örneklerinde ise 58 uçucu bileşen belirlenmiştir (Amanpour ve Selli 2016). Yapılan başka bir çalışmada ise orta ve koyu kavrulmuş kahve çekirdeklerinde aroma aktif bileşimi GC-MS-O ile analiz edilmiş, orta kavrulmuş kahvede 74, koyu kavrulmuş Türk kahvesi örneğinde ise 58 aroma maddesi tanımlanmıştır. Bu aroma bileşiklerinden 30'unun her iki kavurma derecesinde demlenmiş kahvelerde ortak olduğu, duyuşal olarak en iyi sonucun orta kavrulmuş Türk kahvesinde tespit edildiği bildirilmiştir (Ayseli vd. 2020). Ribeiro vd. (2009) yapmış oldukları çalışmada 3-metil propanol, 2-metil furan, furfural, furfuril format, 5-metil-2-furan karboksialdehit, 4-etil guaiacol, 3-metil tiyofen, 2-furan metanol asetat, 2-etil-3,6-dimetil pirazin, 1-(2-furanil)-2-butanon ve tanımlanamayan üç bileşenin kahve aromasından sorumlu bileşenler olduğunu rapor etmişlerdir.

Kahvenin aroma oluşum mekanizması tam olarak çözümlenmemiş olmakla birlikte konu ile ilgili bildirilen başlıca mekanizmalara aşağıda yer verilmiş (Buffo ve Cardelli-Freire 2004; Kıvançlı 2011) ve bu mekanizmalar Şekil 2.6'da şematize edilmiştir.

1. Maillard reaksiyonu; azotlu bileşikler (amino asitler, proteinler, trigonellin, serotonin ve peptitler) ile indirgen şekerler arasında gerçekleşen reaksiyon sonucunda aminoaldoz ve amino ketoz oluşumu.
2. Strecker bozunması; bir amino asit ile bir α -dikarnil arasında gerçekleşen reaksiyon sonucunda oluşan aminoketonun kondense olmasıyla heterosiklik azot bileşikleri veya formaldehit ile reaksiyonu sonucu okzasol oluşumu.
3. Kükürtlü aminoasitlerin bozunarak (sistein, sistin, metionin gibi) indirgen şeker veya Maillard ara ürünleri ile reaksiyona girmesi sonucu merkaptanlar, tiyofenler ve tiyozollerin oluşumu.
4. Hidroksi amino asitlerin bozunarak (serin, treonin gibi) sakkaroz ile reaksiyona girmesi sonucu alkilpirazin oluşumu.
5. Pirolin ve hidroksipirolinin bozunarak Maillard ara ürünleri ile reaksiyonu sonucu piridinler, piroller, pirolizinler, alkil-, açıl- ve furfurilpirolerin oluşumu.
6. Trigonellein bozunması sonucu alkil piridin ve pirolerin oluşumu.
7. Kinik asit degradasyonu sonucu fenollerin oluşumu.
8. Pigmentlerin degradasyonu (özellikle karatenoid).
9. Minör lipid degradasyonu (özellikle diterpenler).
10. Bozunma ara ürünlerinin arasındaki interaksiyonu.



Şekil 2.6. Yeşil kahve çekirdeğindeki önemli lezzet öncüleri ve temel aroma bileşiklerine dönüşümü (Yeretzian vd. 2002)

Kahvede kükürtlü bileşenler, pirazinler, piridinler, oksazoller, piroller, furanlar, aldehitler, yüksek alkoller, ketonlar, esterler ve fenoller başta olmak üzere uçucu bileşenler çoğunlukla kavurma ve demleme sırasında meydana gelen termal reaksiyonlarla oluşmaktadır (Buffo ve Cardelli-Freire 2004; Bröhan vd. 2009; Rodríguez vd. 2010). Bu reaksiyonlara ve oluşan ilgili aroma bileşiklerine ilişkin bazı bilgiler Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Kahvenin kavrulması sırasında meydana gelen reaksiyonlar, öncüleri, oluşan bileşikler ve algılanan lezzet (Poisson vd. 2017)

Reaksiyonlar	Öncü Bileşikler	Oluşan Bileşikler (Algılanan Lezzet)
Maillard reaksiyonu	İndirgen şeker Azotlu bileşikler	Diketonlar (tereyağlı) Pirazinler (topraksı, kavrulmuş, cevizli) Tiazoller (kızarmış, patlamış mısır benzeri) Enolonlar (karamel benzeri, tuzlu) Tiyoller (kükürtlü, kahve benzeri) Alifatik asitler (asidik)
Strecker degradasyonu	Amino asitler Maillard reaksiyonundan oluşan diketonlar	Strecker aldehitleri (malt, yeşil, bal benzeri)
Karamelizasyon	Serbest şekerler (sakkarozun inversiyonundan sonra)	Enolonlar (karamel benzeri, tuzlu)
Klorojenik asit degradasyonu	Klorojenik asitler	Fenoller (dumanlı, küllü, odunsu, fenolik) Laktonlar (acı) İndanlar (acı, sert)
Lipid oksidasyonu	Doymamış yağ asitleri	Aldehitler (yağlı, sabunlu, yeşil)

Calligaris vd. (2009) yapmış oldukları çalışmada kahve yağının tepe boşluğunda tanımlanan uçucu bileşenlerin aldehitler, ketonlar, furanlar, piroller, pirazinler, piridinler ve fenolik bileşikler oluşup bu bileşenlerin kahve aromadan sorunlu uçucu bileşikler olduğu rapor edilmiştir (Akiyama vd. 2003; López-Galilea vd. 2006).

Kahve çekirdeklerinin kavrulması sırasında aroma bileşiklerinin yanı sıra aspargin amino asitinin amino grubu ile indirgen şekerlerin karbonil gruplarının Maillard reaksiyonu katılması sonucu toksik bir bileşen olan akrilamid oluşmaktadır (Esposito vd. 2020). Yapılan çalışmalarda akril amid miktarının kavurma şleminin ilk dakikalarında en yüksek miktarlarda olduğu, kavurma süresi arttıkça akrilamid konsantrasyonunun azaldığı bildirilmiştir (Bagdonaite vd. 2008). Bertuzzi vd. (2020) yapmış oldukları çalışmada kavurma sıcaklığının 90°C’den 215°C’ye yükseldiği kahve kavurma prosesinde kahvenin akrilamid içeriğindeki değişim incelenmiştir. Akrilmid içeriği kavurma sıcaklığı 175-177°C’ye gelen 10. dakikada maksimum seviyeye ulaştığı (arabikada 1045±28 µg/kg, robustada 795±25 µg/kg), ardından akrilamid içeriğinin hızla

azalarak 14. dakikada (203-205°C) 300 µg/kg'a ulaştığı ve bu değerin Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA)'nın (EFSA 2017) kavrulmuş kahve için belirlenen akrilamid seviyesinin (400 µg/kg) altında olduğu bildirilmiştir.

2.3.2. Öğütme

Kavrulmuş kahve çekirdeklerini içecek olarak tüketmek için çekirdeklerin küçük parçalara ayrılması gerekmektedir. Öğütme adının verildiği bu işlem kahve kavrulduktan sonra en az 12-18 saat sonra gerçekleşmekte olup (Girginol 2017), ev ortamında ev tipi el değirmeni ve öğütücü makinelerde, geleneksel öğütmenin yapıldığı işletmelerde taş değirmen ve endüstriyel üretimlerde ise çelik değirmenlerde gerçekleştirilmektedir. Öğütme sonucunda kahve çekirdeklerinin yüzey alanı arttırılmakta ve bu durum yapısında bulunan çözünür maddeler, aroma ve lezzet bileşenlerinin suya geçişini hızlandırmaktır (Akiyama vd. 2003; Baggenstoss vd. 2008a).

Kahve çekirdekleri, içecek hazırlamasında kullanılacak demleme metoduna göre farklı büyüklüklerde öğütülmektedir. Türk Standartları Enstitüsü TS 13423 standardına göre tekniğine uygun olarak çeşitli derecelerde kavrulup sonra öğütülerek veya dövülerek toz haline getirilmiş mamul olarak tanımlanan öğütülmüş kahve çok ince, ince, ince-orta, orta, orta-kalın, kalın, çok kalın olmak üzere 7 dereceye ayrılmaktadır (Anonim 2020). Çizelge 2.3'te her öğütme derecesinde elde edilen ürünün sahip olması gereken parçacık çapı yer almaktadır.

Çizelge 2.3. Kahve öğütme derecesi ve partikül boyutu (Anonim 2020)

Öğütme Derecesi	Parçacık Çapı (µm)*
Çok ince	50 – 75
İnce	76 – 125
İnce – Orta	240 – 400
Orta	401 – 500
Orta – Kalın	600 – 800
Kalın	1000 – 1200
Çok kalın	1201 – 1500

* Kütleye en az %95'i verilen aralıkta olmalıdır.

Kahve çekirdeklerinin öğütülmesi sırasında sürtünme kaynaklı öğütülmüş kahve tozunun sıcaklığı 80°C'ye kadar artabilmektedir. Bu sıcaklık oksidasyon tepkimelerinin hızlanmasına neden olmakta böylece kahvede duysal açıdan fark edilir değişiklikler oluşmaktadır. Öğütme ile bozulan hücre yapısı Maillard reaksiyonu sonucunda oluşan karbondioksit, karbonmonoksit ve uçucu gazların serbest kalmasına aynı zamanda kahve yağının kahve yüzeyinde toplanmasına neden olmaktadır. Nitekim kahve, hava ile temas etmesi durumunda oksitlenmekte ve tazeliğini kaybetmektedir (Illy ve Viani 2005; Elmacı 2018).

2.3.3. Paketleme

Paketleme işlemi kavrulmuş kahvenin içim süresine kadar tat ve aromanın korunması için en önemli kriterdir. Kahve çekirdekleri kavrulduktan sonra oluşan CO₂'in %90'ını depolama süresinde çekirdekten dışarı çıkmaktadır. Bütün kahve çekirdekleri

dışarıdan gelecek hava, nem ve güneş ışığından korunurken, çekirdek içerisinde salınan gazında dışarı atılabilmesi için tek yönlü valf içeren çok katlı ambalaj materyali ile paketlenmektedir. Kaliteli valf seçimi ile gaz çıkışı sağlanarak depolama süresinde ambalajın deforme olmasının önüne geçilmekte, aynı zamanda tek yönü sayesinde dışarıdan gaz girişi engellenmektedir (Girginol 2017). Öğütülmüş kahve ise yapı bütünlüğünün bozulması ve yüzey alanının artmasına bağlı olarak aroma salınımı artması ve hava, nem ve ışığın etkisi ile yapısındaki yağların oksitlenmesi ile tazeliğini kaybetmektedir (Illy ve Viani 2005). Bu nedenlerden ötürü öğütülmüş kahve hava, ışık ve nem geçirgenliği olmayan teneke ve metalize lamine ambalajlarda azot gibi inört gaz atmosferinde paketlenerek tazelikleri korunmaktadır.

2.3.4. Demleme

Kahve içeceği, öğütülmüş kahve partiküllerinin sahip olduğu kimyasal içeriğin suya geçirilmesi ile elde edilmektedir. Demleme işleminin temel prensibini oluşturan bu adım katı-sıvı ekstraksiyonu olarak tanımlanırken (Pictet 1987) kahve ekstraksiyonunu partikül boyutu, katı/su oranı, temas yüzey alanı ve su sıcaklığı etkilemektedir. Genel olarak kaynatma, ekstraksiyon ve basınç yöntemlerinden uygun yöntem tüketimi istenilen içecek türüne göre belirlenerek kahve demleme işlemi gerçekleştirilmektedir (Petracco 2001; Clarke ve Vitzthum 2008). Kahve demleme yöntemi toplumların kültürlerine göre farklılık göstermektedir. Nitekim Amerika’da filtre kahve, Sicilya’da İtalya’da konsantre espresso tercih edilirken (Clarke ve Vitzthum 2008) Türkiye’de Türk kahvesi daha çok tercih edilmektedir.

2.3.4.1. Türk kahvesi

Türk halk ve mutfak kültürünün önemli bir unsuru olan kahve, kültürel miras özelliği taşımaktadır. Başlangıçta ikram edilme özelliği sosyal bir statü olan kahve 17. yüzyıl ortalarında saray içeceği olarak yerini almıştır. 16. ve 19. yüzyılları arasında Osmanlı halkı kahveyi toplu olarak tüketmiş, bu nedenle büyük kaplar olan ibriklerde hazırlanmıştır. Bu nedenle geçmişte kullanılan fincanların çorba kasesi kadar büyük olduğu görülmektedir. 18 yüzyılın sonlarına doğru kahve pişirmede ibriklerin yerini günümüzde de kullanılan cezveler ve kahve sunumunda kullanılan kaselerin boyutu küçültülerek kulplu fincanlar almıştır (Küçükkömürler ve Özgen 2009; Bilgin 2011; Ünsal vd. 2011; Yönet Eren ve Ceyhan Sezgin 2018).

Kahve zaman içerisinde sevilen bir lezzet haline gelmiş ve farklı kültürlerle göre birbirinden farklı kahve çeşitleri ortaya çıkmıştır. Türkiye’de kahve bitkisi yetişmemesine rağmen Türkler kendilerine özgü kahve kültürünü oluşturmuş nitekim kendilerine özgü pişirme yöntemi kullanarak cezvelerde hazırlanan kahveler özel kahve fincanlarında servis edilerek “Türk kahvesi” adını almıştır (Küçükkömürler ve Özgen 2009). Türk kültüründe iletişim, konukseverlik ve paylaşım gibi sembolü olan Türk kahvesi, (Bayazit vd. 2009), cezve seçimindeki seçiciliği, kısık ateşte hazırlanışı, fincanlara yavaş yavaş dökülmesi ve törensel bir dikkatle azar azar yudumlanması gibi ritüelleri ile başlı başına bir geleneği oluşturmuştur (Bulduk ve Süren 2015). Özellikle birçok ailede akşam yemeklerinden sonra beraber kahve içilmesi alışkanlık haline gelmiş, kız isteme törenlerinde köpüklü kahve ikramı, istemeye geline kız tarafından pişirilerek el becerisinin göstergesi olarak kabul edilmiştir. Türk kahvesini özel yapan başka bir sebep ise kahveyi içtikten sonra

“kahve falına” bakılması olarak bilinen kendine has bir kültür oluşmuştur (Bulduk ve Süren 2015).

Kahve tüketiminin artmasıyla kahve içilecek mekanlar artmış kahvehaneler sosyal hayat ortamları olmuştur. Bu meknlarda bulunan insanlar farklı sosyal kesimlere ait olsalar bile aynı konular üzerine konuşma fırsatı yakalamışlardır. Türk kahvesinin Türk halk kültründe aile, arkadaş sohbetlerinin ana unsuru olması “bir fincan kahvenin kırk yıl hatırı vardır” gibi deyim ve atasözlerinin oluşmasına neden olmuş ve türkülerde kahveye yer verilmiştir (Yağbasan ve Ustakara 2008; Yardımcı 2017; Yönet Eren ve Ceyhun Sezgin 2018). Nitekim Türk toplumunda kültürel miras olarak önemli bir yeri olan Türk Kahvesi kültürü ve geleneği 2013 yılından beri Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO) İnsanlığın Somut Olmayan Kültürel Mirasının Temsili listesine alınmıştır (Yönet Eren ve Ceyhun Sezgin 2018).



Şekil 2.7. Türk kahvesi

Kahvenin hazırlanmasında tercih edilen kavurma profiline (az, orta, koyu) sahip arabika kahve çekirdeklerinin kullanılması yanında Türk kahvesinde diğer önemli bir faktör çekirdeklerin öğütme derecesidir. Kahve demlemede kullanılacak öğütülmüş kahvenin %70 ile %75’inin 75-125 mikron arasında olması gerekmektedir (Ephraim 2005; Özgür 2012). Öğütme işlemi sırasında öğütücü çarklarının birbirine yakın olması kahvenin ısınmasına neden olmakta bunun sonucunda öğütülmüş kahve kararmakta ve aroma kaybına uğramaktadır. İyi bir kahve için öğütülmüş kahvenin en kısa zamanda pişirilerek tüketilmesi gerekmekte olup öğütülmüş kahve ıslık, hava ve neme maruz kalmadan aynı gün tüketilmesi önerilmektedir (Özgür 2012). Çünkü Türk kahvesi tedarik edilip ambalajı açıldıktan sonra ürün oksijene maruz kalmakta ve fizikokimyasal özellikleri ile buna bağlı duyuşal özellikleri değışim göstermektedir. Oksijen dışında yüksek nem içeriğine sahip ortamlarda depolanan kahvelerin nem absorpsiyonuna bağılı olarak su aktivite değıerlerinin artması da üründe meydana gelebilecek reaksiyonların hızlarını arttırabilmektedir. Özellikle kahvenin %11-20’sini oluşturan kahve yağı oksidasyona uğrayarak, aroma salınımı ile başlayan duyuşal kalite kayıplarının tüketici tarafından daha belirgin hissedilmesine neden olduğı bildirilmektedir (Oliveira vd. 2006; Toci vd. 2006; Toci vd. 2013)

Türk kültründe önemli bir yere sahip Türk kahvesinin demleme metoduyla ilgili kesin bir yöntem olmamakla birlikte, Türk Kahvesi Kültrü ve Araştırmaları Derneğı’ne

göre 1 fincan Türk Kahvesi hazırlanması için 1 fincan (75 mL) soğuk su ve 7 g öğütülmüş kahve cezveye konulup isteğe göre şeker ilave edilmekte, ürün ateşe konmadan önce homojen bir kıvam sağlanıncaya kadar karıştırılıp 80-95°C'ye kadar pişirilmektedir. Türk kahvesi pişirmede en önemli noktalardan birisi de kahvenin fokurdamadan ateşten alınıp kültürümüze özgü fincanlarında servis edilmesidir (Özgür 2012). Yanında ikram edilen su ile kahve içiminden önce ağzın temizlenmesi ve kahve tadımı için hazır hale gelmesi için yapılmakta olup Türk kahvesi servisinde bir ritüel olan Türk lokumu ile servis edilmektedir (Batu ve Batu 2016).

Türk toplumu içerisinde farklı yeme-içme alışkanlıkları ve tüketici tercihleri farklı kahve çeşitlerinin doğmasına neden olmuştur. Bu kahve çeşitleri aşağıda açıklanmıştır.

- Mirra kahvesi: Mirra Arapça acı anlamına gelen mur'dan gelmekte olup birkaç defa demlenerek yapılan acı, koyu renkli kahvedir (Yarullina Yıldırım 2015). Mirranın hazırlanmasında en önemli aşama kaynatma işlemi olup kaynama süresi, bilinen kahve demleme yöntemlerine göre oldukça uzun olduğundan belli bir kıvama geldikten sonra tortusundan ayırmak amacıyla "mutbak" adı verilen özel kaba süzülmemektedir. Kahve telvesi üzerine tekrardan su eklendikten sonra kaynatmaya devam edilmektedir. Bir veya iki defa daha süzme ile kahve ve su ekleme işlemi gören kahve, tortusundan ayrıldıktan sonra kahve katılmadan sadece su eklenerek bir-iki kere daha mutbaktan geçirilir. Mirra şekerli içildiği için hazırlanırken tatlandırılmamakta ve tat vermesi için karışıma kakule eklenebilmektedir. Kahve fincanının kenarını boyayacak kadar pekmezimsi bir kıvama gelen mirra, servisi için bakır işlemeli bir imbiğe ya da cezveye aktarılır. Geleneksel olarak küçük kulpsuz tek bir fincanda sunulan mirranın servisi sırasında yaş olarak büyükten küçüğe doğru giden bir sıra takip edilir (Yönet Eren ve Ceyhun Sezgin 2018).
- Dibek kahvesi: Dibek kahvesi kahve pişirme veya sunum yöntemi olmayıp bir kahve öğütme yöntemidir. Kavrulan kahve taneleri içi çukur dibek taşında tokmakla ince bir kıvama gelinceye kadar dövülür bu şekilde elde edilen kahveler yağ ile özdeşleştikleri için koyu kıvamlıdır. Dibekte öğütülen kahveler pişirilmeden önce birkaç gün dinlendirilmektedir (Yönet Eren ve Ceyhun Sezgin 2018). 1800'lü yılların ortalarında kahve değirmeninin icat edilmesi zahmetli üretimi olan dibek kahve üretimini sonlandırmıştır (Yönet Eren ve Ceyhun Sezgin 2018). Dibek kahvesi Türk kahvesi pişirme yöntemlerinden farklı olarak kahve, su ve şekerin eklendiği fincanın köz halindeki ateşin üzerinde gerçekleşmektedir (Anonim 2022).
- Süvari kahve: Türk kahvesi şeklinde pişirilen kahvenin Türk kahvesi fincanı yerine ince belli çay bardağında servis edilen şeklidir.

2.3.4.2. Espresso ve espresso bazlı kahveler

Espresso, ince öğütülmüş kahve tozlarının sıkıştırılıp üzerinden yüksek basınçlı sıcak buharı uygulanarak gözenekli ortamda filtre edilmesi sonucu elde edilen filtre kahveden daha yoğun ve sert içimli kahvedir. İtalyanların temel içeceği olarak bilinen espressonun hazırlanmasında espresso makineleri kullanılmaktadır. 30 mL standart espresso kahvenin istenilen lezzette olabilmesi için 7,5-8 g (tek shot) kahve kullanılmaktadır. Kahve üzerine gelen su buharı basınç 9 bar, suyun sıcaklığı ise 85-94°C ayarlanmalı ve demleme 15-27 saniyede bitirilmelidir (Girginol 2017). Kahveye servis

edildikten sonra isteğe göre şeker ilave edilebilmektedir. Doğru şekilde hazırlanan espresso kahve açık kahverenginden kakao rengine doğru değişen, krema görünümlü, uzun süre boyunca köpüğünü koruyan, yoğun aromalı, tam gövdeli, tattıktan sonra kalıcı lezzete sahip ürün elde edilmektedir (Kıvançlı 2011).

Espresso kahve tek başına tüketilebileceği gibi 150 mL su ilave edilmesi ile Caffè Americano, 70-90 mL ısıtılmış köpüksüz süt ilavesiyle Flat White, yaklaşık 60 mL süt ve üzerine süttten elde edilen 30 mL krema köpüğü ile Cappuccino, Cappucinodan daha fazla süt içeren Caffè Latte hazırlanmasında kullanılmaktadır (Girginol 2017).

2.3.4.3. Filtre kahve

Filtre kahve, ekstraksiyon demleme metodunda öğütülmüş kahve çekirdekleri belirli bir süre boyunca sıcak su içerisinde bekletilmesi, demleme süresi sonunda katı partiküller sıvıdan uzaklaştırılması ile elde edilen kahve demleme metodudur. Elde edilen kahve kaynatma metodunda elde edilene (Türk kahvesi) kıyasla daha asidik ve daha belirgin aroma içermektedir. Kahvenin içim için hazır hale gelmesi için 90°C’de 7-9 dakika ekstrakte edilmekte süre sonunda fitreden geçirikten sonra sıcaklığı 83°C’de tutulması gerekmektedir (Sánchez-González vd. 2005). Filtre kahve hazırlamada V60, chemex, auropress, french press, sifon kahve gibi farklı demleme ekipmanları kullanılarak değişken tatlar elde edilmektedir (Durmaz 2015; Girginol 2017).

2.3.4.4. Soğuk demleme

Bir Japon demleme metodu olan soğuk demlenmiş kahve, soğuk demleme ve soğuk damıtma olmak üzere 2 farklı ekstraksiyon yöntemiyle elde edilmektedir. Soğuk demleme yönteminde kahve üzerine eklenen soğuk su ile 12-16 saat ekstrakte edilip sonrasında filtre edilmektedir. Damlama yönteminde ise kahvenin tüm özütünün indirerek demlenmesini sağlayacak düzenek kullanılmaktadır. Üç bölümden oluşan düzenekte en üstte bulunan buz ve soğuk su alt haznede bulunan kahvenin üzerine saniyede 1 damla gelecek şekildedamlayarak altta bulunan cam haznede toplanmaktadır. 8 ile 12 saat değişen demleme süresinde damlama hızının artırılması ile daha yumuşak, kahve kalınlığının inceltmesi veya damla hızının azaltılmasıyla kahvenin tadında daha sert lezzet oluşmaktadır (Girginol 2017).

2.4. Kahvenin Sağlık Üzerine Etkileri

Kahvenin keşfedilmesini de sağlayan uyarıcı etkisi, kahvenin bu denli popüler olmasını sağlamış, bu durum kahvenin günlük diyet içerisinde önemli bir yer edinmesine neden olmuştur. Yapılan çalışmalar sonucunda kahvenin uyarıcı özelliğinin yapısında bulunan kafeinden kaynaklandığı rapor edilmiş ayrıca yapısında bulunan birçok biyoaktif bileşenin insan sağlığı üzerinde olumlu etkiler gösterdiği de bildirilmiştir (Bisht ve Sisodia 2010; Esquivel ve Jimenez 2012). Kahvenin vücutta adrenalin ve noradrenalin konsantrasyonunu artırarak odaklanmayı arttırdığı (Papadelis vd. 2003; Tiegues vd. 2004); yapısında bulunan kafeik, klorojenik ve protokateşinik asitlerin antibakteriyal özellik gösterdiği (Dogasaki vd. 2002); kafeik, klorojenik, kumarik, ferrulik ve sinapik asitler ile flavonoidler ve polifenoller sayesinde zengin bir antioksidan kaynağı olduğu (Olthof vd. 2001); yapısındaki zengin metilksantinlerin düzenli kahve tüketimi ile vücuda alınımının astım semptomlarını azalttığı ve bronşiyal astım yaşama olasılığını düşürdüğü

(Schwartz ve Weiss 1992); kardiyovasküler hastalıklarda olumlu etki gösterdiği (Richardson vd. 2004; Yukawa vd. 2004), kafein, klorojenik ve kafeik asitlerin sindirim sistemi, karaciğer ve safra kesesinde olumlu etki gösterdiği, özellikle bağırsak hareketlerini düzenleyerek sindirim sistemini hastalıklara karşı koruduğu ve alkolün neden olduğu pankreatit riski azalttığı (Morton vd. 2004); karaciğer sirozunu önlemeye yardımcı olduğu (Klatsky ve Armstrong 1992); safra taşı oluşum riskini azalttığı (Gallus vd. 2002); Parkinson ve Alzheimer hastalıklarının riskini azalttığı (Feijoo ve Bilbao 1992; Ross vd. 2000; Lindsay vd. 2002); tip II diyabet riskini önemli ölçüde azalttığı (Salazar-Martinez vd. 2004); zayıflama diyetine ek olarak uygun miktarda düzenli tüketilen kahvenin iştah bastırıcı, metabolizma hızını artırıcı ve yağ yakımını destekleyerek etkisi daha fazla kilo kaybına neden olduğu yapılan çalışmalar sonucunda bildirilmiştir (Yılmaz 2001; Jessen vd. 2005; Diepvens vd. 2007; Sınar vd. 2019; Yıldız ve Ertekin 2019;). Nitakim kahvenin kavrulması sırasında oluşan akrilamidin genotoksikite, kanserojenik ve nörotoksikite olmak üzere çeşitli toksik özellikler gösterdiği bildirilmiştir (Bertuzzi vd. 2020) Uluslararası Kanseri Araştırma Ajansı tarafından olası bir insan kanserojeni (Grup 2A) olarak sınıflandırılmıştır (IARC 1994).

Bu tez kapsamında farklı partikül boyutlarında öğütülmüş olan arabika çeşidi kavrulmuş kahvelerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak bazı kalite özelliklerindeki değişimin incelenmesi amaçlanmıştır. Kahve lezzetinin ana unsurları olan aroma ve yağ asidi bileşiminin değişimi üzerine literatürde daha çok kavurmanın etkisini konu alan çalışmaların mevcut olduğu görülmüştür. Farklı partikül boyutunun depolama sıcaklığı ve süresine bağlı kahve kalitesi üzerindeki etkisinin sistematik olarak incelendiği bir çalışmaya ise rastlanılamamıştır. Ayrıca öğütülmüş kahvenin higroskopik özelliğinden dolayı nem absorpsiyonuna açık olması özellikle nemli bölgelerde depolanması sırasında su aktivitesi değerinin de artmasına neden olabilmektedir. Türk kahvesi pişirme tekniği ve sunum şekliyle ülkemize özgü bir kültüre sahiptir. Bu kültürün dünya literatürüne bilimsel verilere dayanan çalışmalarla da tanıtılmasının ülkemizin tanınırlığının artırılmasında önemli olduğu düşünülmektedir. Nitekim bu tezde bağımsız değişken olarak kullanılan partikül boyutlarının seçiminde standartlarda Türk kahvesi için belirtilen değerler göz önünde bulundurulmuş, test edilen değişkenlerin duyu özelliklerindeki etkisi Türk kahvesi tekniğine uygun olarak demlenen kahvelerde belirlenmiştir. Bilindiği üzere Türk kahvesi marketlerden metalize ambalajlar içerisinde paketlenmiş olarak temin edilmesinin yanında, aktar ya da kuruyemişçilerden az miktarlarda öğütülerek de temin edilmektedir. Öğütülmüş kahveler temin edildikleri ambalajlardan genellikle cam kavanozlara aktarıldıktan sonra ortalama bir aylık süreyle mutfak koşullarında muhafaza edilmektedir. Bu depolama şekli buzdolabında ya da ortam sıcaklığında olabilmektedir. Ortam sıcaklığı ve nemi mevsimsel koşullara göre değişiklik gösterdiğinden bu tez kapsamında elde edilen veriler endüstrinin yanında tüketicilere de doğrudan fayda sağlayabilecektir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Tez kapsamında kullanılan Brezilya orjinli *Arabica* çeşidi kavrulmuş ve öğütülmüş kahve örnekleri İstanbul'da faaliyet gösteren Anisah Gıda Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.'den temin edilmiştir. Türk kahvesi için özelliğine uygun olarak orta derecede kavrulan (185-200°C'de 15 dakika) kahve çekirdekleri firma tarafından 6 farklı boyutta (Çizelge 3.1) öğütülerek Akdeniz Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölüm Laboratuvarı'na metalize ambalajlar içerisinde (Şekil 3.1) hızlı bir şekilde ulaştırılmıştır.



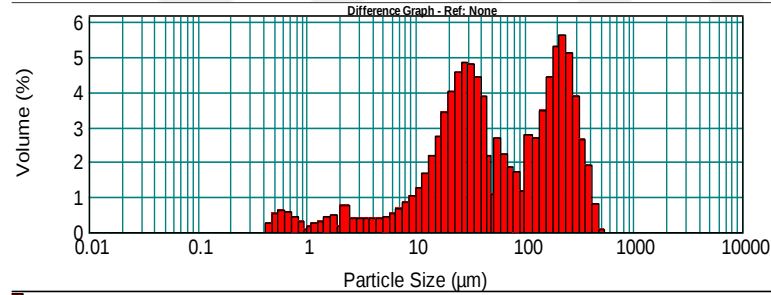
Şekil 3.1. Firma tarafından gönderilen öğütülmüş kahve örnekleri

Firma tarafından gönderilen 6 farklı boyuttaki öğütülmüş toz kahve örneklerinin parçacık boyutları lazer ışığı kırınım prensibi ile çalışan parçacık boyutu analiz cihazının sıvı modülü (Malvern, Mastersize 2000, Birleşik Krallık) kullanılarak 10 farklı ölçüm yapılmış, ölçümler sonucunda örneklerin partikül çaplarının Çizelge 3.1'de yer alan değerler arasında olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar ölçülen örneklerin öğütme derecelerine göre çok ince (50-75 μm), ince (76-125 μm), ince orta (240-400 μm), orta (401-500 μm), orta kalın (600-800 μm), kalın (1000-1200 μm), çok kalın (1201-1500 μm) olduğunu göstermiştir. Türk kahvesi için kütlece toplam partiküllerin %70-75'inin 75-125 mikron olması gerektiği bildirildiğinden (Özgür 2012) dolayı çalışmada materyal olarak 1 (47.13-54.64 μm), 2 (89.25-119.88 μm), ve 4 (248.77-312.23 μm) numaralı örnekler kullanılmıştır.

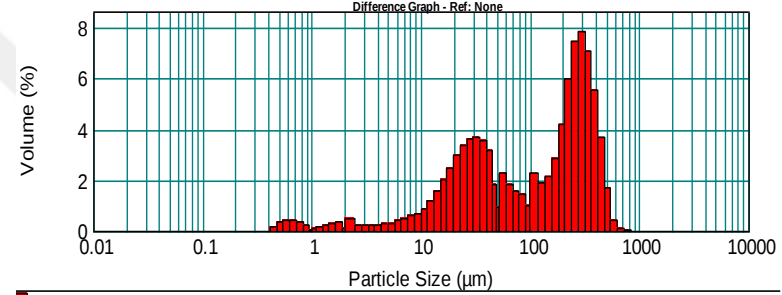
Çizelge 3.1. Farklı boyutlarda öğütülmüş kahve örnekleri ve partikül çapları

Örnek Kodu	Parçacık Çapı (μm)*
1	47.13-54.64
2	89.25-119.88
3	134.27-245.93
4	248.77-312.23
5	326.38-426.99
6	434.33-594.74

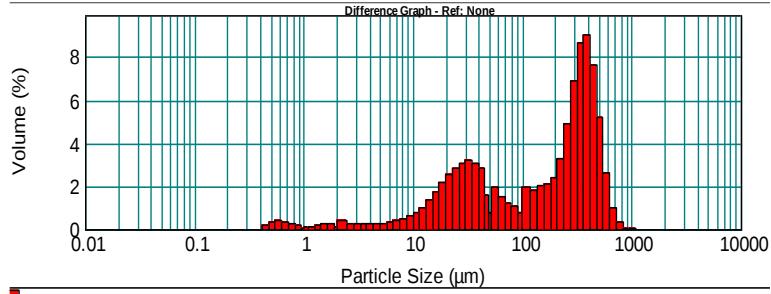
*Kütlece %50'si verilen aralıkta bulunmaktadır.



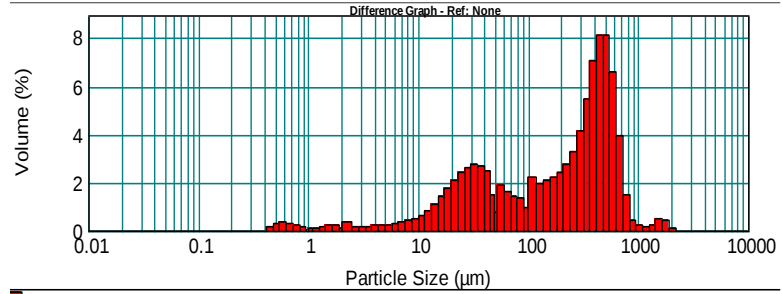
1 - Average, 31 Mart 2021 Çarşamba 16:00:10



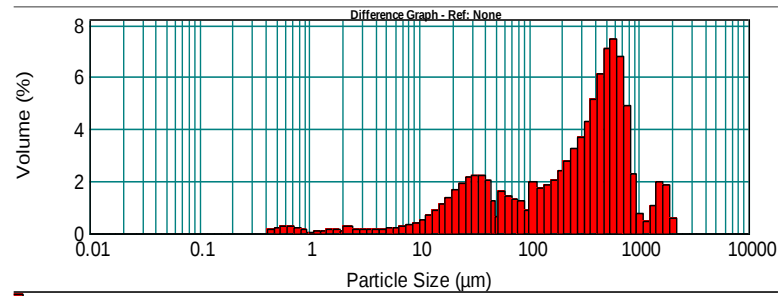
2 - Average, 31 Mart 2021 Çarşamba 16:03:48



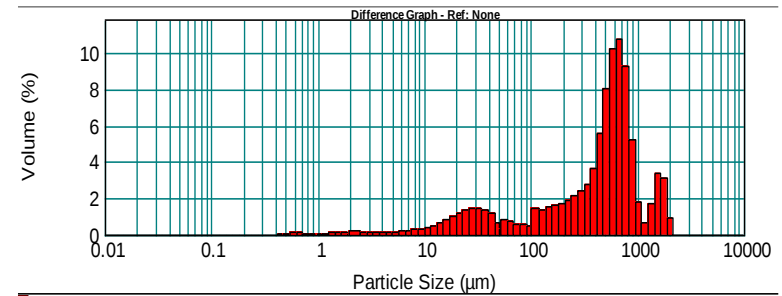
3 - Average, 31 Mart 2021 Çarşamba 16:09:18



4 - Average, 31 Mart 2021 Çarşamba 16:15:47

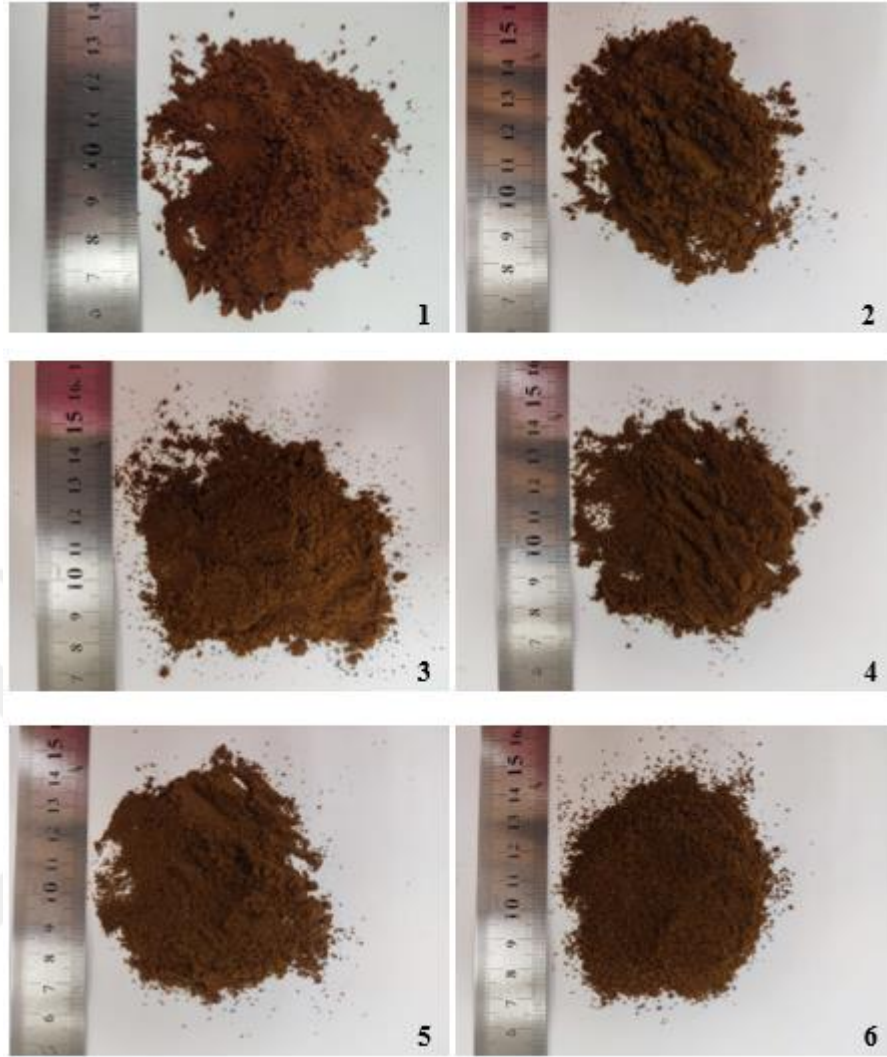


5 - Average, 31 Mart 2021 Çarşamba 16:21:17



6 - Average, 31 Mart 2021 Çarşamba 16:29:16

Şekil 3.2. Kahve örneklerinin partikül boyut dağılımı



Şekil 3.3. Farklı boyutlarda öğütülmüş kahve örnekleri; **1)** 47.13-54.64 µm, **2)** 89.25-119.88 µm, **3)** 134.27-245.93 µm, **4)** 248.77-312.23 µm, **5)** 326.38-426.99 µm, **6)** 434.33-594.74 µm

3.2. Metot

3.2.1. Kahve örneklerinin depolanması

Araştırmada 3 farklı partikül boyutuna sahip kahve örneklerinin 3 farklı depolama sıcaklığında (5, 25 ve 45°C) depolanmış ve depolama süresinin 0, 14, 28. günlerinde örneklerde aşağıda belirtilen analizler yapılmıştır. Bu amaçla 3 farklı partikül boyuna ait kahve örnekleri 50 mL'lik cam kavanozlar içerisine 25'er g tartılarak depolanmaya alınmıştır. Ayrıca bir kısım kahve örneği de depolama başlangıcında analizlerde ve duyuşal panelde kontrol grubunu temsilen kullanılmak üzere -80°C'de depolanmaya alınmıştır.

Analiz için kullanılacak kavrulmuş kahve örnekleri depolama süresince saklanacakları kavanozlara, 1'er saat ara ile 5 saat boyunca ağzı kapalı olarak karıştırılmıştır. Süre sonunda su aktivite değerleri 0.145 ile 0.152 olan örnekler çalışma

şartlarında depolamaya alınmıştır. Örneklerin kodlanmasında Çizelge 3.2’de verilen rakam ve harfler kullanılmıştır.

Çizelge 3.2. Çalışma kapsamında kullanılan örnek kodlamaları

Partikül Boyutu (µm)		Depolama Sıcaklığı (°C)		Depolama Süresi (Gün)	
Örnek Değeri	Kullanılan Kod	Örnek Değeri	Kullanılan Kod	Örnek Değeri	Kullanılan Kod
47.13-54.64	A	5	5	0	1
89.25-119.88	B	25	25	7	2
248.77-312.23	C	45	45	14	3
				21	4
				28	5

3.3. Analizler

3.3.1. Nem miktarı

Kahve örneklerinde nem miktarı gravimetrik olarak hızlı nem tayin cihazı ile (Kern DBS 60-3, Balingen, Almanya) belirlenmiştir (Eroğlu 2014) Sonuçlar % kuru madde (% KM) olarak hesaplanmıştır.

3.3.2. Su aktivitesi

Kahve örneklerinin, su aktivitesi değeri su aktivitesi ölçüm cihazı (AquaLab 4TE, ABD) ile oda sıcaklığında (25°C) ölçülmüştür. Ölçüm kabına yerleştirilen örneklerin su aktivitesi değeri, ortam denge nisbi nemine ulaştıktan sonra cihaz ekranından okunmuştur.

3.3.3. Renk analizi

Kahve örneklerinin L , a , b renk değerleri UltraScan VIS HunterLab (Konica-Minolta CR, Osaka, Japonya) renk ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Ölçümler öncesinde cihaz beyaz kalibrasyon plakası ile kalibre edilmiş ($L = 95,24$, $a = -0,31$ ve $b = 3,01$), ölçüm sonucunda örneklerin renkleri L (koyuluk-açıklık), a (yeşillik-kırmızılık), b (mavilik-sarıklık) renk parametreleri cinsinden ifade edilmiştir (Torun 2015). Aşağıdaki eşitlikler kullanılarak örneklerin hue açısı (h°) ve chroma (C) değerleri hesaplanmıştır (Caner ve Aday 2009).

$$h^\circ = \frac{180}{\pi} \times \tan^{-1} (b/a) \quad (3.1)$$

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (3.2)$$

3.3.4. Klorojenik asit ve kafein miktarı

Kahve yapısında bulunan biyoaktif bileşenlerden kafein ve klorojenik asit Wang vd. (2000) ve Salman (2017) tarafından uygulanan metodların modifiye edilmesiyle belirlenmiştir. Analiz için 0,5 g toz kahve örnekleri 50 mL distile su ile 80°C’lik

çalkalamalı su banyosunda 150 rpm’de 30 dk ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Süre sonunda örnekler kaba filtre kağıdından filtre edilmiş, elde edilen ekstraktlar 0,45µm’lik membran filtreden geçirilip HPLC (Shimadzu, Japonya) sisteminde Çizelge 3.3’te verilen şartlarda analiz edilmiştir. Bileşiklerin tanımlanmasında standart çözeltiler, miktarlarının belirlenmesinde ise standart çözeltilerden hazırlanan kurveler kullanılmıştır. Oluşturulan kurveler ekte yer almaktadır.

Çizelge 3.3. HPLC çalışma koşulu ve gradient elusyon programı

		Gradient elusyon programı		
		Süre (dk)	A:%	B:%
Model	Shimadzu-UV 160A	0-5	80	20
Kolon	InertSustain AQ-C18	5-7	76	24
Mobil Faz	A: %0.1 ortafostorik asit içeren su	7-10	60	40
	B: %0.1 ortafostorik asit içeren metanol			
Akış hızı	1.0 mL/dak	10-20	60	40
Dedektör	Diode Array	20-21	80	20
Dedektör dalga boyu	272 nm (kafein), 325 nm (Klorojenik asit)	21-23	80	20
Kolon sıcaklığı	30 °C			
Enjeksiyon Miktarı	20 µm			

3.3.5. Yağ ekstraksiyonu

Toz kahve örneklerinin yağ asidi bileşimini belirlemek amacıyla kahve yağı ekstraksiyonu Cong vd. (2020) tarafından uygulanan metodun modifiye edilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 12,5 g toz kahve 250 mL’lik kavanozlara aktarılmış üzerine 100 ml petrol eteri ilave edilmiştir. Hazırlanan karışım 35 kHz genlikteki 25°C’lik ultrasonik su banyosunda (RK 100 H, Bandelin Sonorox, Berlin, Almanya) 30 dk ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Süre sonunda karışım 50 mL falkon tüplerine alınıp 25°C sıcaklıkta 10.000 rpm’de 10 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi sonrasında kahve yağı içeren süpernatantın içerdiği petrol eteri döner buharlaştırıcı (IKA RV 10 Control V, Almanya) kullanılarak ekstraktan uzaklaştırılmıştır. Evaporasyon aşamasında 45°C sıcaklık, 50 rpm dönüş hızı ve 200 mbar basınç kullanılmıştır. Evaporasyon sonunda elde edilen kahve yağlarında petrol eteri kalıntısı olmasına karşın yağ içeren balonlar 60°C’lik etüvde 10 dk bekletilmiş süre sonunda yağlar 2 mL’lik ependorflara alınarak -18°C’de analiz gününe kadar saklanmıştır.

3.3.6. Yağ asidi bileşimi

-18°C’de depolanan yağ örnekleri +4°C’de çözündürüldükten sonra 30 s vortekslenmiş ve 0,1 g örnek tüpe tartılmıştır. Amerikan Yağ Kimyacılar Cemiyeti’nin (AOCS)’nin yağ asidi esterifikasyon metoduna göre örnek üzerine 2 mL heptan ilave edilmiş ve 30 sn vortekslenmiştir. 0,2 mL 2 N’lik metanolik KOH tüpe aktarılmış ve tekrardan 30 sn vortekslenmiş tüpler berraklaşınca kadar bekletilmiş, metil esterleri içeren berrak faz 20 kat seyrelterek viale alınmıştır (AOCS 1999). Hazırlanan örnekler Raba vd. (2018) uygulanan methodun modifiye edilmesiyle GC-MS (QP2010-

Plus, Shimadzu, Kyoto, Japonya) kullanılarak analiz edilmiştir. GC-MS'te kullanılan analiz koşulları Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. GC-MS'de kullanılan analiz koşulları

Kolon	TRB5-MS (30 m x 0.25 mm x 0.25 µm)
Fırın sıcaklık programı	150 °C'de 2 dak bekleme, 10 °C/dak artışla 200 °C'ye yükselme 200 °C'de 2 dak bekleme 3 °C/dak artışla 220 °C'ye yükselme 220 °C'de 3 dak bekleme 3 °C/dak artışla 240 °C'ye yükselme ve bu sıcaklıkta 5 dak bekleme
Arayüz (interface) sıcaklığı	250 °C
Taşıyıcı gaz	He (0.80 mL/dak)
Enjeksiyon sıcaklığı	250°C
İyon kaynağı sıcaklığı	200°C
Enjeksiyon modu	Split (20)
İyonlaştırıcı kaynak	El, uyarılma (excitation) enerjisi 70 eV
Kütle aralığı	m/z= 31-400
Tarama hızı	1428 kütle/s

3.3.7. Aroma bileşenlerinin belirlenmesi

Depolanan toz kahvelerin aroma profili Dong vd. (2015), Dong vd. (2017) ve Dong vd. (2019) tarafından uygulanan yöntemlerin modifiye edilmesiyle GC-MS (QP2010-Plus, Shimadzu, Kyoto, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla depolama süresi tamamlanan kahve örneklerinden 0.5 g tartılarak 20 mL'lik viallere aktarılmış ve analiz gününe kadar -80°C'de depolanmıştır.

HS-SPME ekstraksiyon yönteminde; ekstraksiyon 50/30 µm DVB/CAR/PDMS fiber (Supelco 57348-U, Bellefonte, Pensilvanya, USA) kullanılmıştır. SPME ve GC-MS'te kullanılan analiz koşulları Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5. SPME ve GC-MS'de kullanılan analiz koşulları

SPME koşulları	Ön inkübasyon süresi	20 dak
	İnkübasyon sıcaklığı	60 °C
	Ekstraksiyon süresi	40 dak
	Karıştırıcı hızı	250 rpm (5 s açık, 2 s kapalı)
	Desorpsiyon süresi	4 dak

(Devamı arkada)

Çizelge 3.5'in devamı

GC-MS koşulları	Kolon	TRB5-MS (30 m x 0.25 mm x 0.25 µm)
	Fırın sıcaklık programı	40 °C'de 2 dak bekleme, 1.5 °C/dak artışla 90 °C'ye yükselme 2 °C/dak artışla 130 °C'ye yükselme 4 °C/dak artışla 240 °C'ye yükselme ve bu sıcaklıkta 10 dak bekleme
	Dedektör sıcaklığı inteface ara yüzey	250 °C
	Taşıyıcı gaz	He (1.0 mL/min)
	Enjeksiyon sıcaklığı	250°C
	Enjeksiyon modu	Splitless
	İyonlaştırıcı kaynak	EL, uyarılma (excitation) enerjisi 70 eV
	Kütle aralığı	m/z= 50-350
	Tarama hızı	1111 kütle/s

3.3.8. Duyusal analizler

Farklı depolama koşullarında ve depolama süresinde depolanan kahvelerin saklama koşullarının duyusal özellikler üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla kahve örnekleri, kahve demleme yöntemlerinden kaynatma metodu içerisinde yer alan Türk kahvesi yöntemine göre hazırlanmıştır. Özgür (2012) tarafından belirtilen Türk kahvesi pişirme standartında belirtilen şartlara göre pişirilen Türk kahvesi örneklerinde duyusal değerlendirme, Akdeniz Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü lisansüstü öğrenci ve personelinin oluşan 7 kişilik (4 kadın, 3 erkek) bir panel ile yapılmıştır. Duyusal değerlendirmede kahvenin özelliklerini belirlemeye yönelik kullanılan kriterler (kahve aroması, yanık/dumansı, kavrulmuş, topraksı, yağmsı, karamel/tatlı, meyvemsi/çiçeksi, ekşilik, acılık ve genel beğeni) literatürde yer alan çalışmalara göre belirlenmiştir (Kıvançlı 2011; Ayseli 2015). Analiz öncesinde panelistlere değerlendirme kriterlerinin tanımlayıcı terimleri ile ilgili Kıvançlı ve Elmacı (2011) tarafından bildirilen ve TS 31117'de de yer alan kahve lezzeti ile ilgili bir eğitim verilmiştir. Analizde kullanılan tanımlayıcı terimler, bu terimlere ait referans ürün ve çözeltiler Çizelge 3.6'da yer almaktadır. Analiz öncesinde Çizelge 3.6'da yer alan referans kokular panelistlere tattırılmış ürün tanımlanması somut eşik değeri sağlamıştır.

Çizelge 3.6. Duyusal analizde kullanılan tanımlayıcı terimler, referans ürün ve çözeltiler

Tanımlayıcı Terim	Referans
Kahve aroması	Kavrulmuş kahve çekirdeği
Yanık / dumansı	Yanık patlamış mısır ve yanan odundan gelen koku
Kavrulmuş / fındıksı	Kavrulmuş fındık, fıstık, badem ve yağlarının kokusu
Topraksı	Nemli toprak
Çikolatalı	Bitter çikolata
Meyvemsi / çiçeksi	Turuncgil, elma, frenk üzümü kokuları ve kahve ağaçlarının kendine özgü yasemin benzeri kokusu
Tatlı	5.76 g/L sakkaroz çözeltisi
Ekşi	0.43 g/L sitrik asit çözeltisi
Acılık	0.195 g/L kafein çözeltisi

Duyusal değerlendirme tezin amacına yönelik olarak Türk kahvesini yansıtan 0.15 su aktivitesi değerindeki 89.25-119.88 µm partikül boyutuna sahip 5°C, 25°C ve 45°C sıcaklıklarda depolanan örneklerde gerçekleştirilmiştir. Kontrol olarak aynı özelliklere sahip depolamaya tabi tutulmamış kahve kullanılmıştır. Panelistlerden örnekleri kahve aroması, yanık/dumansı, kavrulmuş, topraksı, yağimsı, karamel/tatlı, meyvemsi/çiçeksi, ekşilik, acılık ve genel beğeni kriterlerine göre 1 (en az hissedilen)-9 (en çok hissedilen) arasında puanlamaları istenmiştir (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. Duyusal analiz formu

Adı	:									
Soyadı	:									
Tarih	:									
Beğeni durumuna göre 1'den (en az hissedilen) 9'a (en çok hissedilen) kadar puanlayınız.										
	Kahve aroması	Yanık /dumansı	Kavrulmuş / fındıksı	Topraksı	Çikolata	Karamel /tatlı	Meyvemsi /çiçeksi	Ekşilik	Acılık	Genel beğeni
862										
459										
156										
594										
Görüşleriniz:										

3.3.9. İstatiksel analizler

Çalışma faktöriyel deneme desenine (3 öğütme derecesi x 3 su aktivitesi değeri x 3 depolama sıcaklığı x 5 depolama noktasında x 2 tekerrür) göre gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları ortalamaları “The SAS system for Windows V7” (Cary, NC, ABD) isimli istatistiksel yazılım programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş, farklı bulunan sonuçlarda Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır (Düzgüneş vd. 1987).

Aroma analiz sonuçlarında birden çok bileşen tespit edilmiş, çalışmadaki bağımsız değişkenlerin sayısı da göz önüne alındığında sonuçların daha kolay yorumlanabilir bir forma dönüştürebilmesi için XLSTAT yazılımından (Addinsoft, New York, USA) faydalanılarak aroma sonuçları temel bileşen analizi (Principal Component Analysis, PCA) ve hiyerarşik öbekleme analizi (hierarchical cluster analysis, HCA) ile değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kavrulmuş kahve çekirdekleri öğütüldükten sonra toplumların alışkanlıkları ve insanların tercihlerine göre farklı şekillerde su ile demlenerek tüketilmektedir. Demleme işlemi proses olarak bir katı-sıvı ekstraksiyonu olup, bu işlemde kahvenin partikül boyutu elde edilecek içeceğin özellikleri üzerindeki en önemli etkiye sahip değişkenlerden biridir. Bu nedenle de kahve terminolojisinde çok ince (50-75 μm), ince (76-125 μm), ince-orta (240-400 μm), orta (401-500 μm), orta-kalın (600-800 μm), kalın (1000-1200 μm), çok kalın (1201-1500 μm) olarak adlandırılan öğütme dereceleri tanımlanmış ve tüketici tercih ettiği demleme şekline göre öğütülmüş olan toz kahveleri tedarik etmektedir. Örneğin Türk kahvesi için ince öğütülmüş kahve (75-125 μm) kullanılırken filtre kahve tüketiminde çok daha kalın (1000-1200 μm) öğütülmüş kahve tercih edilmektedir.

Tüketici tarafından genellikle düşük miktarlarda temin edilen öğütülmüş kahveler ambalajlarının açılmasını takiben kısa zaman periyodunda depolanmakta ve bu periyot ikincil raf ömrü olarak adlandırılmaktadır. Tüm gıdalarda olduğu gibi kahvede de depolama koşullarına bağlı olarak depolama süresi boyunca kalite kayıpları meydana gelebilmektedir. Kavrulmuş kahve düşük su aktivitesinden dolayı mikrobiyal açıdan stabil bir ürün olsa da bileşimindeki aroma, yağ ve biyoaktif bileşenlerin ısı, oksijen, ışık vb. çevresel koşullara hassas olması depolama koşullarını önemli hale getirmektedir. Bazı tüketiciler kahveyi buzdolabında depolarken bazı tüketicilerin ise ortam koşullarında depoladığı bilinmektedir. Özellikle ortam koşulları mevsimsel değişimlere göre sıcaklık ve nem içeriği bakımından farklılık göstermektedir. Nitekim bu çalışmada da çok ince (47.13-54.64 μm), ince (89.25-119.88 μm) ve ince-orta (248.77-312.23 μm) olmak üzere farklı öğütme derecelerindeki 0.15 başlangıç su aktivitesi değerine sahip kahvelerin farklı sıcaklık (5, 25 ve 45°C) ve depolama sürelerinde (0., 14. ve 28. gün) test edilen özelliklerine ait sonuçlar aşağıda farklı başlıklar altında verilmiştir.

4.1. Nem Miktarı ve Su Aktivitesi Değeri

Farklı depolama sıcaklıklarında depolanan öğütülmüş kahvelerin depolama süresi boyunca belirlenen nem miktarı ve su aktivitesi değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Kahve örneklerinin nem miktarı değerleri %2.42-3.64; su aktivitesi değerleri ise 0.13-0.18 arasında değişim göstermiştir. Türk Gıda Kodeksi “Kahve ve Kahve Ekstraktları Tebliği” incelendiğinde öğütülmüş kahvenin nem içeriğinin en fazla %5 olması gerektiği bildirilmiştir (Anonim 2016). Sonuçlar bu açıdan irdelendiğinde kahvelerin nem içeriklerinin standartta belirtilen limit dahilinde olduğu görülmüştür. Bicho vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada yaklaşık %12-15 nem içeriğine sahip yeşil kahve çekirdeklerinin kavurma ile nem miktarının azaldığı, kavrulmuş örneklerin nem değerlerinin kavurma derecesine bağlı olarak %1.32-3.12 arasında değiştiği bildirilmiştir. Yeşil kahve çekirdeğinin su aktivitesi değerinin ise 0.43 olduğu, kavurma işlemi ile birlikte bu değerin azalarak az kavrulmuş kahvelerde 0.32, çok kavrulmuş kahvelerde ise 0.14 olduğu rapor edilmiştir (Vasconcelos vd. 2007).

En küçük partikül boyutuna sahip örneklerin nem miktarı değerlerinin depolama süresi sonunda %2.69’dan 5°C sıcaklıkta %3.36’ya, 25°C sıcaklıkta %3.23’e ve 45°C sıcaklıkta ise %3.41’e yükseldiği; orta derecede partikül boyutuna sahip örneklerin nem içeriklerinin ise depolama süresi sonunda %2.59’dan 5°C sıcaklıkta %3.11’e, 25 °C

sıcaklıkta %2.98'e ve 45 °C sıcaklıkta ise %3,18'e çıktığı görülmüştür (Çizelge 4.1). En büyük partikül boyutundaki kahve örneklerinin nem içeriklerinin daha küçük partikül boyutundaki örneklerle nazaran daha az değişime uğradığı gözlemlenmiş ve depolama süresi sonunda sıcaklığa bağlı olarak örneklerin nem miktarı değerleri %2.42-3.13 arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Sonuçlar genel olarak yorumlandığında partiküllerin yüzey alanının artmasına bağlı olarak örneklerin nem absorpsiyonunun arttığı ve en büyük partikül boyutundaki (248.77-312.23 µm) örneklerin nem değerlerinde değişimin hemen hemen hiç olmadığı görülmüş, en düşük nem absorpsiyonunun ise 25°C sıcaklıktaki depolamada gerçekleştiği belirlenmiştir. Nem absorpsiyonu toz gıdaların depolanması sırasındaki en önemli problemlerden biri olup, yüksek nemli ortamlarda depolanan gıdalarda nem miktarının artmasına bağlı olarak topaklanma, kekleşme, oksidasyon ve çözünürlüğün azalması gibi problemler görülebilmekte, bu istenmeyen reaksiyonlar sonrasında da gıda duyuşsal açıdan tüketilemez duruma gelmektedir (Shishir ve Chen 2017). Öğütme ile birlikte kavrulmuş kahvenin yüzeyindeki bariyer kırılarak ürün higroskopik bir yapı kazanmakta ve partikül boyutunun küçülerek yüzey alanının artmasıyla bu durum daha da hızlanmaktadır (Corrêa vd. 2016). Nitekim daha küçük partikül boyutuna sahip olan kahvelerdeki hızlı ve daha yüksek nem miktarındaki artışın bu durum ile ilişkilendirilmesi mümkündür. Toz gıdaların nem absorpsiyon eğilimindeki itici güç depolandığı ortam ile ürünün su aktivitesi arasındaki fark olup, su buharının difüzyonuna dayanan taşınım kinetiğinin üzerinde sıcaklık ve gıda bileşenlerinin yapısı (kristal yapı, amorf yapı, hidrofilik-lipofilik özellik vb.) etkili temel faktörlerdir. Yüksek sıcaklıkların moleküler hareketi artırması (Brown hareketi), yüksek bağıl nemli ortamdan düşük bağıl neme sahip ortama su buharının difüzyonunu hızlandırmakta bu durum da yüksek sıcaklıklarda depolama sırasında ortamdan ürüne nem absorpsiyonunu arttırmaktadır (Manuer vd. 2019). Tez kapsamında 45°C depolanan kahve örneklerindeki depolama süresince hızlı ve en yüksek miktarda gerçekleşen nem miktarı artışı da bu durum ile ilişkilendirilmiştir. Her ne kadar öğütme derecesi ve depolama sıcaklığına bağlı olarak örneklerin nem miktarlarında ve su aktivitesi değerlerinde 28 gün sonunda bir miktar artışın meydana geldiği görülsede, örneklerin depolandığı ambalajın cam kavanoz olması bu değişimi minimum düzeyde tutmuştur. Öğütülmüş kahvenin su buharı geçirgenliği cam malzemeye göre daha yüksek ambalajlarda depolanması durumunda nem absorpsiyonunda etkili olduğu tartışılan yukarıdaki değişkenlerin daha da önemli hale geleceği düşünülmektedir. Kahve örneklerinde meydana gelen değişimlerin istatistiki açıdan önemlilik derecesi yapılan varyans analizi ile belirlenmiş olup (Çizelge 4.2), sonuçlar arasında önemli bulunan farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile ortaya koyularak Çizelge 4.1'de farklı harflerle gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı nem içeriği (%), su aktivitesi değerleri

Partikül Boyutu		A	B	C	
Sıcaklık	Süre (gün)				
Nem miktarı (%)	5°C	0	2.69 ^{aAb} ±0.26	2.59 ^{bAb} ±0.12	2.63 ^{bAb} ±0.20
		7	2.67 ^{aAb} ±0.01	2.64 ^{bAb} ±0.09	2.62 ^{bAb} ±0.07
		14	3.64 ^{aAa} ±0.37	2.77 ^{bAa} ±0.17	2.83 ^{bAa} ±0.37
		21	3.06 ^{aAa} ±0.39	3.17 ^{bAa} ±0.16	2.77 ^{bAa} ±0.33
		28	3.36 ^{aAa} ±0.11	2.69 ^{bAa} ±0.27	2.82 ^{bAa} ±0.48
	25°C	0	2.69 ^{aAb} ±0.26	2.59 ^{bAb} ±0.12	2.63 ^{bAb} ±0.20
		7	2.64 ^{aAb} ±0.05	2.63 ^{bAb} ±0.15	2.71 ^{bAb} ±0.17
		14	3.43 ^{aAa} ±0.38	3.09 ^{bAa} ±0.21	2.85 ^{bAa} ±0.59
		21	2.68 ^{aAa} ±0.04	2.90 ^{bAa} ±0.06	3.13 ^{bAa} ±0.67
		28	3.23 ^{aAa} ±0.46	2.98 ^{bAa} ±0.31	2.49 ^{bAa} ±0.16
	45°C	0	2.69 ^{aAb} ±0.26	2.59 ^{bAb} ±0.12	2.63 ^{bAb} ±0.20
		7	2.93 ^{aAb} ±0.01	2.89 ^{bAb} ±0.00	2.65 ^{bAb} ±0.04
		14	2.98 ^{aAa} ±0.03	2.52 ^{bAa} ±0.09	2.70 ^{bAa} ±0.29
		21	3.37 ^{aAa} ±0.65	3.03 ^{bAa} ±0.08	2.42 ^{bAa} ±0.14
		28	3.41 ^{aAa} ±0.29	3.18 ^{bAa} ±0.17	2.46 ^{bAa} ±0.16
Su aktivitesi değeri	5°C	0	0.13 ^{bAc} ±0.00	0.13 ^{baAc} ±0.00	0.14 ^{aAc} ±0.00
		7	0.17 ^{bAb} ±0.00	0.17 ^{baAb} ±0.01	0.13 ^{aAb} ±0.00
		14	0.16 ^{bAba} ±0.01	0.17 ^{baAba} ±0.01	0.16 ^{aAba} ±0.01
		21	0.16 ^{bAa} ±0.00	0.18 ^{baAa} ±0.03	0.17 ^{aAa} ±0.00
		28	0.16 ^{bAba} ±0.01	0.15 ^{baAba} ±0.01	0.18 ^{aAba} ±0.00
	25°C	0	0.13 ^{bAc} ±0.00	0.13 ^{baAc} ±0.00	0.14 ^{aAc} ±0.00
		7	0.16 ^{bAb} ±0.00	0.15 ^{baAb} ±0.01	0.13 ^{aAb} ±0.00
		14	0.13 ^{bAba} ±0.01	0.15 ^{baAba} ±0.00	0.24 ^{aAba} ±0.07
		21	0.16 ^{bAa} ±0.00	0.16 ^{baAa} ±0.01	0.24 ^{aAa} ±0.10
		28	0.17 ^{bAba} ±0.02	0.17 ^{baAba} ±0.02	0.17 ^{aAba} ±0.01
	45°C	0	0.13 ^{bAc} ±0.00	0.13 ^{baAc} ±0.00	0.14 ^{aAc} ±0.00
		7	0.17 ^{bAb} ±0.00	0.15 ^{baAb} ±0.01	0.14 ^{aAb} ±0.01
		14	0.15 ^{bAba} ±0.00	0.15 ^{baAba} ±0.00	0.16 ^{aAba} ±0.01
		21	0.15 ^{bAa} ±0.02	0.16 ^{baAa} ±0.02	0.17 ^{aAa} ±0.00
		28	0.16 ^{bAba} ±0.01	0.14 ^{baAba} ±0.00	0.17 ^{aAba} ±0.01

Farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde fark olduğunu göstermekte olup, 1. sıradaki küçük harf partikül boyutuna, 2. sıradaki büyük harf sıcaklığa, 3. sıradaki küçük harf ise depolama süresine bağlı farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.2’de yer alan varyans analizi sonuçları incelendiğinde kahvenin nem miktarı üzerinde partikül boyutu ve depolama süresinin P<0.01 seviyesinde, bu iki değişkenin interaksiyonunun ise P<0.05 seviyesinde etkili olduğu görülmektedir. Örneklerin su aktivitesi değerinde depolama süresinin istatistiki açıdan önemli (P<0.01)

olduğu, ayrıca partikül boyutunun ayrı ayrı depolama süresi ve sıcaklığı ile interaksiyonunun da su aktivitesi değerini istatistiki açıdan $P<0.05$ seviyesinde etkilediği belirlenmiştir. Depolama süresi ile birlikte örneklerin nem miktarlarının arttığı ve istatistiki açıdan önemli farklılığın 14. günden sonra meydana geldiği sonucuna ulaşılmıştır.

Çizelge 4.2. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş, farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı olarak nem içeriği ve su aktivitesi değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	Nem miktarı		Su aktivitesi	
		KO	F	KO	F
Partikül boyutu(P)	2	0.8941	12.03**	0.0012	2.81
Sıcaklık (T)	2	0.0080	0.11	0.0007	1.51
Süre (S)	4	0.4719	6.35**	0.0048	10.90**
PxT	4	0.0930	1.25	0.0012	2.71*
PxS	8	0.1795	2.42*	0.0013	2.92*
TxS	8	0.0900	1.21	0.0003	0.71
PxTxS	16	0.0866	1.17	0.0005	1.25
Hata	45	0.0743			

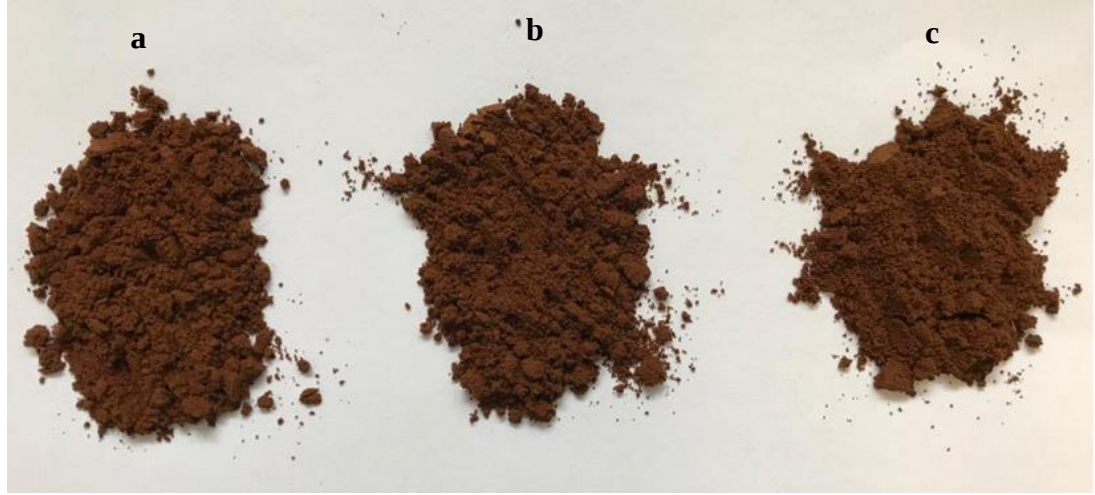
(*), $P<0.05$ seviyesinde, (**), $P<0.01$ seviyesinde farklılığı ifade etmektedir.

4.2. Renk Değerleri

Kahve örneklerinin partikül boyutu, depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak L değerleri 35.81-37.45, a değerleri 8.50-9.92, b değerleri 9.69-12.84, hue açısı (ton açısı) değerleri 45.64-52.81 ve chroma (doymunluk) değerleri ise 13.25-16.22 (Çizelge 4.3) arasında değişiklik göstermiştir. Bicho vd. (2012) yaptıkları çalışma sonucunda öğütülmüş arabika çeşidi kahvenin kavurma derecesine bağlı olarak L değerinin 37.1-45.2, a değerinin 2.61-6.48, b değerinin 1.58-9.81, hue açısı değerinin 30.1-56.1 ve chroma değerinin ise 3.07-11.8 arasında olduğunu belirlemişlerdir. Sonuçlar ile tezde elde edilen veriler kısmen uyumluluk göstermekle birlikte aradaki farklılıkların kahve orjini, kavurma ve öğütme işlemlerindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Kahvenin rengi kavurma ile birlikte yeşilden kahverengiye dönmekte ve kavurmanın derecesi (sıcaklık ve süre) arttıkça L değeri azalmaktadır. Kahvenin L değeri kavurma derecesinin belirlenmesinde bir indikatör olarak kullanılmakta ve orta kavurulmuş kahvenin L değerinin 26 olması gerektiği belirtilmektedir (Schenker ve Rothgeb 2017). Benković and Tušek (2018), L değeri 35'in üzerinde olan kahvelerin az, 25-35 arasından olanların orta ve 25'in üzerinde olanların ise koyu kavurulmuş olduğunu, bu anlamda L değerinin bir kavurma indikatörü olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar kahvenin ikincil raf ömrü sırasında lipid oksidasyonuna bağlı olarak L değerinin azaldığını ve bu azalmanın çevresel faktörlerden (nem, ısı, oksijen, ışık) etkilendiğini bildirmişlerdir. Tez kapsamında analiz edilen kahve örneklerinin 28 gün sonunda L değerlerinin belirgin olmamakla birlikte genel olarak azaldığı belirlenmiştir. Türk kahvesinin depolanması sırasındaki fiziksel özelliklerinin değişiminin konu alındığı bir çalışmada kahvenin L değerinin 1 ay sonunda 4°C'de 33'den 26'ya, 25°C'de ise 25'e düştüğü rapor edilmiştir (Yüksel vd. 2020).

Tez kapsamında kahvelerin muhafaza edildiği cam kavonozların kapakları ikincil raf ömrünü (paket açıldıktan sonra kullanım süresi) temsilen periyodik olarak 2 gün aralıklarla açılmış ve kısa süre (20 sn) karıştırıldıktan (5 kez kaşıkla) sonra tekrar kapatılarak depolanmıştır. Yüksel vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada öğütülmüş kahvelerin geçirgenliğe sahip (çalışmada belirtilmemiş) plastik ambalaj içerisinde depolanmış olmasından dolayı L değerindeki azalmanın bizim çalışmamızdan daha yüksek olduğu düşünülmektedir. Örneklerin hue açısı (ton açısı) değerleri incelendiğinde depolama ile birlikte azaldığı, bu azalışın partikül boyutu daha büyük olan ürünlerde daha fazla gerçekleştiği görülmüştür. Benzer şekilde renk doygunluğunun (chroma değeri) da depolama ile birlikte azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. (Jurinjak-Tušek vd. 2015), depolama zamanı ile kahve renk kinetiğinin incelenmesini konu alan çalışmalarında depolama süresi ile birlikte kahvenin L, hue açısı ve chroma değerlerinin azaldığını, bu azalmalar sonucunda ürünün renginin daha açık görüldüğünü ifade etmişlerdir. Sonuçlar incelendiğinde başlangıca göre depolama süresi sonunda chroma ve hue açısı değerlerindeki en fazla değişimin partikül boyutu en büyük olan kahve örneklerinde gerçekleştiği görülmüştür. Nitekim 0.15 su aktivitesine sahip kahve örneklerinin 28 gün sonundaki Şekil 4.1’de gösterilen görüntüleri incelendiğinde en kalın partikül boyutuna sahip olan örneğin renginin diğerlerine göre daha soluk olduğu görülmektedir. Toz gıdaların depolama sırasındaki renginde meydana gelen değişimler lipid oksidasyonu ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarıyla ilişkilendirilmekte olup, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu üzerinde sıcaklık, nem, bileşimdeki karbonil gruplar, organik asitler, şekerler, su aktivitesi ve oksijenin etkili olduğu bildirilmektedir (Pua vd. 2008).

Gıdalarda görülen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları ve lipid oksidasyonu en düşük 0.2-0.3 arasındaki su aktivitesi değerlerinde gerçekleşmekte olup, bu değerlerin üzerinde belirtilen reaksiyonların hızları artmaktadır. Ayrıca özellikle oksidasyon reaksiyonları için belirli bir noktaya kadar tek tabaka su antioksidan bir bileşen gibi davranış göstermekte ve 0.2 su aktivitesinin altında oksidasyon reaksiyonlarında da artış gösterebilmektedir (Cemeroğlu ve Karadeniz 2004). Bu durumun ise düşük partikül boyutuna sahip örneklerin higroskopik özelliklerinin daha yüksek olması sonucu olarak bu örneklerde nem absorpsiyonunun daha fazla gerçekleşmiş olmasından ve suyun oksidasyonu engellemede koruyucu bir tabaka oluşturmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Nitekim tezin nem miktarı sonuçlarının tartışıldığı bölümde verilen Çizelge 4.1 incelendiğinde küçük partikül boyutuna sahip örneklerin tüm örneklerinde büyük partikül boyutundaki örneklere göre depolama boyunca nem değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 4.1. Depolama süresi sonunda **a)** çok ince **b)** ince **c)** ince-orta partikül boyutuna sahip kahvelerin görüntüleri

Çizelge 4.3. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı L, a, b, Hue açısı (h°), Chroma değerleri (C) değerleri

Partikül Boyu			A	B	C
Sıcaklık	Süre (gün)				
L Değeri	5°C	0	37.09 ^{aBa} ±0.09	37.45 ^{aBa} ±0.00	36.83 ^{bBa} ±0.06
		14	36.68 ^{aBb} ±0.33	36.98 ^{aBb} ±0.07	36.36 ^{bBb} ±0.26
		28	36.66 ^{aBc} ±0.08	36.38 ^{aBc} ±0.32	35.68 ^{bBc} ±0.04
	25°C	0	37.09 ^{aBAa} ±0.09	37.45 ^{aBAa} ±0.00	36.83 ^{bBAa} ±0.06
		14	36.63 ^{aBAb} ±0.38	37.19 ^{aBAb} ±0.64	36.23 ^{bBAb} ±0.11
		28	37.17 ^{aBAc} ±0.03	36.57 ^{aBAc} ±0.15	36.24 ^{bBAc} ±0.06
	45°C	0	37.09 ^{aAa} ±0.09	37.45 ^{aAa} ±0.00	36.83 ^{bAa} ±0.06
		14	37.13 ^{aAb} ±0.10	37.31 ^{aAb} ±0.51	36.51 ^{bAb} ±0.06
		28	36.68 ^{aAc} ±0.04	36.72 ^{aAc} ±0.04	35.81 ^{bAc} ±0.23
a Değeri	5°C	0	9.92 ^{aBa} ±0.13	9.65 ^{aBa} ±0.03	8.96 ^{bBa} ±0.10
		14	9.51 ^{aBc} ±0.02	9.51 ^{aBc} ±0.05	8.51 ^{bBc} ±0.11
		28	9.20 ^{aBb} ±0.04	9.54 ^{aBb} ±0.05	9.48 ^{bBb} ±0.03
	25°C	0	9.92 ^{aAa} ±0.13	9.65 ^{aAa} ±0.03	8.96 ^{bAa} ±0.10
		14	9.73 ^{aAc} ±0.18	9.61 ^{aAc} ±0.06	8.70 ^{bAc} ±0.04
		28	9.36 ^{aAb} ±0.10	9.39 ^{aAb} ±0.04	9.66 ^{bAb} ±0.05
	45°C	0	9.92 ^{aCa} ±0.13	9.65 ^{aCa} ±0.03	8.96 ^{bCa} ±0.10
		14	9.37 ^{aCc} ±0.02	9.37 ^{aCc} ±0.08	8.50 ^{bCc} ±0.08
		28	8.96 ^{aCb} ±0.02	9.37 ^{aCb} ±0.01	9.47 ^{bCb} ±0.04

(Devamı arkada)

Çizelge 4.3'ün devamı

	Partikül Boyu		A	B	C
	Sıcaklık	Süre (gün)			
b Değeri	5°C	0	12.84 ^{aBa} ±0.48	12.73 ^{aBa} ±0.12	11.78 ^{bBa} ±0.13
		14	11.26 ^{aBb} ±0.06	11.60 ^{aBb} ±0.08	10.16 ^{bBb} ±0.15
		28	12.16 ^{aBb} ±1.34	12.03 ^{aBb} ±0.02	9.69 ^{bBb} ±0.09
	25°C	0	12.84 ^{aAa} ±0.48	12.73 ^{aAa} ±0.12	11.78 ^{bAa} ±0.13
		14	12.31 ^{aAb} ±0.04	12.46 ^{aAb} ±0.40	11.01 ^{bAb} ±0.12
		28	11.78 ^{aAb} ±0.13	11.87 ^{aAb} ±0.10	10.05 ^{bAb} ±0.06
	45°C	0	12.84 ^{aBa} ±0.48	12.73 ^{aBa} ±0.12	11.78 ^{bBa} ±0.13
		14	11.27 ^{aBb} ±0.05	11.47 ^{aBb} ±0.29	10.23 ^{bBb} ±0.18
		28	10.90 ^{aBb} ±0.14	11.79 ^{aBb} ±0.24	9.76 ^{bBb} ±0.06
Hue Açısı (h°)	5°C	0	52.30 ^{bBa} ±0.68	52.81 ^{aBa} ±0.20	52.74 ^{cBa} ±0.00
		14	49.80 ^{bBb} ±0.09	50.65 ^{aBb} ±0.06	50.05 ^{cBb} ±0.05
		28	50.48 ^{bBc} ±0.07	51.57 ^{aBc} ±0.11	45.64 ^{cBc} ±0.34
	25°C	0	52.30 ^{bAa} ±0.68	52.81 ^{aAa} ±0.20	52.74 ^{cAa} ±0.00
		14	51.66 ^{bAb} ±0.62	52.34 ^{aAb} ±0.73	51.72 ^{cAb} ±0.26
		28	51.52 ^{bAc} ±0.01	51.64 ^{aAc} ±0.34	46.61 ^{cAc} ±0.06
	45°C	0	52.30 ^{bBa} ±0.68	52.81 ^{aBa} ±0.20	52.74 ^{cBa} ±0.00
		14	50.24 ^{bBb} ±0.18	50.89 ^{aBb} ±0.63	50.27 ^{cBb} ±0.22
		28	50.57 ^{bBc} ±0.27	51.65 ^{aBc} ±0.35	45.85 ^{cBs} ±0.06
Chroma Değeri (C)	5°C	0	16.22 ^{aBa} ±0.46	15.98 ^{aBa} ±0.11	14.80 ^{bBa} ±0.16
		14	14.73 ^{aBb} ±0.06	15.00 ^{aBb} ±0.09	13.25 ^{bBb} ±0.19
		28	14.46 ^{aBb} ±0.08	15.35 ^{aBb} ±0.04	13.56 ^{bBb} ±0.04
	25°C	0	16.22 ^{aAa} ±0.46	15.98 ^{aAa} ±0.11	14.80 ^{bAa} ±0.16
		14	15.69 ^{aAb} ±0.08	15.73 ^{aAb} ±0.35	14.05 ^{bAb} ±0.14
		28	15.05 ^{aAb} ±0.16	15.13 ^{aAb} ±0.05	13.72 ^{bAb} ±5.40
	45°C	0	16.22 ^{aBa} ±0.46	15.98 ^{aBa} ±0.11	14.80 ^{bBa} ±0.16
		14	14.66 ^{aBb} ±0.03	14.82 ^{aBb} ±0.29	13.30 ^{bBb} ±0.19
		28	14.11 ^{aBb} ±0.12	15.04 ^{aBb} ±0.23	13.60 ^{bBb} ±0.07

Farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde fark olduğunu göstermekte olup, 1. sıradaki küçük harf partikül boyutuna, 2. sıradaki büyük harf sıcaklığa, 3. sıradaki küçük harf ise depolama süresine bağlı farklılığı göstermektedir.

Farklı depolama şartlarında depolanan öğütülmüş kahvelerin L, a, b değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.4'te hue açısı ve chroma değerlerine ait varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.5'te verilmiştir. Partikül boyutu ve depolama süresinin tek başlarına öğütülmüş kahve örneklerinin L, a, b ve hue açısı değerleri üzerinde oldukça önemli seviyede (P<0.01) etkisi olduğu, chroma değerleri için P<0.05 önem derecesinde önemli olduğu belirlenmiştir. Depolama sıcaklığının L değeri üzerinde istatistiki açıdan önemsiz olduğu; a, b, hue açısı değerleri üzerinde oldukça önemli seviyede (P<0.01) etkisi olduğu, chroma değerleri için P<0.05 önem derecesinde önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.4. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı olarak L, a ve b değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	L değeri		a değeri		b değeri	
		KO	F	KO	F	KO	F
Partikül boyutu(P)	2	2.36	51.08**	1.59	254.10**	11.81	104.58**
Sıcaklık (T)	2	0.14	3.00	0.11	17.60**	0.93	8.25**
Süre (S)	2	2.16	46.78**	0.44	70.00**	9.39	83.16**
PxT	4	0.01	0.20	0.44	2.99*	0.09	0.82
PxS	4	0.26	5.61*	0.94	150.83**	0.51	4.54**
TxS	4	0.16	3.47*	0.03	5.13**	0.59	5.25**
PxTxS	8	0.04	0.94	0.01	1.27	0.09	0.84
Hata	27	0.05		0.01		0.11	

(*), P<0.05 seviyesinde, (**), P<0.01 seviyesinde farklılığı ifade etmektedir.

Çizelge 4.5. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı olarak hue açısı ve chroma değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	Hue Açısı (h°)		Chroma Değeri (C)	
		KO	F	KO	F
Partikül boyutu(P)	2	20.57	162.34**	5.31	4.72*
Sıcaklık (T)	2	3.38	26.70**	4.14	3.68*
Süre (S)	2	43.90	346.49**	5.66	5.04*
PxT	4	0.07	0.53	1.06	0.94
PxS	4	17.97	141.81**	1.90	1.69
TxS	4	1.32	10.40**	1.32	1.18
PxTxS	8	0.06	0.50	1.14	1.02
Hata	27	0.13		1.12	

(*), P<0.05 seviyesinde, (**), P<0.01 seviyesinde farklılığı ifade etmektedir.

4.3. Klorojenik Asit Miktarı

Kahvenin sağlık üzerine olumlu etki gösteren en önemli bileşenlerden biri klorojenik asit olup, polifenoller grubundaki bu bileşen trans-sinamik ve kuinik asitin esterleri formundadır (Pimpley vd. 2020). Farklı boyutlardaki kahvenin depolama sıcaklığına bağlı olarak depolama süresince klorojenik asit miktarındaki değişim Çizelge 4.6'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde örneklerin klorojenik asit miktarlarının 1.05-1.38 g/100 g KM arasında değiştiği görülmektedir. Bennat vd. 1994 tarafından farklı ticari kahve örneklerinin klorojenik asit miktarının değişimini konu alan çalışmada örneklerin klorojenik asit miktarının 0.81-2.70 g/100g KM arasında değiştiği görülmüştür. Arabika çeşidine ait kahvelerin klorojenik asit miktarlarının yetiştirildiği bölgeye göre değişiminin araştırıldığı bir çalışmada ise örneklerin klorojenik asit miktarı 1.65-2.15 g/100g KM arasında belirlenmiştir (Farah vd. 2005a). Tez kapsamında elde edilen sonuçlar literatürde yer alan sonuçlarla büyük oranda benzerlik göstermekle birlikte aradaki farklılıkların kahvenin yetiştirilme koşulları, işlenme farklılıkları (yaş işleme ve kuru işleme) kavurma derecesi, partikül boyutu ve ekstraksiyon şartlarından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Kahve örneklerinin klorojenik asit miktarının partikül boyutunun artması ile azaldığı ve depolama süresince de azaldığı belirlenmiştir. Beklenildiği şekliyle partikül boyutunun küçülmesiyle klorojenik asitin ekstraksiyon verimliliği artmıştır. Bu sonuç demleme sırasında küçük boyutta kahvenin kullanılmasıyla elde edilen içeceğin daha fazla klorojenik asit içereceğini göstermiştir. Bilindiği üzere klorojenik asit iyi bir antioksidan özellik gösteren bir bileşik olup ekstraktta miktarının artması tüketimi sırasındaki fonksiyonel özelliği açısından oldukça önemlidir. Klorojenik asit miktarının depolama süresince azalmasının nedenlerinden birinin fenolik bileşenlerin oksidasyona hassasiyeti olduğu düşünülmektedir. Król vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada kahvenin klorojenik asit içeriği depolama başlangıcında 5.56 mg/g olarak belirlenmiş ve bu değer 12 aylık depolama sonunda 0.02 mg/g'a azaldığı bildirilmiştir.

Çizelge 4.6. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş, farklı sıcaklıklarda depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı klorojenik asit içeriği (g/100 g KM)

Partikül Boyu		A	B	C
Sıcaklık	Süre (gün)			
5°C	0	1.38 ^{aBAa} ±0.00	1.29 ^{bBAa} ±0.05	1.19 ^{cBAa} ±0.00
	14	1.30 ^{aBAa} ±0.01	1.28 ^{bBAa} ±0.02	1.33 ^{cBAa} ±0.04
	28	1.28 ^{aBAb} ±0.15	1.24 ^{bBAb} ±0.02	1.07 ^{cBAb} ±0.00
25°C	0	1.38 ^{aBa} ±0.00	1.29 ^{bBa} ±0.05	1.19 ^{cBa} ±0.00
	14	1.21 ^{aBa} ±0.01	1.21 ^{bBa} ±0.02	1.25 ^{cBa} ±0.03
	28	1.30 ^{aBb} ±0.07	1.25 ^{bBb} ±0.03	1.05 ^{cBb} ±0.01
45°C	0	1.38 ^{aAa} ±0.00	1.29 ^{bAa} ±0.05	1.19 ^{cAa} ±0.00
	14	1.28 ^{aAa} ±0.00	1.34 ^{bAa} ±0.00	1.36 ^{cAa} ±0.00
	28	1.33 ^{aAb} ±0.07	1.25 ^{bAb} ±0.02	1.05 ^{cAb} ±0.01

Farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde fark olduğunu göstermekte olup, 1. sıradaki küçük harf partikül boyutuna, 2. sıradaki büyük harf sıcaklığa, 3. sıradaki küçük harf ise depolama süresine bağlı farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.7'da verilen kahve örneklerinin klorojenik asit miktarı değerlerine ait varyans analiz sonuçları incelendiğinde partikül boyutu ve depolama süresinin örnek üzerine tek başına ayrıca partikül boyutu ve depolama süresi interaksyonunun klorojenik asit miktarı üzerinde önemli seviyede (P<0.01) etki ettiği görülmektedir.

Çizelge 4.7. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı klorojenik asit içeriği (g/100 g KM) değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Partikül boyutu(P)	2	0.0742	45.13 ^{**}
Sıcaklık (T)	2	0.0067	4.06 [*]
Süre (S)	2	0.0426	25.90 ^{**}
PxT	4	0.0001	0.06
PxS	4	0.0415	25.25 ^{**}
TxS	4	0.0052	3.17 [*]
PxTxS	8	0.0006	0.38
Hata	27	0.0016	

(*), P<0.05 seviyesinde, (**), P<0.01 seviyesinde farklılığı ifade etmektedir.

4.4. Kafein Miktarı

Kahve en fazla kafein içeren gıdaların başında gelmekte olup kafeinin birçok sağlığa olumlu özelliklerinin olduğu, merkezi sinir sistemini uyardığı ve kan dolaşımını hızlandırdığı bildirilmektedir (Mandel 2002). Biyolojik etkileri yanında acı lezzetinden dolayı da kahve için önemli bir bileşen olan kafeinin miktarı kalite açısından önemli bir kriterdir (Esquivel ve Jimenez 2012). Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş kahvenin su aktivitesi ve depolama sıcaklığına bağlı olarak depolama süresince kafein miktarındaki değişim Çizelge 4.8’de verilmiştir. Çizelge 4.8 incelendiğinde örneklerin kafein miktarlarının 1.49-1.80 g/100 g KM arasında değiştiği görülmektedir. Fibrianto vd. (2018) tarafından yapılan çalışma sonucunda kahvenin kafein içeriğinin kavurma derecesine göre 2.21-2.59 g/100g KM arasında değiştiği, en fazla kafein içeriğinin orta derecede kavruan kahvelerde tespit edildiği rapor edilmiştir. Farklı bölgelerden temin edilen arabika çeşidi kahvelerin kafein içeriklerinin 0.7-1.6 g/100g KM arasında değiştiği bildirilmiştir (Farah 2019).

Kahve örneklerinin kafein içeriği ekstraksiyondaki verimliliğe bağlı olarak depolama başlangıcında en küçük partikül boyutuna sahip örneklerde (1.71 g/100g KM) bulunmuşken, orta ve daha büyük partikül boyutuna sahip ürünlerin kafein miktarında (1.65 g/100g KM) bir farklılık görülmemiştir. Depolama süresi ile birlikte genel olarak örneklerin kafein miktarında bir azalış tespit edilmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı kafein miktarları (g/100 g KM)

Partikül Boyu		A	B	C
Sıcaklık	Süre (gün)			
5°C	0	1.71 ^{aBAa} ±0.01	1.65 ^{aBAa} ±0.01	1.65 ^{bBAa} ±0.02
	14	1.58 ^{aBAb} ±0.06	1.61 ^{aBAb} ±0.10	1.53 ^{bBAb} ±0.01
	28	1.52 ^{aBAc} ±0.01	1.50 ^{aBAc} ±0.03	1.53 ^{bBAc} ±0.01
25°C	0	1.71 ^{aBa} ±0.01	1.65 ^{aBa} ±0.01	1.65 ^{bBa} ±0.02
	14	1.52 ^{aBb} ±0.01	1.55 ^{aBb} ±0.00	1.53 ^{bBb} ±0.00
	28	1.50 ^{aBc} ±0.00	1.51 ^{aBc} ±0.01	1.51 ^{bBc} ±0.01
45°C	0	1.71 ^{aAa} ±0.01	1.65 ^{aAa} ±0.01	1.65 ^{bAa} ±0.02
	14	1.53 ^{aAb} ±0.01	1.80 ^{aAb} ±0.01	1.53 ^{bAb} ±0.00
	28	1.51 ^{aAc} ±0.02	1.49 ^{aAc} ±0.00	1.50 ^{bAc} ±0.01

Farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde fark olduğunu göstermekte olup, 1. sıradaki küçük harf partikül boyutuna, 2. sıradaki büyük harf sıcaklığa, 3. sıradaki küçük harf ise depolama süresine bağlı farklılığı göstermektedir.

Örneklerin kafein miktarı üzerinde depolama sıcaklığının etkisi P<0.05 seviyesinde önemli bulunurken, partikül boyutu ve depolama süresinin etkisi P<0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur. Ayrıca partikül boyutu, depolama sıcaklığı ve depolama süresi birbirleri ile ve üçlü interaksiyonları da kahvenin kafein miktarında istatistiki açıdan önemli etki oluşturmuştur (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı klorojenik asit içeriği (g/100 g KM) değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Partikül boyutu(P)	2	0.0074	10.74**
Sıcaklık (T)	2	0.0037	5.42*
Süre (S)	2	0.1197	173.63**
PxT	4	0.0036	5.27**
PxS	4	0.0134	19.51**
TxS	4	0.0040	5.86**
PxTxS	8	0.0046	6.63**
Hata	27	0.0007	

(*), P<0.05 seviyesinde; (**), P<0.01 seviyesinde farklılığı ifade etmektedir.

4.5. Yağ Asidi Bileşimi

Kahvenin ana bileşimini oluşturan yağlar, kahvenin aroması ve lezzeti açısından önemli olup kahvenin depolanması sırasında değişikliklere uğrayarak duyu kalite kayıplarına neden olabilmektedir. Özellikle depolama süresi boyunca ısı, ışık, oksijen vb. çevresel faktörlerle hızlanan reaksiyonlar sonucu serbest radikaller ve/veya reaktif oksijen bileşenleri oluşarak lipid oksidasyonu başlamaktadır (Barden ve Decker 2016). Nitekim doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu kahvede hoş olmayan aroma bileşenlerinin oluşumuna ve istenmeyen duyu özelliklere neden olmaktadır (Koshima vd. 2020).

Farklı partikül boyutunda öğütülüp, farklı sıcaklıklarda depolanan kahve örneklerinde depolama süresince yağ asidi bileşimi incelenmiş olup sonuçlar Çizelge 4.11’de % alan cinsinden verilmiştir. Çizelge incelendiğinde kavrulmuş kahvenin başlıca yağ asitlerinin linoleik asit (%41.86-42.89) ve palmitik asit (%33.23-36.36) olduğu görülmektedir. Nitekim Martín vd. (2001) ve Nikolova-Damyanova vd. (1998) tarafından yapılan çalışmalarda da kahvenin başlıca yağ asitlerinin palmitik ve linoleik asit olduğu bildirilmiştir.

Tez kapsamında analiz edilen kahve örneklerinde palmitik ve linoleik aside göre daha düşük oranlarda oleik asit (%10.59-11.47), stearik asit (%7.38-8.48) ve iz miktarda miristik asit, margirik asit, elaidik asit, cis-11 eikosenoik asit, araşidik asit ve behenik asitler de tespit edilmiştir (Çizelge 4.10). Farklı özelliklere sahip kahve örneklerinin yağ bileşiminde 3 farklı depolama sıcaklığında belirgin bir değişikliğin olmadığı belirlenmiştir. Yağ asidi bileşiminde bulunan araşidik, stearik, palmitik gibi doymuş yağ asitleri daha iyi içim kalitesi olarak ifade edilen özel kahveler için bir belirteç olmakla birlikte elaidik, oleik, linoleik, linolenik gibi doymamış yağ asitleri daha az kokuya, gövdeye ve aromaya sahip kahvelerle ilişkilendirilmektedir (Figueiredo vd. 2015).

Çizelge 4.10. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı yağ asidi bileşimi (% Alan)

Yağ asidi adı	Partikül Boyu		A	B	C
	Sıcaklık	Süre (gün)			
Miristik asit	5°C	0	0.08±0.00	0.11±0.01	0.10±0.01
		14	0.08±0.00	0.09±0.01	0.06±0.01
		28	0.06±0.00	0.07±0.01	0.07±0.01
	25°C	0	0.08±0.00	0.11±0.01	0.10±0.01
		14	0.07±0.01	0.10±0.01	0.08±0.01
		28	0.06±0.01	0.06±0.00	0.09±0.05
	45°C	0	0.08±0.00	0.11±0.01	0.10±0.01
		14	0.07±0.01	0.07±0.00	0.08±0.01
		28	0.05±0.00	0.06±0.00	0.07±0.01
Palmitik asit	5°C	0	34.66±1.55	36.17±0.51	35.61±1.17
		14	34.74±0.04	36.68±0.38	33.94±0.23
		28	35.76±0.51	33.36±0.52	35.48±0.41
	25°C	0	34.66±1.55	36.17±0.51	35.61±1.17
		14	35.55±1.36	36.53±0.59	35.78±0.42
		28	35.78±0.39	34.75±0.00	36.36±3.06
	45°C	0	34.66±1.55	36.17±0.51	35.61±1.17
		14	33.28±0.89	34.82±0.25	35.78±1.17
		28	33.46±0.35	33.48±0.00	33.99±2.48
Margarik asit	5°C	0	0.10±0.03	0.11±0.00	0.11±0.01
		14	0.08±0.01	0.11±0.03	0.12±0.02
		28	0.09±0.02	0.10±0.00	0.08±0.03
	25°C	0	0.10±0.03	0.11±0.00	0.11±0.01
		14	0.12±0.00	0.09±0.00	0.10±0.01
		28	0.09±0.01	0.08±0.00	0.13±0.02
	45°C	0	0.10±0.03	0.11±0.00	0.11±0.01
		14	0.09±0.01	0.14±0.01	0.11±0.05
		28	0.10±0.00	0.11±0.00	0.09±0.00
Linoleik asit	5°C	0	42.44±0.44	42.13±0.21	41.96±0.42
		14	42.52±0.07	41.86±0.11	42.89±0.24
		28	42.03±0.13	42.53±0.02	42.29±0.21
	25°C	0	42.44±0.44	42.13±0.21	41.96±0.42
		14	42.16±0.54	41.99±0.08	42.23±0.20
		28	42.08±0.21	42.40±0.00	41.90±1.27
	45°C	0	42.44±0.44	42.13±0.21	41.96±0.42
		14	42.79±0.11	42.61±0.09	42.22±0.45
		28	42.65±0.01	42.68±0.00	42.59±0.23

(Devamı arkada)

Çizelge 4.10'nın devamı

Yağ asidi adı	Partikül Boyu		A	B	C
	Sıcaklık	Süre(gün)			
Oleik asit	5°C	0	10.77±0.16	10.59±0.04	10.91±0.20
		14	11.05±0.09	10.69±0.29	11.32±0.11
		28	10.89±0.11	11.35±0.33	11.04±0.01
	25°C	0	11.02±0.20	10.59±0.04	10.91±0.20
		14	10.92±0.20	10.74±0.37	11.02±0.11
		28	10.88±0.02	11.06±0.00	10.85±0.49
	45°C	0	11.02±0.20	10.59±0.04	10.91±0.20
		14	11.36±0.20	11.12±0.06	10.98±0.23
		28	11.19±0.05	11.47±0.00	11.29±0.64
Elaidik asit	5°C	0	0.65±0.13	0.59±0.01	0.60±0.04
		14	0.68±0.03	0.84±0.01	0.67±0.00
		28	0.65±0.01	0.66±0.07	0.54±0.05
	25°C	0	0.65±0.13	0.59±0.01	0.60±0.04
		14	0.65±0.01	0.76±0.13	0.72±0.01
		28	0.59±0.01	0.60±0.00	0.66±0.09
	45°C	0	0.65±0.13	0.59±0.01	0.60±0.04
		14	0.69±0.02	0.70±0.00	0.64±0.02
		28	0.74±0.04	0.70±0.00	0.67±0.04
Stearik asit	5°C	0	7.71±0.01	7.50±0.05	7.72±0.25
		14	7.90±0.02	7.38±0.09	8.08±0.01
		28	7.72±0.06	8.48±0.18	7.81±0.04
	25°C	0	7.96±0.36	7.50±0.05	7.72±0.25
		14	7.86±0.29	7.46±0.21	7.65±0.13
		28	7.71±0.15	8.02±0.00	7.55±0.68
	45°C	0	7.96±0.36	7.50±0.05	7.72±0.25
		14	8.32±0.29	7.81±0.06	7.66±0.24
		28	8.33±0.11	8.31±0.00	8.19±0.79
cis-11- Eikosenoik asit	5°C	0	0.19±0.06	0.22±0.01	0.27±0.04
		14	0.24±0.02	0.15±0.01	0.21±0.00
		28	0.25±0.01	0.27±0.02	0.21±0.01
	25°C	0	0.19±0.06	0.22±0.01	0.27±0.04
		14	0.20±0.00	0.18±0.04	0.22±0.01
		28	0.24±0.01	0.26±0.00	0.21±0.06
	45°C	0	0.19±0.06	0.22±0.01	0.27±0.04
		14	0.28±0.01	0.19±0.06	0.23±0.07
		28	0.28±0.04	0.23±0.00	0.23±0.06

(Devamı arkada)

Çizelge 4.10'nın devamı

Yağ asidi adı	Partikül Boyu		A	B	C
	Sıcaklık	Süre(gün)			
Araşidik asit	5°C	0	2.49±0.28	2.19±0.13	2.33±0.20
		14	2.33±0.04	1.89±0.13	2.34±0.12
		28	2.25±0.12	2.76±0.06	2.17±0.13
	25°C	0	2.49±0.28	2.19±0.13	2.33±0.20
		14	2.16±0.30	1.88±0.12	1.94±0.17
		28	2.25±0.01	2.39±0.00	2.00±0.46
	45°C	0	2.49±0.28	2.19±0.13	2.33±0.20
		14	2.67±0.23	2.21±0.09	2.03±0.09
		28	2.74±0.08	2.51±0.00	2.46±0.54
Behenik asit	5°C	0	0.43±0.11	0.41±0.07	0.41±0.13
		14	0.40±0.02	0.34±0.03	0.39±0.04
		28	0.33±0.06	0.45±0.04	0.34±0.04
	25°C	0	0.43±0.11	0.41±0.07	0.41±0.13
		14	0.33±0.03	0.28±0.12	0.29±0.04
		28	0.35±0.01	0.38±0.00	0.28±0.08
	45°C	0	0.43±0.11	0.41±0.07	0.41±0.13
		14	0.47±0.06	0.36±0.01	0.30±0.00
		28	0.48±0.03	0.45±0.00	0.45±0.18

Yağ asidi bileşenleri üzerinden bağımsız değişkenlere bağlı değişimi daha net inceleyebilmek için kahvede bulunan yağ asitlerinden en fazla orana sahip olan palmitik, linoleik ve oleik asit ile lezzet üzerinde etkili olduğu bildirilen elaidik asidin elde edilen alanlarındaki değişim Çizelge 4.12'te verilmiş ve ayrıca Şekil 4.2-4.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11'de palmitik, linoleik, oleik ve elaidik yağ asitlerinin depolama başlangıcındaki miktarları incelendiğinde partikül boyutunun artması ile tespit edilen alanın azaldığı belirlenmiştir. Şekil 4.2; Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5 incelendiğinde ise çok ince partikül boyutuna sahip örneklerin başlıca yağ asiti kompozisyonlarında (linoleik, palmitik, oleik ve elaidik asit) 14. güne kadar bir azalma olduğu ancak depolamanın sonunda serbest yağ asitlerinde bir miktar artış olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum depolanması sırasında triaçilgliserollerin hidrolizi sonucu serbest yağ asidi miktarının oluşumundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer taraftan daha büyük boy yapıdaki ince ve ince-orta boyutuna sahip örneklerde ise 14. güne kadar meydana gelen oksidasyon sonucu serbest yağ asidi miktarındaki azalmanın ince partikül boyutuna sahip örneklerdeki gibi belirgin olmadığı görülmüştür. Nitekim Toci vd. (2013) yapmış oldukları bir çalışmada az-orta ve orta-koyu partikül boyutundaki kavrulmuş kahveleri farklı atmosferik koşullar altındaki ambalajlarda 5°C ve 25°C'de 6 ay boyunca depolanmış ve depolamanın 1. ayında az-orta kavrulmuş örneklerin triaçilgliserol içeriğinde artış olduğunu rapor etmişlerdir. Orta-koyu kavrulmuş örneklerde ise ilk 2 aylık depolamada yükseliş görülmüştür. Aynı çalışmada hafif-orta kavrulmuş örneklerin yağ asiti içeriğinin 2 aylık depolamadan sonra %7 oranında azaldığı bu azalışın 4. ve 5.

aydan sonra sırasıyla %36 ve %42 oranlarına ulaştığı bildirilmiştir. Benzer şekilde orta-koyu kavrulmuş kahvede yağ asidi bileşenlerinde 3 ay sonra %35 ve 6 ay sonunda %51'lik azalma rapor edilmiştir (Toci vd. 2013).

Vila vd. (2005) ve Anese vd. (2000) tarafından yapılan bir çalışmada yeşil kahve çekirdeklerinin yüksek sıcaklıkta kavrulmasıyla yağ bileşiminin stabil olduğu, diğer bir ifade ile yeşil kahve çekirdeklerinden elde edilen yağ ile kavrulmuş çekirdekten elde edilen yağların yağ asidi bileşimi açısından önemli farklılıkların tespit edilemedi bildirilmiştir. Başka bir çalışmada ise depolama süresinin yağ asidi bileşimi üzerine etkisi incelenmiş ve depolama süresinin yağ asidi bileşiminde önemli bir değişiklik oluşturmadığı, bu durumun ise kahve yağında çözünen maillard reaksiyon ürünlerinin oluşumu ile ilişkilendirildiği bildirilmiştir (Amarowicz 2009).

Çizelge 4.11. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı palmitik, linoleik, oleik ve elaidik asit miktarları (Alan x 10⁵)

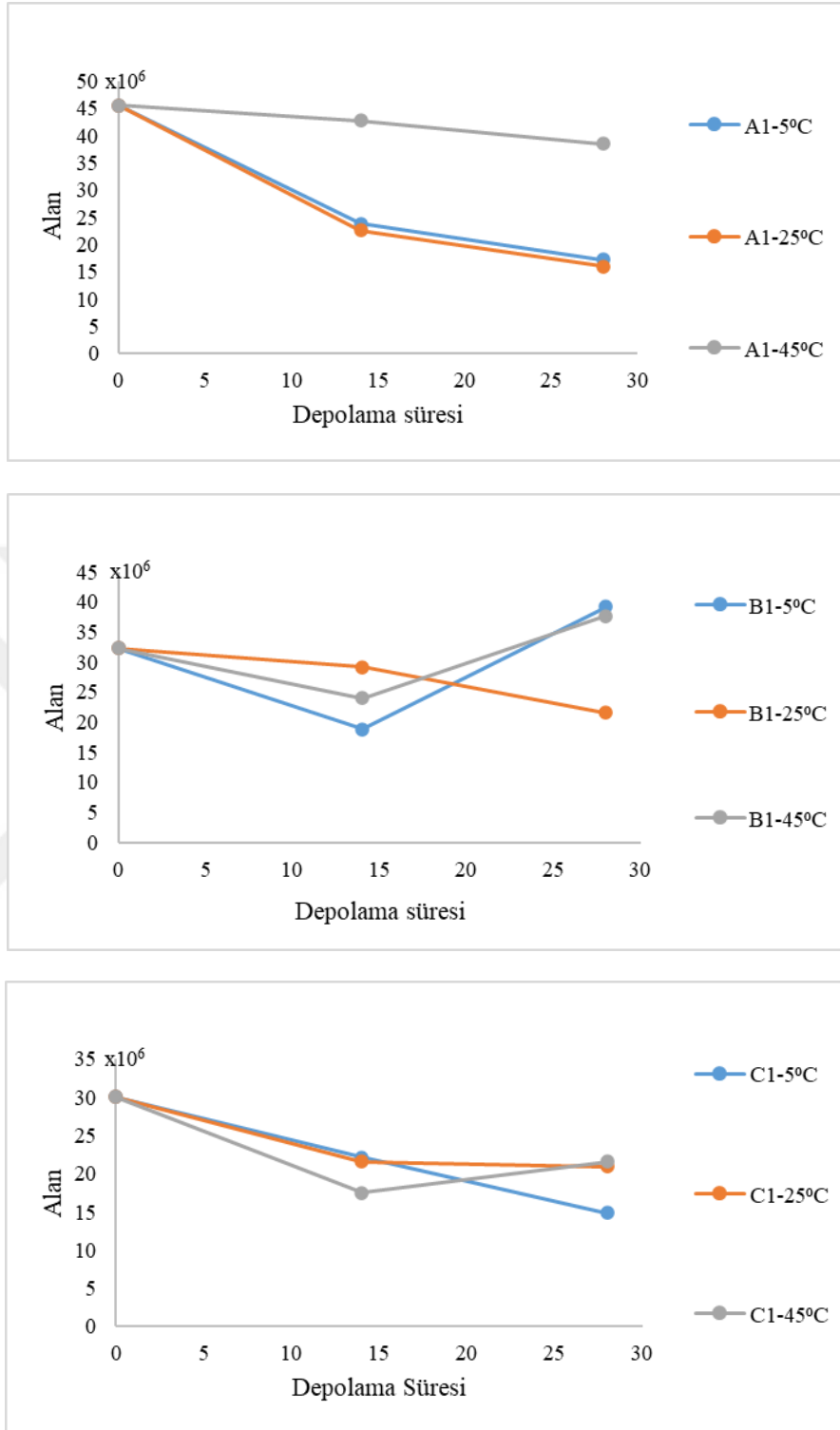
Yağ asidi adı	Partikül Boyu		A	B	C
	Sıcaklık	Süre (gün)			
Palmitik asit	5°C	0	370.69 ^{aAa}	277.78 ^{bAa}	255.18 ^{cAa}
		14	194.64 ^{aAb}	164.94 ^{bAb}	212.53 ^{cAb}
		28	146.13 ^{aAc}	306.63 ^{bAc}	124.44 ^{cAc}
	25°C	0	370.69 ^{aBa}	277.78 ^{bBa}	255.18 ^{cBa}
		14	189.81 ^{aBb}	236.05 ^{bBb}	182.98 ^{cBb}
		28	135.29 ^{aBc}	176.69 ^{bBc}	180.19 ^{cBc}
	45°C	0	370.69 ^{aAa}	277.78 ^{bAa}	255.18 ^{cAa}
		14	331.94 ^{aAb}	196.24 ^{bAb}	148.31 ^{cAb}
		28	302.08 ^{aAc}	289.39 ^{bAc}	170.72 ^{cAc}
Linoleik asit	5°C	0	455.13 ^{aAa}	323.53 ^{bAa}	300.49 ^{cAa}
		14	238.23 ^{aAb}	188.16 ^{bAb}	221.83 ^{cAb}
		28	172.03 ^{aAc}	391.44 ^{bAc}	148.52 ^{cAc}
	25°C	0	455.13 ^{aBa}	323.53 ^{bBa}	300.49 ^{cBa}
		14	225.43 ^{aBb}	292.03 ^{bBb}	215.88 ^{cBb}
		28	159.42 ^{aBc}	216.19 ^{bBc}	209.42 ^{cBc}
	45°C	0	455.13 ^{aAa}	323.53 ^{bAa}	300.48 ^{cAa}
		14	427.54 ^{aAb}	240.09 ^{bAb}	175.00 ^{cAb}
		28	385.00 ^{aAc}	376.45 ^{bAc}	215.83 ^{cAc}

(Devamı arkada)

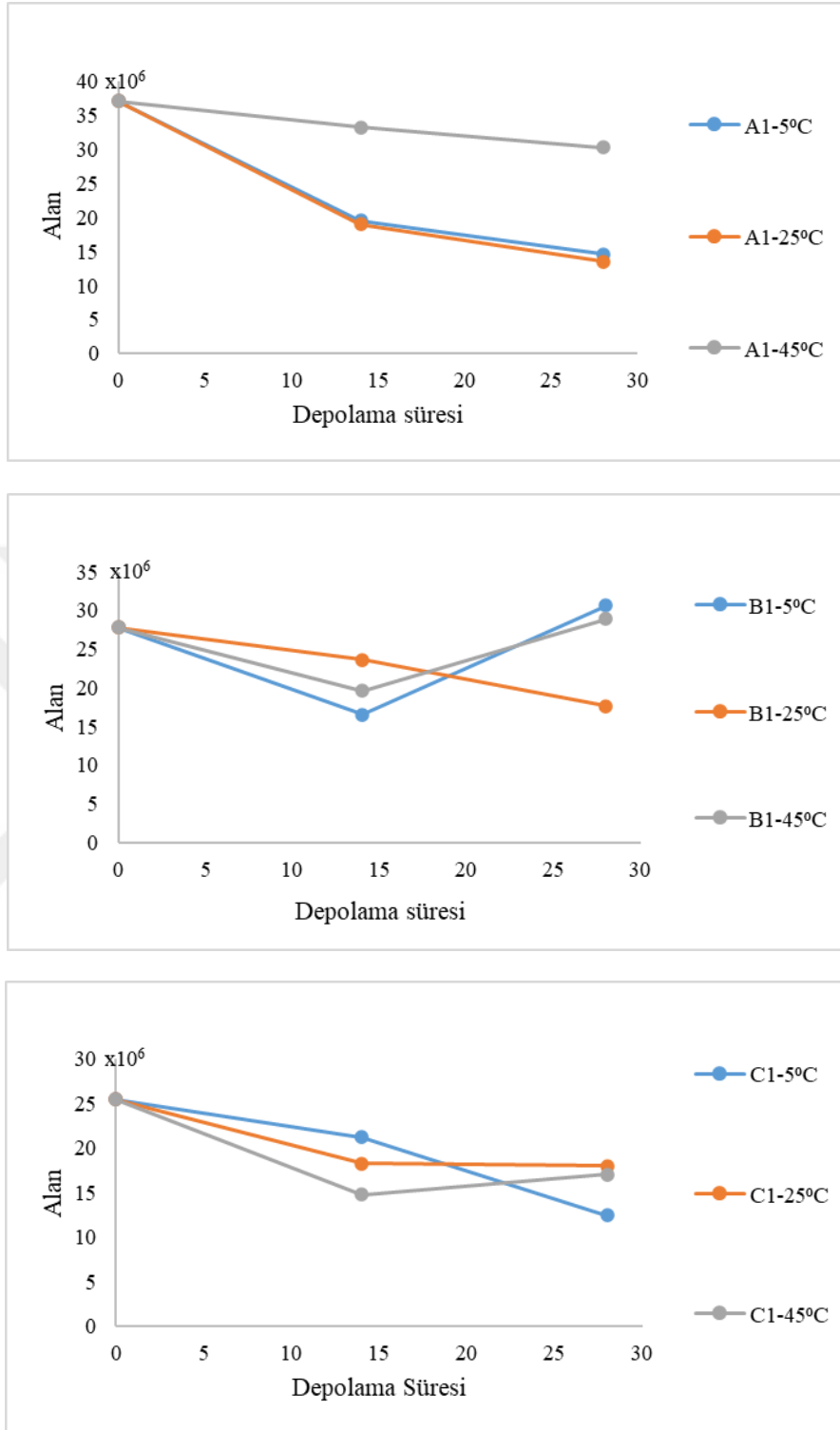
Çizelge 4.11'nin devamı

Yağ asidi adı	Partikül Boyu		A	B	C
	Sıcaklık	Süre (gün)			
Oleik asit	5°C	0	118.21 ^{aAa}	81.31 ^{bAa}	78.10 ^{cAa}
		14	61.84 ^{aAb}	48.01 ^{bAb}	47.54 ^{cAb}
		28	44.56 ^{aAc}	104.75 ^{bAc}	38.74 ^{cAc}
	25°C	0	118.21 ^{aBa}	81.31 ^{bBa}	78.10 ^{cBa}
		14	58.40 ^{aBb}	76.92 ^{bBb}	56.37 ^{cBb}
		28	41.18 ^{aBc}	55.40 ^{bBc}	54.31 ^{cBc}
	45°C	0	118.21 ^{aAa}	81.31 ^{bAa}	78.10 ^{cAa}
		14	113.65 ^{aAb}	62.67 ^{bAb}	45.45 ^{cAb}
		28	100.98 ^{aAc}	100.56 ^{bAc}	57.56 ^{cAc}
Elaidik asit	5°C	0	6.96 ^{aAa}	5.00 ^{baAa}	4.29 ^{bAa}
		14	3.82 ^{aAb}	3.78 ^{baAb}	3.09 ^{bAb}
		28	2.65 ^{aAc}	6.03 ^{baAc}	1.90 ^{bAc}
	25°C	0	6.96 ^{aBa}	5.00 ^{baBa}	4.29 ^{bBa}
		14	3.47 ^{aBb}	4.92 ^{baBb}	3.65 ^{bBb}
		28	2.21 ^{aBc}	3.02 ^{baBc}	3.30 ^{bBc}
	45°C	0	6.96 ^{aAa}	5.00 ^{baAa} _X	4.29 ^{bAa}
		14	6.87 ^{aAb}	3.96 ^{baAb} _X	2.63 ^{bAb}
		28	6.68 ^{aAc}	6.20 ^{baAc} _X	3.40 ^{bAc}

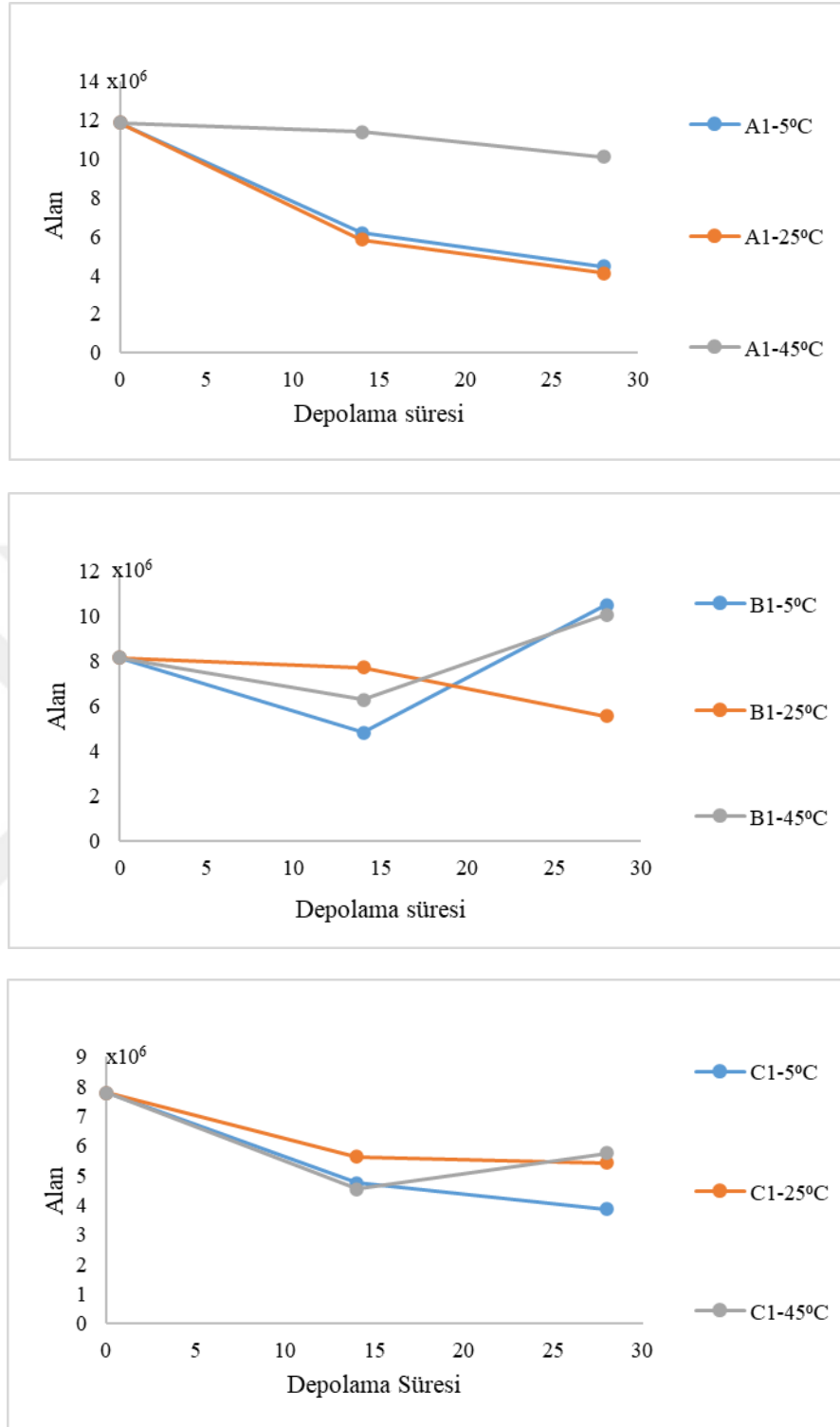
Farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde fark olduğunu göstermekte olup, 1. sıradaki küçük harf partikül boyutuna, 2. sıradaki büyük harf sıcaklığa, 3. sıradaki küçük harf ise depolama süresine bağlı farklılığı göstermektedir.



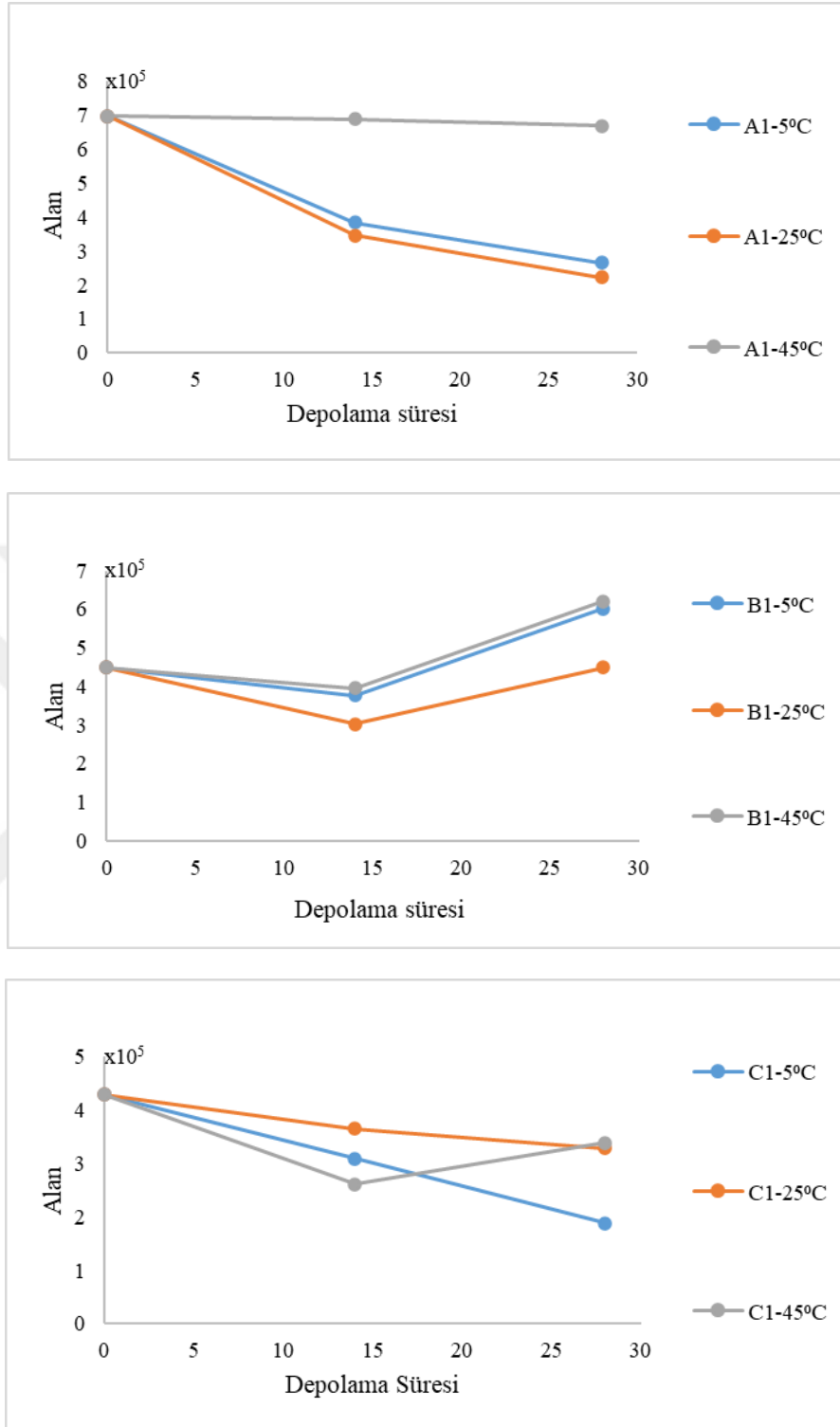
Şekil 4.2. (A) çok ince, (B) ince ve (C) ince-orta partikül boyutlarında öğütülmüş farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin yağ asidi bileşimindeki linoleik asitin depolama süresine bağlı değişimi (Alan)



Şekil 4.3. (A) çok ince, (B) ince ve (C) ince-orta partikül boyutlarında farklı partikül boyutlarında öğütülmüş, farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin yağ asidi bileşiminde palmitik asitin depolama süresine bağlı değişimi (Alan)



Şekil 4.4. (A) çok ince, (B) ince ve (C) ince-orta μm partikül boyutlarında farklı partikül boyutlarında öğütülmüş farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin yağ asidi bileşiminde oleik asitin depolama süresine bağlı değişimi (Alan)



Şekil 4.5. (A) çok ince, (B) ince ve (C) ince-orta partikül boyutlarında farklı partikül boyutlarında öğütülmüş, farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin yağ asidi bileşiminde elaidik asitin depolama süresine bağlı değişimi (Alan)

Yağ asiti kompozisyonunun kahvenin duyusal özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada doymuş yağ asitlerinden araşidik, stearik ve palmitik asitin kahvenin duyusal özelliklerinde pozitif bir etkisinin olduğu diğer taraftan doymamış yağ asitlerinden elaidik asitin ise negatif bir etkisinin olduğu bildirilmiştir (Figueiredo vd. 2015). Özellikle kaliteli kahvedeki yağ asitleri bileşiminin, kahve içeceğinin ağızda bıraktığı his özellikleri (gövde, doku) ve esansiyel aroma ile lezzet bileşenleri kazandırmak için önemli olduğu ve bu özelliklerin doymuş yağ asitlerinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Fassio vd. 2017). Doymamış yağ asitlerinin (elaidik, linoleik ve linolenik asit) oksidasyona olan eğilimi yağlarda ransitide oluşumu ile istenmeyen aromalardan sorumlu olduğu, özellikle oleik asitin trans izomeri olan elaidik asitin kahvede bulunan doymamış yağ asitlerinde en belirgin olduğu rapor edilmiştir. Tez çalışması kapsamında da duyusal açıdan en belirgin doymamış yağ asiti olarak bildirilen elaidik asitin partikül boyutunun artması ile alanının azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.11). Depolama süresi ile belirlenen temel yağ asitlerinden olan palmitik ve linoleik asitin azaldığı belirlenmiştir. Partikül boyutunun etkisi incelendiğinde ise söz konusu bileşenlerde parçacık boyutunun artması ile tespit edilen miktarda artış gözlenmiştir. Elaidik asitin miktarında ise benzer şekilde partikül boyutu ve depolama süresinde doğrusal bir ilişki gözlenmekte iken depolama sıcaklığı ile negatif bir ilişki gözlenmiştir.

Çizelge 4.12’de örneklerin palmitik, linoleik, oleik, elaidik yağ asidi değerlerine ait varyans analizi sonuçları üzerinde partikül boyutu, depolama sıcaklığı ve depolama süresini tek başlarına ve birbirleri ile interaksyonlarının etkisi $P<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Ayrıca partikül boyutu, depolama sıcaklığı ve depolama süresi üçlü interaksyonları da kahvenin kafein miktarında üzerinde istatistiki açıdan önemli etki oluşturmuştur.

Çizelge 4.12. Farklı partikül boyutlarında öğütülmüş, farklı depolama sıcaklıklarında depolanan kahve örneklerinin depolama süresine bağlı olarak palmitik, linoleik, oleik, elaidik yağ asidi değerlerine ait varyans analizi sonuçları (Alan)

Varyasyon kaynakları	SD	Palmitik asit		Linoleik asit		Oleik asit		Elaidik asit	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Partikül boyutu(P)	2	1.01x10 ¹⁴	19.10 ^{**}	1.90x10 ¹⁴	14.61 ^{**}	1.27x10 ¹³	12.45 ^{**}	6.41x10 ¹⁰	7.82 ^{**}
Sıcaklık (T)	2	6.80x10 ¹³	12.81 ^{**}	1.46x10 ¹⁴	11.20 ^{**}	1.10x10 ¹³	10.82 ^{**}	4.78x10 ¹⁰	5.83 ^{**}
Süre (S)	2	4.63x10 ¹⁴	87.30 ^{**}	5.55x10 ¹⁴	42.62 ^{**}	3.28x10 ¹³	32.17 ^{**}	7.81x10 ¹⁰	9.54 ^{**}
PxT	4	1.16x10 ¹⁴	21.88 ^{**}	2.06x10 ¹⁴	15.86 ^{**}	1.46x10 ¹³	14.30 ^{**}	5.80x10 ¹⁰	7.08 ^{**}
PxS	4	1.57x10 ¹⁴	29.66 ^{**}	2.95x10 ¹⁴	22.68 ^{**}	2.17x10 ¹³	21.31 ^{**}	7.38x10 ¹⁰	9.01 ^{**}
TxS	4	5.19x10 ¹³	9.79 ^{**}	9.90x10 ¹³	7.61 ^{**}	7.15x10 ¹³	7.00 ^{**}	4.12x10 ¹⁰	5.04 ^{**}
PxTxS	8	1.14x10 ¹⁴	21.44 ^{**}	2.03x10 ¹⁴	15.54 ^{**}	1.47x10 ¹²	14.45 ^{**}	5.00x10 ¹⁰	6.10 ^{**}
Hata	27	5.31x10 ¹²		1.30x10 ¹³		1.02x10 ¹³		8.19x10 ⁹	

(*), P<0.05 seviyesinde, (**), P<0.01 seviyesinde farklılığı ifade etmektedir.

4.6. Aroma Bileşenleri

Kahve örneklerinde GC-MS ile yapılan aroma analizi sonucunda 54 aroma bileşeni belirlenmiş olup, kütle spektrumları ve alıkonulma zamanlarına göre bu bileşenlerden 52 tanesi tanımlanabilmiştir (Çizelge 4.14, Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16). Farklı partikül boyutuna sahip örneklerde asetik asit; piridin, metil pirazin; 2-furankarboksaldehit; 2-furanmetanol; 2,6-dimetil pirazin; etil pirazin; 2-furankarboksaldehit; 5-metil-, 2-furanmetanol, asetat; 1-metil-1H-Pirol-2-karboksaldehit; 3-etil-2,5-dimetil-pirazine; 3-hydroxy-2-methyl-4H-Pyran-4-one; 2-metoksi-4-vinil fenol ve 2-asetil-3-metilpirazin belirlenen temel bileşenler olmuştur.

Literatür incelendiğinde kavrulmuş ve öğütülmüş kahvelerde hidrokarbon, alkol, aldehit, keton, ester, lakton, fenol, furan, piran, tiyofen, pirol, oksazol, tiazol, piridin, pirazin yapısındaki 850'den fazla aroma bileşeninin tespit edildiği görülmüştür. Bu bileşenlerden özellikle ketonlar, asitler, fenoller, furanlar ve piranlar, tiyofenler, piroler, oksazoller, tiyazoller piridinler ve pirazinler kavurma derecesi ve yoğunluğu ile ilişkilendirilmiştir (Fisk vd. 2012b; Angeloni vd. 2021). Yapılan çalışmalarda 2-furfural, furfural alkol, 5-metilfurfural ve furfural asetatın arabika kahve çekirdeklerinde belirleyici aroma bileşenleri olduğu bildirilmiştir (Hovell vd. 2010; Petisca vd. 2013). Arabika çeşidi kahvenin aroma kompozisyonunun belirlenmesini konu alan bir çalışmada yine tez ile uyumlu şekilde asetik asit, 2-furanmetanol, piridin, 2-metil pirazin ve 2,6-dimetil pirazin bileşenlerinin kahvede ana aroma bileşenleri olduğu belirtilmiş olup (Cheong vd. 2013); Türk kahvesinin aromasında; 2-furanmetanol, asetat, 5-metil-, 2-furanmetanol, asetat; 3-etil-2,5-dimetil pirazin; 2,6-dimetil pirazin ve metil pirazinin olduğu bildirilmiştir (Kıvançlı ve Elmacı 2016).

Kahve aroması üzerine etkili olduğu bildirilen ve yapılan çalışmada tespit edilen birçok bileşenin GC-MS cihazı ile belirlenen alanlarının çok ince partikül boyutunda daha yüksek olduğu görülmüştür. Özellikle aroma üzerinde etkili olan vinilfuran; 1H-pirol; 2-furankarboksaldehit; 2-furanmetanol; 2,5-dimetil pirazin; etil pirazin; 2-furankarboksaldehit; 5-metil-, 2-furanmetanol, asetat; trimetil pirazin; 1-metil 1H-pirol-2-karboksaldehit; 1H-pirol-2-karboksaldehit bileşenleri ile tespit edilen diğer birçok bileşenin düşük partikül boyutunda daha yüksek alana sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.13. Partikül boyu çok ince (47.13-54.64 µm) olan kahve örneklerinde depolama süresi boyunca meydana gelen aroma değişimi (Alan)

A.Z.	Bileşiğin Adı	Kontrol	14. Gün			28. Gün		
			5°C	25°C	45°C	5°C	25°C	45°C
1.844	Oksiran, metil-	103438	67092	51003	33640	27380	t.e.	t.e.
2.294	Asetik asit	664618	617392	568109	520806	332239	325984	342836
2.423	Furan, 2-metil	95838	36464	42159	27642	22707	t.e.	t.e.
2.954	Bütanal, 3-metil	45892	23564	19152	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
3.054	Metanamin	52280	54080	49510	41861	41560	55631	28262
3.086	Bütanal, 2-metil	169414	60521	82779	40942	48472	t.e.	21035
3.444	Propiyonik asit	35946	64696	58924	46210	57870	13617	41746
3.578	2,3-Pentanedione	109592	84295	84990	38455	41034	28839	22366
4.190	Vinilfuran	33598	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
4.409	Pirazin	187480	124315	151881	104922	82809	63219	66525
4.620	1H-Pirol, 1-metil	85572	46470	57796	31650	31891	18283	t.e.
4.731	Piridin	992002	966836	979241	623904	604224	396556	380168
5.026	1H-Pirol	115814	83455	57704	t.e.	31880	t.e.	t.e.
5.370	1-Hidroksi-2-bütanone	97090	79408	75405	64478	31874	28017	42054
6.541	4-Hidroksi-3-hezanon	100692	54381	101827	30442	33218	t.e.	t.e.
6.775	3(2H)-Furanone, dihidro-2-metil	188144	136202	147893	83361	94388	52360	47909
7.428	Pirazin, metil-	1411806	1140135	1160790	845914	707312	568028	504093
7.894	2-Furankarboksaldehit	3193466	1827048	1793786	1400128	1082448	1044110	945611
8.466	Bütanoik asit, 3-metil-	171046	109066	91641	78787	t.e.	t.e.	t.e.
9.133	2-Furanmetanol	3443844	3026867	2983228	2171168	1912359	1545599	1572634
9.959	2-Propanon, 1-(asetiloksi)-	200164	146688	159956	104243	107613	65926	79760
12.155	Furfiril format	190986	155374	163676	115337	77498	86059	93519
12.358	Pirazin, 2,5-dimetil-	415622	282648	237081	160971	145548	105703	137889
12.409	Pirazin, 2,6-dimetil-	993366	849438	971648	666349	549916	485893	503963
12.659	Pirazin, etil-	584098	458245	441205	328838	255052	254094	252347
12.954	Pirazine, 2,3-dimetil-	151680	93707	152686	103769	76589	85878	74183
15.873	Tanımlanamayan bileşen	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	60818
16.186	2-Furankarboksaldehit, 5-metil-	3095742	1869190	1879685	1449925	1198959	1144106	1058503
16.514	4-(hidroksimetil)-tetrahidro-piran-3-on	333888	248723	236729	15.873	133581	112566	156970
16.793	2-Bütanon, 1-(asetiloksi)-	171586	142870	139078	123084	86710	75685	84076
19.067	2-Furanmetanol, asetat	1253968	1070722	1076709	868871	680399	554823	685488
19.289	Pyrazine, 2-ethyl-5-methyl-	353504	262953	280410	256334	193383	148578	186445
19.426	Pirazin, trimetil-	100215	83112	86752	91309	91976	76459	115395
19.479	1H-Pirol-2-karboksaldehit, 1-metil-	804824	520891	492407	471853	289420	283642	333457
20.084	1H-Pirol-2-carboksaldehit	364294	211794	192239	187587	121750	176994	146770
20.556	Tanımlanamayan bileşen	t.e.	88970	t.e.	84255	t.e.	t.e.	t.e.
20.887	4(H)-Piridin, N-asetil-	470670	283451	286036	229566	176856	134800	t.e.
21.432	2-Siklopenten-1-on, 2-hidroksi-3-metil-	161786	103842	121337	90897	t.e.	t.e.	t.e.
24.310	2,5-Dimetil-4-hidroksi-3(2H)-furanon	110941	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.

(Devamı arkada)

Çizelge 4.14'nin devamı

A.Z.	Bileşiğin Adı	Kontrol	14. Gün			28. Gün		
			5°C	25°C	45°C	5°C	25°C	45°C
24.625	Etanon, 1-(1H-pirol-2-yl)-	349928	214407	196503	168374	158029	149827	102978
24.874	2-propanon, 1-(5-metil-2-furanil)-	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
25.743	Etanon, 1-(1-metil-1H-pirol-2-yl)-	225928	124828	117234	t.e.	t.e.	t.e.	119390
26.311	Pirazine, 3-etil-2,5-dimetil-	690560	502558	413818	375444	299432	235664	347934
27.104	Fenol, 2-metoksi-(Guaiacol)	379612	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
29.021	4H-Pyran-4-one, 3-hidroksi-2-metil-	570196	391651	293884	196756	238886	248514	178030
29.798	2-Asetil-3-metilpirazin	566104	381712	310923	243923	271444	265685	243331
33.302	3,4-dimetil-1H-pirol-2-karboksaldehit	85297	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
33.698	Pirazin, 3,5-dietil-2-metil-	158260	t.e.	98704	t.e.	t.e.	t.e.	169497
35.915	1H-Pirol, 1-(2-furanilmetil)-	390254	243769	205726	198373	198234	162734	131475
36.055	2-Furankarboksilik asit, 3-metil-, metil ester	194594	242632	209672	166371	187933	161694	t.e.
42.384	4(1H)-Kinazolinon	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
43.678	Tanımlamayan bileşen	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
46.900	Fenol, 2-metoksi-4-vinil	892464	503813	500404	356060	476444	460768	314412
72.214	Kafein	1211186	781767	867053	729814	688774	605136	629132

Çizelge 4.14. Partikül boyu ince (89.25-119.88 µm) olan kahve örneklerinde depolama süresi boyunca meydana gelen aroma değişimi (Alan

A.Z.	Bileşiğin Adı	Kontrol	14. Gün			28. Gün		
			5°C	25°C	45°C	5°C	25°C	45°C
1.844	Oksiran, metil-	98696	56621	30055	34108	38905	29618	t.e.
2.294	Asetik asit	619895	536443	431313	520235	332649	435922	414958
2.423	Furan, 2-metil	77860	56866	32668	31234	39244	28433	t.e.
2.954	Bütanal, 3-metil	33645	26852	t.e.	17952	16284	t.e.	t.e.
3.054	Metanamin	51834	54146	45529	42397	34087	42272	44079
3.086	Bütanal, 2-metil	154878	85248	53376	70550	54348	41276	t.e.
3.444	Propiyonik asit	69545	54439	48906	52198	40979	58587	49088
3.578	2,3-Pentanedione	1135459	81101	55915	45756	55413	52647	26627
4.190	Vinilfuran	25374	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
4.409	Pirazin	173841	120258	83309	101235	92462	84246	61366
4.620	1H-Pirol, 1-metil	77360	46970	46373	32236	t.e.	t.e.	t.e.
4.731	Piridin	1209850	957055	773944	742296	651344	691300	380175
5.026	1H-Pirol	130979	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
5.370	1-Hidroksi-2-bütanone	79297	70988	60360	75410	50922	51247	64982
6.541	4-Hidroksi-3-hezanon	84978	49210	84839	51652	38991	81817	42056
6.775	3(2H)-Furanone, dihidro-2-metil	179999	132912	114062	91696	94049	109924	67455
7.428	Pirazin, metil-	1509851	984158	925579	824234	738328	790387	521337
7.894	2-Furankarboksaldehit	2218818	1473412	1365200	1289865	1015831	1069233	896092
8.466	Bütanoik asit, 3-metil-	190469	140649	95490	87881	t.e.	t.e.	57121

(Devamı arkada)

Çizelge 4.15'in devamı

A.Z.	Bileşiğin Adı	Kontrol	14. Gün			28. Gün		
			5°C	25°C	45°C	5°C	25°C	45°C
9.133	2-Furanmetanol	3212818	2904459	2399297	2205489	1886725	2207792	1664806
9.959	2-Propanon, 1-(asetiloksi)-	195913	113609	106979	108506	94815	113639	76018
12.155	Furfiril format	181612	169291	106741	102725	79473	97463	83218
12.358	Pirazin, 2,5-dimetil-	338389	292285	214066	188251	169219	206752	156604
12.409	Pirazin, 2,6-dimetil-	996329	823140	700658	641611	567623	658584	539793
12.659	Pirazin, etil-	536910	428449	362479	345136	295703	357283	264595
12.954	Pirazine, 2,3-dimetil-	198522	119776	116784	117012	87093	132130	81722
15.873	Tanımlanamayan bileşen 2-	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
16.186	Furankarboksaldehit, 5-metil-	2150682	1483915	1440248	1333066	1178539	1307203	1079425
16.514	4-(hidroksimetil)-tetrahidro-piran-3-on	333157	184287	181667	184466	161373	187960	164378
16.793	2-Bütanon, 1-(asetiloksi)-	213270	118363	103956	107901	76725	124475	t.e.
19.067	2-Furanmetanol, asetat	1238922	1048182	818541	832689	700195	817234	743079
19.289	Pyrazine, 2-ethyl-5-methyl-	314771	251027	221678	214809	165931	219071	200062
19.426	Pirazin, trimetil-1H-Pirol-2-	98169	82556	90787	96245	129013	130747	130489
19.479	karboksaldehit, 1-metil-	588206	383393	372224	382824	281231	341208	332295
20.084	1H-Pirol-2-carboksaldehit	290481	160156	169091	157324	155141	216552	165425
20.556	Tanımlanamayan bileşen	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
20.887	4(H)-Piridin, N-asetil-	363047	215946	143968	211111	186808	174570	162709
21.432	2-Siklopenten-1-on, 2-hidroksi-3-metil-	195677	106847	85623	t.e.	t.e.	98825	52607
24.310	2,5-Dimetil-4-hidroksi-3(2H)-furanon	99641	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
24.625	Etanon, 1-(1H-pirol-2-yl)-	270940	164149	178675	143055	149700	152601	142848
24.874	2-propanon, 1-(5-metil-2-furanil)-	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
25.743	Etanon, 1-(1-metil-1H-pirol-2-yl)-	198517	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
26.311	Pirazine, 3-etil-2,5-dimetil-	589528	403050	371492	368872	315143	320487	375147
27.104	Fenol, 2-metoksi-(Guaiacol)	313639	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
29.021	4H-Pyran-4-one, 3-hydroxy-2-methyl-	380871	302297	238351	160418	252503	254474	181187
29.798	2-Asetil-3-metilpirazin	379893	262233	251201	201978	254742	249125	247582
33.302	3,4-dimetil-1H-pirol-2-karboksaldehit	77643	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
33.698	Pirazin, 3,5-dietil-2-metil-	134973	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.

(Devamı arkada)

Çizelge 4.15'in devamı

A.Z.	Bileşiğin Adı	Kontrol	14. Gün			28. Gün		
			5°C	25°C	45°C	5°C	25°C	45°C
35.915	1H-Pirol, 1-(2-furanilmetil)-	265206	167408	165053	145804	149839	164197	156391
36.055	2-Furankarboksilik asit, 3-metil-, metil ester	237964	147563	179215	136000	t.e.	t.e.	t.e.
42.384	4(1H)-Kinazolinon	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
43.678	Tanımlanmayan bileşen	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
46.900	Fenol, 2-metoksi-4-vinil	579271	475574	463619	326245	390116	414952	323097
72.214	Kafein	1113579	387564	750704	373630	669898	699797	579542

Çizelge 4.15. Partikül boyu ince-orta (248.77-312.23 µm) olan kahve örneklerinde depolama süresi boyunca meydana gelen aroma değişimi (Alan)

A.Z.	Bileşiğin Adı	Kontrol	14. Gün			28. Gün		
			5°C	25°C	45°C	5°C	25°C	45°C
1.844	Oksiran, metil-	87329	45539	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
2.294	Asetik asit	520924	597646	517164	449047	333553	349025	376960
2.423	Furan, 2-metil	93316	50081	22893	26365	35202	t.e.	t.e.
2.954	Bütanal, 3-metil	29425	19526	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
3.054	Metanamin	40126	68574	49797	29752	29936	36328	29056
3.086	Bütanal, 2-metil	135616	70351	32570	51214	47487	35853	26703
3.444	Propiyonik asit	47957	76802	67331	50955	33755	34260	45104
3.578	2,3-Pentanedione	110698	80801	39262	44420	46421	42605	23886
4.190	Vinilfuran	18168	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
4.409	Pirazin	142991	118340	76190	116270	94241	84425	51233
4.620	1H-Pirol, 1-metil	60652	45597	37214	33059	t.e.	t.e.	t.e.
4.731	Piridin	979931	1032832	612879	755980	578263	577107	383331
5.026	1H-Pirol	57508	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
5.370	1-Hidroksi-2-bütanone	59896	75161	68226	55045	39396	78223	38436
6.541	4-Hidroksi-3-hezanon	69670	59616	36250	38042	39408	41776	t.e.
6.775	3(2H)-Furanone, dihidro-2-metil	138706	132009	81860	104906	78183	99354	85851
7.428	Pirazin, metil-	1165836	1152434	743206	774784	683470	682212	543893
7.894	2-Furankarboksaldehit	1809255	1393281	1325079	1164199	942578	953554	806039
8.466	Bütanoik asit, 3-metil-	94765	107984	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
9.133	2-Furanmetanol	2675806	3459689	2571599	2163313	1831660	1835487	1584460
9.959	2-Propanon, 1-(asetiloksi)-	166287	219983	105394	99211	93325	96544	88701
12.155	Furfiril format	157194	190295	100385	88040	75852	75064	72403
12.358	Pirazin, 2,5-dimetil-	296013	314472	156324	167090	132335	186251	168673
12.409	Pirazin, 2,6-dimetil-	852964	839901	603930	596891	541971	513542	494887
12.659	Pirazin, etil-	461690	443010	313626	303103	275030	336302	267211
12.954	Pirazine, 2,3-dimetil-	152040	161142	106961	92725	94173	80531	87320
15.873	Tanımlanmayan bileşen	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
16.186	2-Furankarboksaldehit, 5-metil-	1823437	1746879	1352312	1259058	1173099	1122606	970800
16.514	4-(hidroksimetil)-tetrahidro-piran-3-on	227537	214805	134083	184562	147950	161790	141126
16.793	2-Bütanon, 1-(asetiloksi)-	114444	106896	t.e.	108789	82398	96944	94311

(Devamı arkada)

Çizelge 4.16'nin devamı

A.Z.	Bileşiğin Adı	Kontrol	14. Gün			28. Gün		
			5°C	25°C	45°C	5°C	25°C	45°C
19.067	2-Furanmetanol, asetat	985367	1148244	685224	781999	643420	641644	652205
19.289	Pyrazine, 2-ethyl-5-methyl-	236943	265324	175813	205126	167583	156675	167481
19.426	Pirazin, trimetil-1H-Pirol-2-	86463	195482	59565	116033	94107	134466	106162
19.479	karboksaldehit, 1-metil-	448882	441186	298022	405639	315690	264586	280415
20.084	1H-Pirol-2-carboksaldehit	194636	211898	191493	192239	142921	161491	132487
20.556	Tanımlanamayan bileşen	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
20.887	4(H)-Piridin, N-asetil-	245019	271148	166814	226090	160834	180432	t.e.
21.432	2-Siklopenten-1-on, 2-hidroksi-3-metil-	87455	113698	t.e.	t.e.	75394	79258	t.e.
24.310	2,5-Dimetil-4-hidroksi-3(2H)-furanon	96935	79736	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
24.625	Etanon, 1-(1H-pirol-2-yl)-	212560	220177	167528	144390	142758	143418	111012
24.874	2-propanon, 1-(5-metil-2-furanil)-	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
25.743	Etanon, 1-(1-metil-1H-pirol-2-yl)-	109731	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
26.311	Pirazine, 3-etil-2,5-dimetil-	342082	466816	242999	392475	257965	292013	292178
27.104	Fenol, 2-metoksi-(Guaiacol)	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
29.021	4H-Pyran-4-one, 3-hidroksi-2-methyl-	299813	319582	255276	214288	215688	241375	164024
29.798	2-Asetil-3-metilpirazin	307258	307951	246573	306769	227906	210552	200269
33.302	3,4-dimetil-1H-pirol-2-karboksaldehit	43306	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
33.698	Pirazin, 3,5-dietil-2-metil-	82753	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
35.915	1H-Pirol, 1-(2-furanilmetil)-	206199	233982	167368	190056	143306	142187	140473
36.055	2-Furankarboksilik asit, 3-metil-, metil ester	190292	212305	161853	173036	152193	123382	109065
42.384	4(1H)-Kinazolinon	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	102142	t.e.
43.678	Tanımlamayan bileşen	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
46.900	Fenol, 2-metoksi-4-vinil	509744	497782	476817	385584	392602	417870	314107
72.214	Kafein	973438	493916	682485	486030	588823	710808	531578

Kavrulmuş kahvenin karakteristik aromasını pirazinler (kavrulmuş fındık, tatlı mısır), piroller (fındıklı, kahve), furanlar (çikolata), fenoller (baharatlı) ve piridin grubu bileşenlerin oluşturduğu bildirilmektedir (Ryan vd. 2004; Seninde ve Chambers 2020). Bu grupta yer alan aroma maddelerinin azalması kahvenin arzu edilen lezzetinin de azalmasına neden olmaktadır. Nitekim başlıca aroma bileşenleri üzerinden değişim incelendiğinde hemen hemen bütün aroma maddelerinin alanlarının depolama süresine

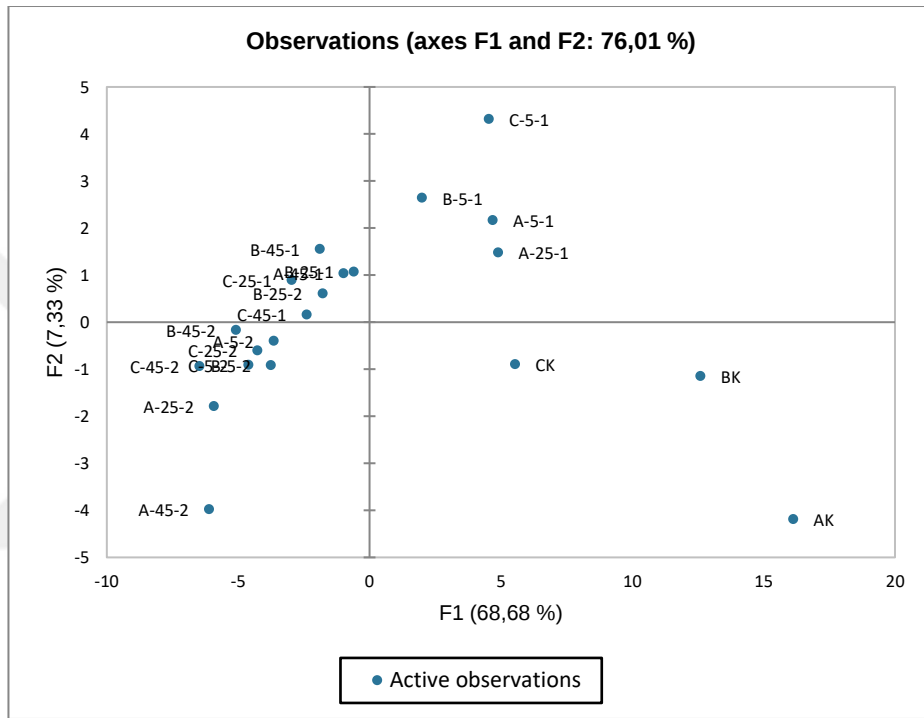
bağlı olarak azaldığı, bu azalışın yüksek depolama sıcaklığında daha belirgin olduğu görülmüştür. Aroma bileşenlerinden vinil furan; 2,5-dimetil-4-hidroksi-3(2H)-furanon; fenol, 2-metoksi- (Guaiacol); 3,4-dimetil-1H-pirol-2-karboksaldehit tüm örnekler için depolamanın başlangıcında belirlenmiş olup, depolama süresince tespit edilememiştir. Depolamanın başlangıcında özellikle yüksek alana sahip metil pirazin, 2-furankarboksaldehit, 2-furanmetanol, 5-metil-2-furankarboksaldehit, 2-furanmetanol asetat bileşenleri ile, başlangıç alanı düşük olan ancak kahve aroması üzerine etkili olduğu bildirilen 2,6-dimetil pirazin bileşeninin depolama sonunda da yüksek alana sahip olduğu belirlenmiştir. Bu bileşenlerden özellikle 2-furanmetanol depolama başlangıcında en yüksek çok ince partikül boyutuna sahip örneklerde tespit edilmiş olup depolama sonunda her üç partikül boyutunda da en yüksek 5 °C’de depolanan örneklerde tespit edilmiştir. Çizelge 4.14, 4.15, 4.16 incelendiğinde kahve aroması üzerinde findıklı, kızarmış tatlardan sorumlu pirazin grubu bileşenlerin tanımlanan 52 aroma bileşeninden 10’unu oluşturduğu belirlenmiş, bu bileşenlerin depolama sıcaklığı ve depolama süresi arttıkça genel olarak miktarlarının azaldığı tespit edilmiştir

Diğer taraftan verilen çizelgeler incelendiğinde düşük sıcaklıkta depolanan kahve örneklerinin yüksek sıcaklıkta depolamaya göre daha yüksek alana sahip olduğu görülmektedir. Özellikle kahve aromasında findıksı, kavrulmuş ve kızarmış notalar gibi aromalardan sorumlu olan pirazinler, piroler ve piridinlerin depolama sonucunda düşük sıcaklıklarda depolanan kahvelerde daha yüksek alana sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kahvede meyvemsi aromadan sorumlu olan aldehitlerden tespit edilen 2-metil bütanal depolama başlangıcında en yüksek çok ince (47.13-54.64 µm) partikül boyutundaki kahvelerde tespit edilmiş olup depolama sonunda her üç partikül boyutunda da en yüksek 5 °C’de depolanan örneklerde tespit edilmiştir. Depolama başlangıcında tespit edilen bir diğer aldehit olan 3-metil bütanal ise yine başlangıçta en yüksek çok ince (47.13-54.64 µm) partikül boyutundaki kahvelerde tespit edilmiş iken depolama sonunda hiçbir örnekte tespit edilememiştir.

Arabika kahvenin 4 ve 25 °C’de 30 gün süre ile depolandığı bir çalışmada benzer şekilde aroma maddelerinin değişiminin düşük sıcaklıklarda daha az olduğu bildirilmiştir (Pérez-Martínez vd. 2008). Kavrulmuş kahvenin depolama ile aroma değişiminin duyuşal olarak tespit edilmesinin amaçlandığı bir çalışmada kavrulmuş ve öğütülmüş kahve çekirdekleri oda koşullarında (2 hafta) ve -23 °C’deki dondurucuda (3 hafta) depolanmıştır. Çalışma sonucunda soğukta depolanan örneklerin duyuşal özelliklerinin oda sıcaklığında depolanan örneklere göre daha iyi olduğu ve panelistler tarafından daha yüksek puan aldığı bildirilmiştir (Ross vd. 2006).

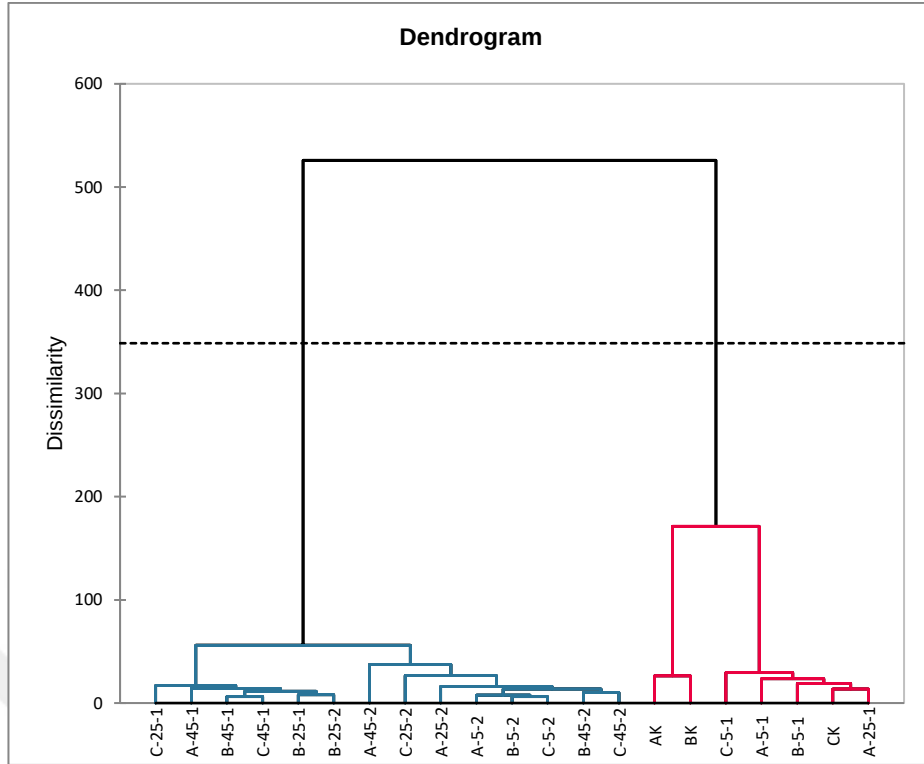
Kahve örneklerinde aroma maddelerinin depolamaya bağlı değişimi “Temel Bileşen Analizi (Principle Component Analysis, TBA=PCA)” ile “Hiyerarşik Kümeleme Analizi (Hierarchical Cluster Analysis, HKA=HCA)” uygulanarak elde edilmiş sonuçlar Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Kümeleme analizi birbirine benzer olan örneklerin ve/veya değişkenlerin aynı gruplarda toplanmasını amaçlamaktadır. Temel bileşen analizi ise çok değişkenli istatistiksel çıkarımlarda sıklıkla kullanılan, çok sayıda değişkenden oluşan birçok değişkenli veri yapısını, az sayıda değişkenle ifade edebilecek en iyi dönüşümü belirlemeyi amaçlamaktadır. Tez kapsamında analiz edilen kahve örneklerinde aroma bileşenlerinin partikül boyutu, depolama sıcaklığı ve süresine bağlı değişimini daha net ifade edebilmek amacıyla bu iki yöntemden yararlanılmıştır.

Kahve aroma bileşenlerinin partikül boyutuna göre ayrı ayrı değişiminin gruplandırıldığı PCA analizince örneklerin toplam benzerlik oranı (F1 ve F2) örnekler için %76.01 olarak belirlenmiştir. Kahve örneklerinin PCA analiz sonucu incelendiğinde A grubu olarak tanımlanan çok ince (47.13-54.64 μm), B grubu olarak tanımlanan ince (89.25-119.88 μm), C grubu olarak tanımlanan ince-orta (248.77-312.23 μm) örneklerinin kontrol gruplarının bir grup oluşturduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.6). Depolama sonucunda A, B ve C gruplarının 5°C’de 14 gün depolanan ve C grubunun 25°C’de 14 gün depolanan örnekler benzer özellik gösterirken depolamada A partikül boyutuna sahip 45°C’de 28 gün depolanan örnek tüm örneklerden farklı bir grup oluşturmuştur.



Şekil 4.6. Farklı partikül boyutuna sahip, farklı koşullarında depolanan kahve örneklerinin aroma profiline ait temel bileşen analizi sonuçları

HCA analiz sonucunda örneklere ait dendogram incelendiğinde (Şekil 4.6) kahve örneklerinin iki ana gruba ayrıldığı görülmekte olup bu gruplarda kendi içlerinde iki ayrı gruba ayrıldığı tespit edilmiştir. Bu alt grupların birincisinde A ve B’ye ait kontrol grubu benzerlik gösterirken C kontrol grubu ve tüm partikül boyutlarının 5°C’de 14 gün depolanan örnekleri benzerlik göstermiştir. Diğer ana grupta ise genel olarak 14 gün ve 28 gün depolanan örnekler aynı grup içerisinde yer almış, partikül boyutu farketmeksizin aynı sıcaklıkta aynı süre depolanan örnekler benzerlik göstermiştir.



Şekil 4.7. Farklı partikül boyutuna sahip, farklı koşullarında depolanan kahve örneklerinin aroma profiline ait hiyerarşik kümeleme analizi sonuçları

4.7. Duyusal Özellikler

Tez kapsamında duyusal analiz için Türk kahvesini temsil etmesi açısından 129.73 μm partikül boyutuna ve 0.15 su aktivitesi değerine sahip farklı sıcaklıklarda (5°C, 25°C ve 45°C) 28 gün depolanmış örnekler kullanılmıştır. Depolanmış örneklerin duyusal açıdan karşılaştırılması aynı özellikteki (partikül boyutu ve su aktivitesi açısından) kahvelerle yapılmıştır. Türk kahvesi demleme metoduyla hazırlanmış olan kahvelerin duyusal özelliklerini (kahve aroması, yanık/dumansı, kavrulmuş, topraksı, yağimsı, karamel/tatlı, meyvemsi/çiçeksi, ekşilik, acılık ve genel beğeni) belirleyebilmek için örneklerin panelistler tarafından 1-9 arasında puan verilerek birbiri ile karşılaştırmaları istenmiştir. Panele katılan 7 kişinin her bir kriter için vermiş olduğu puanların ortalamalarının alınmasıyla Çizelge 4.16’te verilen değerler elde edilmiş, ayrıca bu veriler kullanılarak elde edilen grafik de Şekil 4.8’de gösterilmiştir.

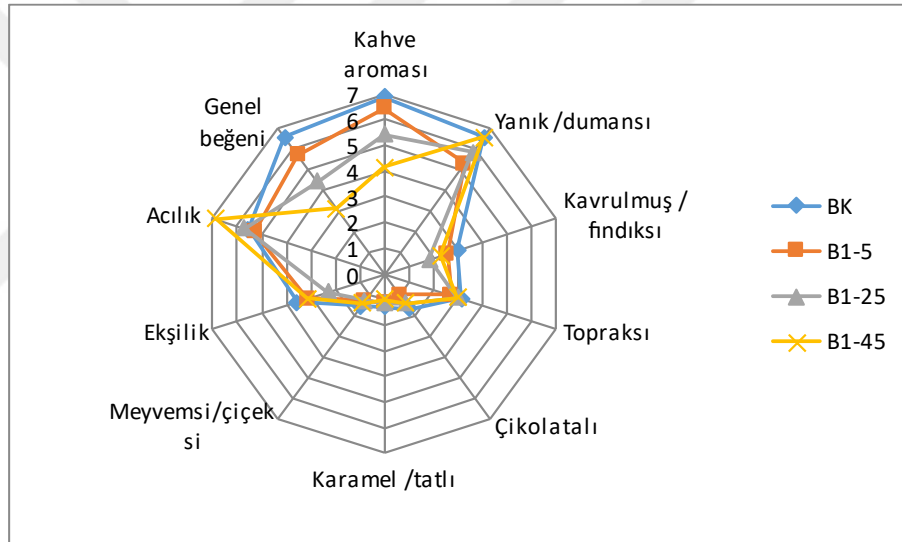
Çizelge 4.16 incelendiğinde duyusal açıdan yanık/dumansı ve acılık dışındaki tüm kriterler için en yüksek puan alan örneğin kontrol örneği olduğu görülmektedir. Duyusal analiz sonuçları yanık/dumansı ve acılık özelliklerinin en fazla 45°C’de depolanmış örneklerde hissedildiğini göstermiştir. Örneklerin duyusal sonuçlarından hissedilen kahve aromasının ve genel beğenin depolama sıcaklığının artışı ile azaldığı görülmektedir.

Çizelge 4.16. Kahve örneklerini duyuşsal analiz sonuçları

Örnek Adı	Tanımlayıcı Terimler				
	Kahve aroması	Yanık / dumansı	Kavrulmuş / fındıksı	Topraksı	Çikolatalı
B kontrol	6.86±0.40 ^a	6.57±0.57	3.00±0.79	3.14±1.03	1.71±0.18
B-5°C	6.43±0.48 ^{ba}	5.29±0.64	2.57±0.61	2.71±0.78	1.00±0.00
B-25°C	5.43±0.40 ^b	5.86±0.77	1.86±0.34	3.00±0.53	1.43±0.30
B-45°C	4.14±0.46 ^c	6.57±0.75	2.29±0.18	3.00±0.49	1.43±0.14

Örnek Adı	Tanımlayıcı Terimler				
	Karamel / tatlı	Meyvems / çiçeksi	Ekşilik	Acılık	Genel beğeni
B kontrol	1.29±0.29	1.57±0.30	3.57±0.75	5.57±0.65	6.57±0.20 ^a
B-5°C	1.14±0.14	1.29±0.18	3.14±0.70	5.29±0.71	5.71±0.28 ^b
B-25°C	1.14±0.14	1.29±0.18	2.29±0.56	5.71±0.64	4.43±0.20 ^c
B-45°C	1.00±0.00	1.43±0.30	3.14±0.60	6.86±0.67	3.14±0.34 ^d

Değerler ortalaması ± standart hata olarak verilmiştir. Aynı sütundaki farklı ortalamaları P<0.05 farklı olduğunu gösterir.

**Şekil 4.8.** Kahve örneklerine ait duyuşsal analiz sonuçlarının örümcek ağı grafiği gösterimi

Ayrıca her bir kriter için varyans analizi yapılarak sonuçlar Çizelge 4.17’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde istatistiki açıdan kahvenin genel beğeni ve kahve aroması özellikleri P<0.01 düzeyinde farklı bulunmuştur.

Çizelge 4.17. Kahvelerin duyuşal analiz sonuçlarının ortalamalarına ait varyans analiz sonuçları

Tanınlayıcı Terimler	Varyasyon	SD	KO	F
Kahve aroması	Örnek	3	10.19	7.85**
	Hata	24	1.30	
Yanık / dumansı	Örnek	3	2.71	0.82
	Hata	24	3.32	
Kavrulmuş / fındıksı	Örnek	3	4.04	2.02
	Hata	24	2.00	
Topraksı	Örnek	3	0.23	0.06
	Hata	24	3.84	
Çikolatalı	Örnek	3	0.70	2.81
	Hata	24	0.25	
Karamel / tatlı	Örnek	3	0.10	0.44
	Hata	24	0.21	
Meyvemsi / çiçeksi	Örnek	3	0.13	0.31
	Hata	24	0.43	
Ekşilik	Örnek	3	2.03	0.67
	Hata	24	3.03	
Acılık	Örnek	3	3.33	1.06
	Hata	24	3.14	
Genel beğeni	Örnek	3	15.75	32.27**
	Hata	24	0.49	

(**), $p < 0.01$ seviyesinde farklılık ifade eder.

5. SONUÇLAR

Türk kahvesinin depolanmasında partikül boyutu, depolama sıcaklığı ve depolama süresinin ürünün bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkisini konu alan bu tez kapsamında aşağıda belirtilen sonuçlar elde edilmiştir;

- Kahvenin partikül boyutu küçüldükçe nem absorpsiyonunun arttığı görülmüş olup, 45°C sıcaklıktaki depolamada nem miktarındaki artış daha hızlı gerçekleşmiştir.
- Partikül boyutu en büyük olan kahve örneklerinde renk değişiminin daha belirgin gerçekleştiği ve bu örneklerin depolama sonunda daha mat bir görüntüye sahip olduğu görülmüştür.
- Kahvenin önemli biyoaktif bileşenlerinden biri olan klorojenik asit miktarının depolama süresi arttıkça azaldığı belirlenmiştir.
- Kahvenin kalitesi açısından belirleyici bileşenlerden biri olan kafeinin depolama süresi ile birlikte azaldığı ve 28 gün sonunda başlangıca göre yaklaşık %10'luk bir azalmanın olduğu tespit edilmiştir.
- Kahve aroması üzerinde etkili bileşenler olan vinilfuran, 1H-Pirol, 2-Furankarboksaldehit, 2-Furanmetanol, Pirazin, 2,5-dimetil-, Pirazin, etil-, 2-Furankarboksaldehit, 5-metil-, 2-furanmetanol, asetat, Pirazin, trimetil-, 1H-Pirol-2-karboksaldehit, 1-metil-, 1H-Pirol-2-carboksaldehit bileşenlerinin depolama başlangıcında küçük partikül boyutundaki kahvelerde daha yüksek alana sahip olduğu tespit edilmiştir.
- Kahve aroma bileşimindeki vinil furan, 2,5-Dimetil-4-hidroksi-3(2H)-furanon, fenol, 2-metoksi- (Guaiacol), 3,4-dimetil-1H-pirol-2-karboksaldehit bileşenlerinin tüm örnekler için depolamanın başlangıcında belirlendiği ve depolama periyodunun diğer günlerinde tespit edilemediği görülmüştür.
- Depolama süresi arttıkça kahvenin aroma bileşenlerinden birçoğunun azaldığı ve kahve aromasının en iyi 5°C'de depolanan örneklerde korunduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- Duyusal analiz sonucunda kahve aromasının en çok hissedildiği ve genel beğeni açısından en fazla tercih edilen örnek depolama işlemine tabi tutulmamış kontrol grubu olurken, bu örneğe en yakın duyuşal değerlendirme sonuçları 5°C'de depolanan örneklerde görülmüştür.

6. KAYNAKLAR

- Akiyama, M., Murakami, K., Ohtani, N., Iwatsuki, K., Sotoyama, K., Wada, A., Tokuno, K., Iwabuchi, H. and Tanaka, K. 2003. Analysis of volatile compounds released during the grinding of roasted coffee beans using solid-phase microextraction. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51 (7): 1961-1969.
- Amanpour, A. and Selli, S. 2016. Differentiation of volatile profiles and odor activity values of turkish coffee and french press coffee. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40 (5): 1116-1124.
- Amarowicz, R., 2009. Antioxidant activity of maillard reaction products. Wiley Online Library, 109-111.
- Anese, M., De Pilli, T., Massini, R. and Lerici, C. 2000. Oxidative stability of the lipid fraction in roasted coffee. *Italian journal of food science*, 12 (4): 457-462.
- Angeloni, S., Mustafa, A.M., Abouelenein, D., Alessandrini, L., Acquaticci, L., Nzekoue, F.K., Petrelli, R., Sagratini, G., Vittori, S. and Torregiani, E. 2021. Characterization of the aroma profile and main key odorants of espresso coffee. *Molecules*, 26 (13): 3856.
- Anonim, 2020. Tse 13423 "kahve - öğütülmüş", in: T.S. Enstitüsü (Ed.). Türk Standartları Enstitüsü.
- Anonim 2021. Food-info "kahve". (Son erişim tarihi: 12.11.2021)
- Anonim 2022. (Son erişim tarihi: 14.02.2022)
- Anonymous 2021. Internatinol coffee organization (Son erişim tarihi: 23.09.2021)
- Anthony, F., Combes, M., Astorga, C., Bertrand, B., Graziosi, G. and Lashermes, P. 2002. The origin of cultivated coffea arabica l. Varieties revealed by aflp and ssr markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 104 (5): 894-900.
- Aocs, 1999. Official methods and recommended practices of the american oil chemists' society 5th ed. Aocs, Champaign, IL.
- Ayseli, M.T. 2015. Türk kahvesinin aroma ve aroma-aktif bileşenleri üzerine İki farklı kavurma İşleminin etkisi. Yüksek Lisans, Çukurova Üniversitesi. 85 s.
- Ayseli, M.T., Kelebek, H. and Selli, S. 2020. Elucidation of aroma-active compounds and chlorogenic acids of turkish coffee brewed from medium and dark roasted coffea arabica beans. *Food Chemistry*, 338 127821.
- Baesso, M.L., Da Silva, E.C., Vargas, H., Cortez, J.G. and Pelzl, J. 1990. Use of electron spin resonance for the determination of staling of roast coffee in polyethylene bag packs. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 191 (1): 24-27.
- Bagdonaite, K., Derler, K. and Murkovic, M. 2008. Determination of acrylamide during roasting of coffee. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56 (15): 6081-6086.

- Baggenstoss, J., Perren, R. and Escher, F. 2008a. Water content of roasted coffee: Impact on grinding behaviour, extraction, and aroma retention. *European Food Research and Technology*, 227 (5): 1357-1365.
- Baggenstoss, J., Poisson, L., Kaegi, R., Perren, R. and Escher, F. 2008b. Roasting and aroma formation: Effect of initial moisture content and steam treatment. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56 (14): 5847-5851.
- Balzer, H. 2001. Acids in coffee. *Coffee: recent developments*, 1.
- Barden, L. and Decker, E.A. 2016. Lipid oxidation in low-moisture food: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 56 (15): 2467-2482.
- Batu, A. and Batu, H.S. 2016. Türk tatlı kültüründe türk lokumunun yeri (the place of turkish delight. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 4 (1): 42-52.
- Bee, S., Brando, C., Brumen, G., Carvalhaes, N., Kolling-Speer, I., Speer, K., Liverani, F.S., Teixeira, A., Teixeira, R. and Thomaziello, R. 2005. The raw bean. *Espresso coffee, the science of quality*, 87-178.
- Belitz, H.-D., Grosch, W. and Schieberle, P. 2004. Legumes. Food chemistry. Springer, 747-771 s.
- Benković, M. and Tušek, A.J. 2018. Regression models for description of roasted ground coffee powder color change during secondary shelf-life as related to storage conditions and packaging material. *Beverages*, 4 (1): 16.
- Bertuzzi, T., Martinelli, E., Mulazzi, A. and Rastelli, S. 2020. Acrylamide determination during an industrial roasting process of coffee and the influence of asparagine and low molecular weight sugars. *Food Chemistry*, 303 125372.
- Bicho, N.C., Leitão, A.E., Ramalho, J.C. and Lidon, F.C. 2012. Use of colour parameters for roasted coffee assessment. *Food Science and Technology*, 32 (3): 436-442.
- Bilgin, A. 2011. Osmanlı döneminde İstanbul mutfak kültürü. *Akademik Araştırmalar Dergisi*, (47-48): 229-245.
- Bisht, S. and Sisodia, S. 2010. Coffea arabica: A wonder gift to medical science. *Journal of Natural Pharmaceuticals*, 1 (1): 58-65.
- Borém, F.M. and Shuler, J. 2014. Handbook of coffee post-harvest technology: A comprehensive guide to the processing, drying, and storage of coffee. Gin Press s.
- Bröhan, M., Huybrighs, T., Wouters, C. and Van Der Bruggen, B. 2009. Influence of storage conditions on aroma compounds in coffee pads using static headspace gc–ms. *Food Chemistry*, 116 (2): 480-483.
- Buffo, R.A. and Cardelli-Freire, C. 2004. Coffee flavour: An overview. *Flavour and Fragrance Journal*, 19 (2): 99-104.
- Bulduk, S. and Süren, T. 2015. Türk mutfak kültüründe kahve. *Maddi Kültür I*, 299 309.
- Calligaris, S., Munari, M., Arrighetti, G. and Barba, L. 2009. Insights into the physicochemical properties of coffee oil. *European journal of lipid science and technology*, 111 (12): 1270-1277.

- Caner, C. and Aday, M.S. 2009. Maintaining quality of fresh strawberries through various modified atmosphere packaging. *Packaging Technology and Science: An International Journal*, 22 (2): 115-122.
- Cano-Marquina, A., Tarín, J. and Cano, A. 2013. The impact of coffee on health. *Maturitas*, 75 (1): 7-21.
- Cardelli, C. and Labuza, T.P. 2001. Application of weibull hazard analysis to the determination of the shelf life of roasted and ground coffee. *LWT-Food Science and Technology*, 34 (5): 273-278.
- Cemeroğlu, B. and Karadeniz, F. 2004. Meyve sebze İşleme teknolojisi, 2. Baskı. Ankara, Türkiye, Bizim Grup Basımevi.
- Charrier, A. and Berthaud, J. 1985. Botanical classification of coffee. Coffee. Springer, 13-47 s.
- Cheong, M.W., Tong, K.H., Ong, J.J.M., Liu, S.Q., Curran, P. and Yu, B. 2013. Volatile composition and antioxidant capacity of arabica coffee. *Food research international*, 51 (1): 388-396.
- Clarke, R. and Vitzthum, O. 2008. Coffee: Recent developments. John Wiley & Sons s.
- Clifford, M.N. 2012. Coffee: Botany, biochemistry and production of beans and beverage. Springer Science & Business Media s.
- Cong, S., Dong, W., Zhao, J., Hu, R., Long, Y. and Chi, X. 2020. Characterization of the lipid oxidation process of robusta green coffee beans and shelf life prediction during accelerated storage. *Molecules*, 25 (5): 1157.
- Corrêa, P.C., Oliveira, G.H.H.D., Oliveira, A.P.L.R.D., Vargas-Elías, G.A. and Baptestini, F.M. 2016. Particle size and roasting on water sorption in conilon coffee during storage.
- Çomakçioğlu, E. 1991. Kahve ile tanışmamız.
- De Bruyn, F., Zhang, S.J., Pothakos, V., Torres, J., Lambot, C., Moroni, A.V., Callanan, M., Sybesma, W., Weckx, S. and De Vuyst, L. 2017. Exploring the impacts of postharvest processing on the microbiota and metabolite profiles during green coffee bean production. *Applied and environmental microbiology*, 83 (1).
- De Melo Pereira, G.V., De Carvalho Neto, D.P., Júnior, A.I.M., Vásquez, Z.S., Medeiros, A.B., Vandenberghe, L.P. and Soccol, C.R. 2019. Exploring the impacts of postharvest processing on the aroma formation of coffee beans—a review. *Food Chemistry*, 272 441-452.
- Diepvens, K., Westerterp, K.R. and Westerterp-Plantenga, M.S. 2007. Obesity and thermogenesis related to the consumption of caffeine, ephedrine, capsaicin, and green tea. *American journal of physiology-Regulatory, integrative and comparative physiology*.
- Dogasaki, C., Shindo, T., Furuhashi, K. and Fukuyama, M. 2002. Identification of chemical structure of antibacterial components against legionella pneumophila in a coffee beverage. *Yakugaku zasshi: Journal of the Pharmaceutical Society of Japan*, 122 (7): 487-494.

- Dong, W., Hu, R., Chu, Z., Zhao, J. and Tan, L. 2017. Effect of different drying techniques on bioactive components, fatty acid composition, and volatile profile of robusta coffee beans. *Food Chemistry*, 234 121-130.
- Dong, W., Hu, R., Long, Y., Li, H., Zhang, Y., Zhu, K. and Chu, Z. 2019. Comparative evaluation of the volatile profiles and taste properties of roasted coffee beans as affected by drying method and detected by electronic nose, electronic tongue, and hs-spme-gc-ms. *Food Chemistry*, 272 723-731.
- Dong, W., Tan, L., Zhao, J., Hu, R. and Lu, M. 2015. Characterization of fatty acid, amino acid and volatile compound compositions and bioactive components of seven coffee (*coffea robusta*) cultivars grown in hainan province, china. *Molecules*, 20 (9): 16687-16708.
- Durmaz, A.A. 2015. Farklı kahve çekirdekleri ve pişirme ekipmanlarıyla hazırlanan türk kahvesinin duyuşal ve kimyasal analizlerle optimizasyonu.Yüksek Lisans Tezi, Okan Üniversitesi, İstanbul.107 s.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. and Gürbüz, F. 1987. Araştırma ve deneme metodları (İstatistik metodları-ii). *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 1021 (295): 10-13.
- Efsa 2017. Establishing mitigation measures and benchmark levels for the reduction of the presence as acrylamide in food. *J. Eur. Union*, 60 24-44.
- Elmacı, İ. 2018. Hasat sonrası işlemlerin, kavurma işleminin ve pişirme/demleme işlemlerinin türk kahvesi ve espresso kahvesinin duyuşal özellikleri üzerine etkisi (türkiye ve brezilya arasında kültürlerarası çalışma).Yüksek Lisans Tezi, Okan Üniversitesi, İstanbul.183 s.
- Ephraim, D. 2005. Achieving turkish coffee perfection. *Tea & coffee Asia*, 38-41.
- Eregiz, M. 2017. Kahvenin tarihteki serüveni, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep s.
- Eroğlu, E. 2014. Çözünür kuşburnu çayı üretiminde ekstraksiyon ve kurutma optimizasyonu.Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.62 s.
- Esposito, F., Fasano, E., De Vivo, A., Velotto, S., Sarghini, F. and Cirillo, T. 2020. Processing effects on acrylamide content in roasted coffee production. *Food Chemistry*, 319 126550.
- Esquivel, P. and Jimenez, V.M. 2012. Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International*, 46 (2): 488-495.
- Farah, A. 2009. Coffee as a speciality and functional beverage. Functional and speciality beverage technology. Elsevier, 370-395 s.
- Farah, A. and Donangelo, C.M. 2006. Phenolic compounds in coffee. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18 23-36.
- Farah, A. and Dos Santos, T.F. 2015. The coffee plant and beans: An introduction. Coffee in health and disease prevention. Elsevier, 5-10 s.
- Fassio, L., Malta, M., Carvalho, G., Liska, G., Lima, P., Nadaleti, D. and Pimenta, C. 2017. Fatty acids profile of *coffea arabica* l. Resistant to leaf rust grown in two environments of minas gerais, brazil. *J Agric Sci*, 9 88-98.

- Feijoo, M. and Bilbao, J. 1992. Seizures of sleep onset: Clinical and therapeutical aspects. *Clinical neuropharmacology*, 15 (1): 50-55.
- Ferreira, T., Shuler, J., Guimarães, R. and Farah, A. 2019. Introduction to coffee plant and genetics.
- Figueiredo, L.P., Borém, F.M., Ribeiro, F.C., Giomo, G.S., Da Silva Taveira, J.H. and Malta, M.R. 2015. Fatty acid profiles and parameters of quality of specialty coffees produced in different brazilian regions. *African journal of agricultural research*, 10 (35): 3484-3493.
- Fisk, I.D., Kettle, A., Hofmeister, S., Virdie, A. and Kenny, J.S. 2012a. Discrimination of roast and ground coffee aroma. *Flavour*, 1 (1): 14.
- Fisk, I.D., Kettle, A., Hofmeister, S., Virdie, A. and Kenny, J.S. 2012b. Discrimination of roast and ground coffee aroma. *Flavour*, 1 (1): 1-9.
- Flament, I. 2001. Coffee flavor chemistry. John Wiley & Sons s.
- Folmer, B. 2016. The craft and science of coffee. Academic Press s.
- Gallus, S., Tavani, A., Negri, E. and La Vecchia, C. 2002. Does coffee protect against liver cirrhosis? *Annals of epidemiology*, 12 (3): 202-205.
- Getachew, A.T. and Chun, B.-S. 2016. Optimization of coffee oil flavor encapsulation using response surface methodology. *LWT*, 70 126-134.
- Ghosh, P. and Venkatachalapathy, N. 2014. Processing and drying of coffee—a review. *Int. J. Eng. Res. Technol*, 3 (12): 784-794.
- Girginol, C.R. 2017. Kahve: Topraktan fincana. Cinius Yayınları s.
- Girginol, C.R. 2018. Kahve: Topraktan fincana. *A7 Kitap*, 12-15.
- Gürsoy, D. 2012. Sohbetin bahanesi kahve, Oğlak Yayıncılık s.
- Haile, M. and Kang, W.H. 2019. The harvest and post-harvest management practices' impact on coffee quality. *Coffee-Production and Research*, 1-18.
- Harun, Ü. 2010. Osmanlı'da kahve/kahvehane kültürü ve salihli'den bir kahvehane örneği" himaye-i etfal". *Sanat Tarihi Dergisi*, 19 (2): 1-26.
- Hofmann, T., Frank, O., Blumberg, S., Kunert, C. and Zehentbauer, G. 2008. Molecular insights into the chemistry producing harsh bitter taste compounds of strongly roasted coffee.
- Hovell, A., Pereira, E., Arruda, N. and Rezende, C. 2010. Evaluation of alignment methods and data pretreatments on the determination of the most important peaks for the discrimination of coffee varieties arabica and robusta using gas chromatography–mass spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*, 678 (2): 160-168.
- Huch, M. and Franz, C. 2015. Coffee: Fermentation and microbiota. *Advances in fermented foods and beverages*. Elsevier, 501-513 s.
- Iarc 1994. Iarc monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. *Some industrial chemicals*, 60 389-433.

- Illy, A. and Viani, R. 1995. Espresso coffee: The chemistry of quality.
- Illy, A. and Viani, R. 2005. Espresso coffee: The science of quality. Academic Press s.
- Işın, E. 2001. Bir İçecekten daha fazla: Kahve ve kahvehanelerin toplumsal tarihi, İç tanede saklı keyif. *İstanbul: Yapı Kredi Yayınları*.
- Janissen, B. and Huynh, T. 2018. Chemical composition and value-adding applications of coffee industry by-products: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 128 110-117.
- Jessen, A., Buemann, B., Toubro, S., Skovgaard, I. and Astrup, A. 2005. The appetite-suppressant effect of nicotine is enhanced by caffeine. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 7 (4): 327-333.
- Jurinjak-Tušek, A., Benković, M. and Bauman, I. 2015. Kinetics of colour change in roasted ground coffee during secondary shelf-life. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 19 (1): 7-11.
- Kaplan, M. 2011. Bir fincan keyif: Kahvenin öyküsü. *Yurt ve Dünya Dergisi/The Journal of Homeland and The World*, 2 (2): 11-20.
- Kefeli, E., Şahin, Ö. and Yarmacı, N. 2020. Üçüncü nesil kahve İşletmelerinde türk kahvesinin yeri: İstanbul örneği. *Uluslararası Batı Karadeniz Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 4 (2): 130-147.
- Kıvançlı, J. 2011. Türk kahvesinin karakteristik lezzetinin gc/ms ve lezzet profili analizi tekniği ile belirlenmesi. Doktora tezi, Ege Üniversitesi, İzmir. 99 s.
- Kıvançlı, J. and Elmacı, Y. 2016. Characterization of turkish-style boiled coffee aroma by gas chromatography and mass spectrometry and descriptive analysis techniques. *International Journal of Food Properties*, 19 (8): 1671-1686.
- Klatsky, A.L. and Armstrong, M.A. 1992. Alcohol, smoking, coffee, and cirrhosis. *American Journal of Epidemiology*, 136 (10): 1248-1257.
- Knopp, S., Bytof, G. and Selmar, D. 2006. Influence of processing on the content of sugars in green arabica coffee beans. *European Food Research and Technology*, 223 (2): 195-201.
- Komes, D. and Bušić, A. 2014. Antioxidants in coffee. Processing and impact on antioxidants in beverages. Elsevier, 25-32 s.
- Koshima, Y., Kitamura, Y., Mz, I. and Kokawa, M. 2020. Quantitative and qualitative evaluation of fatty acids in coffee oil and coffee residue. *Food Science and Technology Research*, 26 (4): 545-552.
- Król, K., Gantner, M., Tatarak, A. and Hallmann, E. 2020. The content of polyphenols in coffee beans as roasting, origin and storage effect. *European Food Research and Technology*, 246 (1): 33-39.
- Küçükkömürler, S. and Özgen, L. 2009. Coffee and turkish coffee culture. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8 (10): 1693-1700.

- Labuza, T., Cardelli, C., Anderson, B. and Shimoni, E. 2001. Physical chemistry of roasted and ground coffee: Shelf life improvement for flexible packaging. roceedings of the 19th International Scientific Colloquium on Coffee, ASIC,(Trieste).(ASIC, Paris, 2001) CD-ROM, ss,
- Labuza, T., Kaanane, A. and Chen, J. 1985. Effect of temperature on the moisture sorption isotherms and water activity shift of two dehydrated foods. *Journal of food science*, 50 (2): 385-392.
- Lindsay, J., Laurin, D., Verreault, R., Hébert, R., Helliwell, B., Hill, G.B. and Mcdowell, I. 2002. Risk factors for alzheimer's disease: A prospective analysis from the canadian study of health and aging. *American Journal of Epidemiology*, 156 (5): 445-453.
- López-Galilea, I., Fournier, N., Cid, C. and Guichard, E. 2006. Changes in headspace volatile concentrations of coffee brews caused by the roasting process and the brewing procedure. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54 (22): 8560-8566.
- MartíN, M.a.J., Pablos, F., González, A.G., Valdenebro, M.a.S. and León-Camacho, M. 2001. Fatty acid profiles as discriminant parameters for coffee varieties differentiation. *Talanta*, 54 (2): 291-297.
- Massawe, G.A. and Lifa, S.J. 2010. Yeasts and lactic acid bacteria coffee fermentation starter cultures. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 2 (1): 41-82.
- Morton, C., Klatsky, A.L. and Udaltsova, N., 2004. Smoking, coffee, and pancreatitis. LWW.
- Murthy, P.S. and Naidu, M.M. 2012. Sustainable management of coffee industry by-products and value addition—a review. *Resources, Conservation and Recycling*, 66 45-58.
- Musebe, R., Agwanda, C. and Mekonen, M. 2007. Primary coffee processing in ethiopia: Patterns, constraints and determinants. African Crop Science Conference Proceedings, 1417-1421 ss,
- N'diaye, A., Poncet, V., Louarn, J., Hamon, S. and Noirot, M. 2005. Genetic differentiation between coffea liberica var. Liberica and c. Liberica var. Dewevrei and comparison with c. Canephora. *Plant Systematics and Evolution*, 253 (1): 95-104.
- Nikolova-Damyanova, B., Velikova, R. and Jham, G.N. 1998. Lipid classes, fatty acid composition and triacylglycerol molecular species in crude coffee beans harvested in brazil. *Food research international*, 31 (6-7): 479-486.
- Oliveira, L.S., Franca, A.S., Mendonça, J.C. and Barros-Junior, M.C. 2006. Proximate composition and fatty acids profile of green and roasted defective coffee beans. *LWT-Food Science and Technology*, 39 (3): 235-239.
- Olthof, M.R., Hollman, P.C. and Katan, M.B. 2001. Chlorogenic acid and caffeic acid are absorbed in humans. *The Journal of nutrition*, 131 (1): 66-71.
- Ortolá, M., Gutiérrez, C., Chiralt, A. and Fito, P. 1997. Lipids oxidation in roast coffee. *Alimentaria (Espana)*.

- Özgür, N. 2012. Türk kahvesi standartları ve pişirme ekipmanları teknik analizi. *Türk Kahvesi Kültürü ve Araştırmaları Derneği*.
- Papadelis, C., Kourtidou-Papadeli, C., Vlachogiannis, E., Skepastianos, P., Bamidis, P., Maglaveras, N. and Pappas, K. 2003. Effects of mental workload and caffeine on catecholamines and blood pressure compared to performance variations. *Brain and cognition*, 51 (1): 143-154.
- Pérez-Martínez, M., Sopelana, P., De Pena, M.P. and Cid, C. 2008. Changes in volatile compounds and overall aroma profile during storage of coffee brews at 4 and 25 c. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56 (9): 3145-3154.
- Petisca, C., Pérez-Palacios, T., Farah, A., Pinho, O. and Ferreira, I.M. 2013. Furans and other volatile compounds in ground roasted and espresso coffee using headspace solid-phase microextraction: Effect of roasting speed. *Food and Bioproducts Processing*, 91 (3): 233-241.
- Petracco, M. 2001. Technology 4: Beverage preparation: Brewing trends for the new millennium. *COFFEE Recent Developments; Blackwell Science Ltd.: London, UK*.
- Pictet, G. 1987. Home and catering brewing of coffee. *Coffee*. Springer, 221-256 s.
- Pimenta, C., Pereira, M., Chalfoun, S., Angélico, C., De Carvalho, G. and Martins, R. 2008. Chemical composition and quality of coffee (*cofea arabica* l.) collected at different harvesting times. *Revista Brasileira de Armazenamento*, (Especial 10): 29-35.
- Poisson, L., Blank, I., Dunkel, A. and Hofmann, T. 2017. The chemistry of roasting—decoding flavor formation. *The craft and science of coffee*. Elsevier, 273-309 s.
- Pua, C., Hamid, N.S.A., Tan, C., Mirhosseini, H., Rahman, R.A. and Rusul, G. 2008. Storage stability of jackfruit (*artocarpus heterophyllus*) powder packaged in aluminium laminated polyethylene and metallized co-extruded biaxially oriented polypropylene during storage. *Journal of food engineering*, 89 (4): 419-428.
- Raba, D.N., Chambre, D.R., Copolovici, D.-M., Moldovan, C. and Copolovici, L.O. 2018. The influence of high-temperature heating on composition and thermo-oxidative stability of the oil extracted from arabica coffee beans. *PLoS one*, 13 (7): e0200314.
- Raemy, A. and Lambelet, P. 1982. A calorimetric study of self-heating in coffee and chicory. *International Journal of Food Science & Technology*, 17 (4): 451-460.
- Ribeiro, F.C., Borém, F.M., Giomo, G.S., De Lima, R.R., Malta, M.R. and Figueiredo, L.P. 2011. Storage of green coffee in hermetic packaging injected with co₂. *Journal of Stored Products Research*, 47 (4): 341-348.
- Ribeiro, J.S., Augusto, F., Salva, T.J., Thomaziello, R.A. and Ferreira, M. 2009. Prediction of sensory properties of brazilian arabica roasted coffees by headspace solid phase microextraction-gas chromatography and partial least squares. *Analytica Chimica Acta*, 634 (2): 172-179.

- Ribeiro, L.S., Miguel, M.G.D.C.P., Evangelista, S.R., Martins, P.M.M., Van Mullem, J., Belizario, M.H. and Schwan, R.F. 2017. Behavior of yeast inoculated during semi-dry coffee fermentation and the effect on chemical and sensorial properties of the final beverage. *Food research international*, 92 26-32.
- Richardson, T., Rozkovec, A., Thomas, P., Ryder, J., Meckes, C. and Kerr, D. 2004. Influence of caffeine on heart rate variability in patients with long-standing type 1 diabetes. *Diabetes care*, 27 (5): 1127-1131.
- Rodríguez, J., Durán, C. and Reyes, A. 2010. Electronic nose for quality control of colombian coffee through the detection of defects in “cup tests”. *Sensors*, 10 (1): 36-46.
- Romano, R., Santini, A., Le Grottaglie, L., Manzo, N., Visconti, A. and Ritieni, A. 2014. Identification markers based on fatty acid composition to differentiate between roasted arabica and canephora (robusta) coffee varieties in mixtures. *Journal of Food Composition and Analysis*, 35 (1): 1-9.
- Ross, C.F., Pecka, K. and Weller, K. 2006. Effect of storage conditions on the sensory quality of ground arabica coffee. *Journal of Food Quality*, 29 (6): 596-606.
- Ross, G.W., Abbott, R.D., Petrovitch, H., Morens, D.M., Grandinetti, A., Tung, K.-H., Tanner, C.M., Masaki, K.H., Blanchette, P.L. and Curb, J.D. 2000. Association of coffee and caffeine intake with the risk of parkinson disease. *Jama*, 283 (20): 2674-2679.
- Ryan, D., Shellie, R., Tranchida, P., Casilli, A., Mondello, L. and Marriott, P. 2004. Analysis of roasted coffee bean volatiles by using comprehensive two-dimensional gas chromatography–time-of-flight mass spectrometry. *Journal of chromatography A*, 1054 (1-2): 57-65.
- Salazar-Martinez, E., Willett, W.C., Ascherio, A., Manson, J.E., Leitzmann, M.F., Stampfer, M.J. and Hu, F.B. 2004. Coffee consumption and risk for type 2 diabetes mellitus. *Annals of internal medicine*, 140 (1): 1-8.
- Salman, S. 2017. Katesince zenginleştirilmiş çözünür yeşil çay üretimi ve elde edilen ürünün in vitro gastrointestinal sistemde salınımının İncelenmesi.Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.80 s.
- Sánchez-González, I., Jiménez-Escrig, A. and Saura-Calixto, F. 2005. In vitro antioxidant activity of coffees brewed using different procedures (italian, espresso and filter). *Food Chemistry*, 90 (1-2): 133-139.
- Sanz-Urbe, J.R., Menon, S.N., Peñuela, A., Oliveros, C., Husson, J., Brando, C. and Rodriguez, A. 2017. Postharvest processing—revealing the green bean. The craft and science of coffee. Elsevier, 51-79 s.
- Sarrazin, C., Le Quéré, J.-L., Gretsch, C. and Liardon, R. 2000. Representativeness of coffee aroma extracts: A comparison of different extraction methods. *Food Chemistry*, 70 (1): 99-106.
- Schenker, S., Handschin, S., Frey, B., Perren, R. and Escher, F. 1999. Structural properties of coffee beans as influenced by roasting conditions. ASIC, 18e colloque, Helsinki, ss,

- Schenker, S., Heinemann, C., Huber, M., Pompizzi, R., Perren, R. and Escher, R. 2002. Impact of roasting conditions on the formation of aroma compounds in coffee beans. *Journal of food science*, 67 (1): 60-66.
- Schenker, S. and Rothgeb, T. 2017. The roast—creating the beans' signature. The craft and science of coffee. Elsevier, 245-271 s.
- Schwartz, J. and Weiss, S.T. 1992. Caffeine intake and asthma symptoms. *Annals of epidemiology*, 2 (5): 627-635.
- Seninde, D.R. and Chambers, E. 2020. Coffee flavor: A review. *Beverages*, 6 (3): 44.
- Shishir, M.R.I. and Chen, W. 2017. Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices. *Trends in food science & technology*, 65 49-67.
- Silva, C.F., Vilela, D.M., De Souza Cordeiro, C., Duarte, W.F., Dias, D.R. and Schwan, R.F. 2013. Evaluation of a potential starter culture for enhance quality of coffee fermentation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 29 (2): 235-247.
- Sınar, D.S., Acar, N.E. and Yıldırım, İ. 2019. Kafein ve obezite. *Türkiye Spor Bilimleri Dergisi*, 3 (1): 10-20.
- Somporn, C., Kamtuo, A., Theerakulpisut, P. and Siriamornpun, S. 2011. Effects of roasting degree on radical scavenging activity, phenolics and volatile compounds of arabica coffee beans (*coffea arabica* l. Cv. Catimor). *International Journal of Food Science & Technology*, 46 (11): 2287-2296.
- Speer, K. and Kölling-Speer, I. 2006. The lipid fraction of the coffee bean. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18 (1): 201-216.
- Standage, T. and Fethi, A. 2005. Altı bardakta dünya tarihi. Merkez Kitaplar s.
- Taştan, Y.K. 2009. Sufi şarabından kapitalist metaya kahvenin öyküsü. *Gazi Akademik Bakış*, (04): 53-87.
- Taveira, J.D.S., Borém, F.M., Da Rosa, S.D.V., Oliveira, P.D., Giomo, G.S., Isquierdo, E.P. and Fortunato, V.A. 2015. Post-harvest effects on beverage quality and physiological performance of coffee beans. *Embrapa Café-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.
- Teranishi, R., Wick, E.L. and Hornstein, I. 1999. Flavor chemistry: Thirty years of progress. Springer Science & Business Media s.
- Tieges, Z., Ridderinkhof, K.R., Snel, J. and Kok, A. 2004. Caffeine strengthens action monitoring: Evidence from the error-related negativity. *Cognitive Brain Research*, 21 (1): 87-93.
- Toci, A., Farah, A. and Trugo, L.C. 2006. Effect of decaffeination using dichloromethane on the chemical composition of arabica and robusta raw and roasted coffees. *Química Nova*, 29 (5): 965-971.
- Toci, A.T., Neto, V.J., Torres, A.G. and Farah, A. 2013. Changes in triacylglycerols and free fatty acids composition during storage of roasted coffee. *LWT-Food Science and Technology*, 50 (2): 581-590.

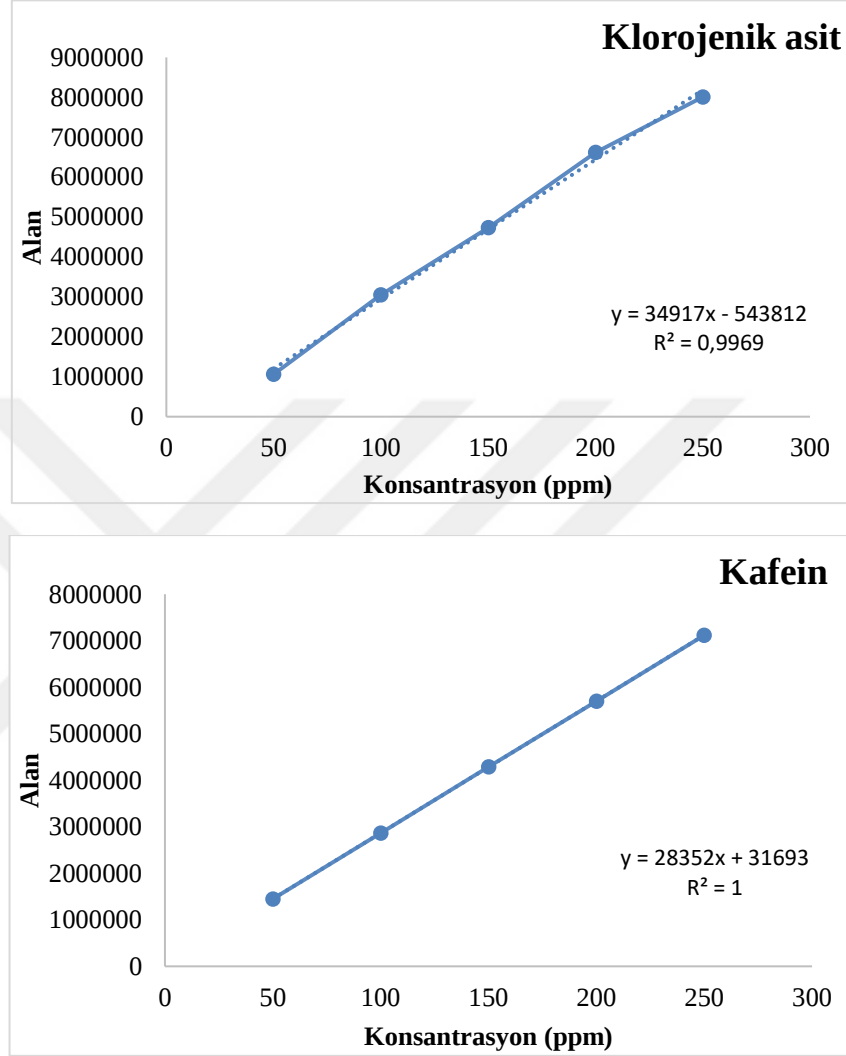
- Torun, M. 2015. Gama ışınlatma ve yenilebilir kaplamanın farklı koşullarda depolanan soyulmuş diş sarımsağın raf ömrü üzerine etkisi. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya. 147 s.
- Trugo, L.C. and Macrae, R. 1984. Chlorogenic acid composition of instant coffees. *Analyst*, 109 (3): 263-266.
- Ukers, W.H. 1935. All about coffee. Library of Alexandria s.
- Ünsal, A., Bostancıoğlu, A. and Ünsal, B.G. 2011. İstanbul'un lezzet tarihi: Geçmişten günümüze sofrasohbetleri ve evimizin yemekleri. NTV Yayınları s.
- Vasconcelos, A.L.S., Franca, A.S., Glória, M.B.A. and Mendonça, J.C. 2007. A comparative study of chemical attributes and levels of amines in defective green and roasted coffee beans. *Food Chemistry*, 101 (1): 26-32.
- Vignoli, J., Bassoli, D. and Benassi, M.D.T. 2011. Antioxidant activity, polyphenols, caffeine and melanoidins in soluble coffee: The influence of processing conditions and raw material. *Food Chemistry*, 124 (3): 863-868.
- Vila, M.A., Andueza, S., Paz De Pena, M. and Cid, C. 2005. Fatty acid evolution during the storage of ground, roasted coffees. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 82 (9): 639-646.
- Vinícius De Melo Pereira, G., Soccol, V.T., Brar, S.K., Neto, E. and Soccol, C.R. 2017. Microbial ecology and starter culture technology in coffee processing. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57 (13): 2775-2788.
- Wang, H., Provan, G.J. and Helliwell, K. 2000. Tea flavonoids: Their functions, utilisation and analysis. *Trends in food science & technology*, 11 (4-5): 152-160.
- Wintgens, J. 2009. Factors influencing the quality of green coffee. *Coffee: growing, processing, sustainable production. A guidebook for growers, processors, traders and researchers*, 797-817.
- Yağbasan, M. and Ustakara, F. 2008. Türk toplumunda kahvehane ve kafelerdeki İletişimsel ortamı belirlemeye yönelik bir alan araştırması (gaziantep İli örneği). *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18 (1): 233-260.
- Yardımcı, M. 2017. Geleneksel kültürümüzde kahve. *Erişim Adresi: <http://www.mehmetyardimci.net/img/files/akademik19.pdf>. Erişim Tarihi*, 28 (09): 2017.
- Yarullina Yıldırım, R., 2015. Fırat'tan volga'ya medeniyetler köprüsü. Adıyaman Üniversitesi.
- Yeretzian, C., Jordan, A., Badoud, R. and Lindinger, W. 2002. From the green bean to the cup of coffee: Investigating coffee roasting by on-line monitoring of volatiles. *European Food Research and Technology*, 214 (2): 92-104.
- Yıldız, N. and Ertekin, A. 2019. Zayıflama diyetine eklenen türk kahvesinin antropometrik ölçümler ve lipid profilleri üzerine etkisi. *Van Sağlık Bilimleri Dergisi*, 12 (3): 11-20.
- Yılmaz, E. 2001. Kafein alımının metabolik hız ve enerji harcanışına etkileri. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 30-34.

- Yönet Eren, F. and Ceyhun Sezgin, A. 2018. Kültürel miras açısından türk kahvesi.
- Yukawa, G., Mune, M., Otani, H., Tone, Y., Liang, X.-M., Iwahashi, H. and Sakamoto, W. 2004. Effects of coffee consumption on oxidative susceptibility of low-density lipoproteins and serum lipid levels in humans. *Biochemistry (Moscow)*, 69 (1): 70-74.
- Yüksel, A.N., Barut, K.T.Ö. and Bayram, M. 2020. The effects of roasting, milling, brewing and storage processes on the physicochemical properties of turkish coffee. *LWT*, 131 109711.

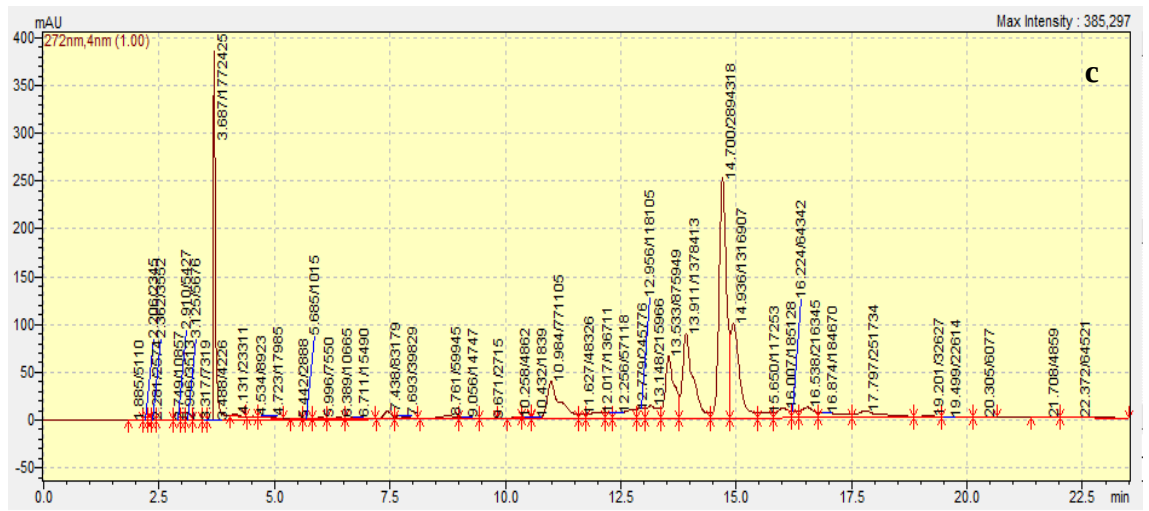
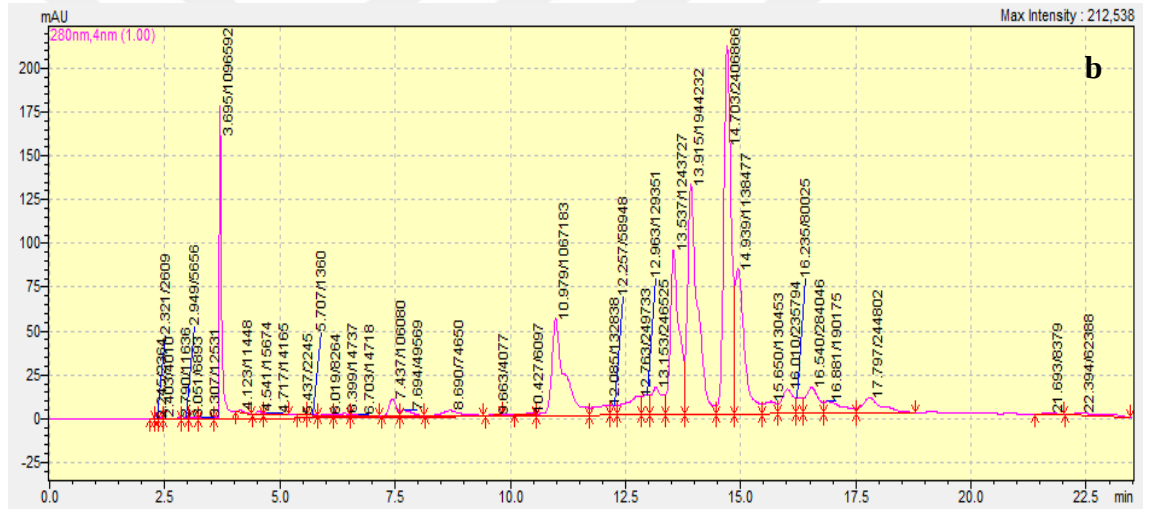
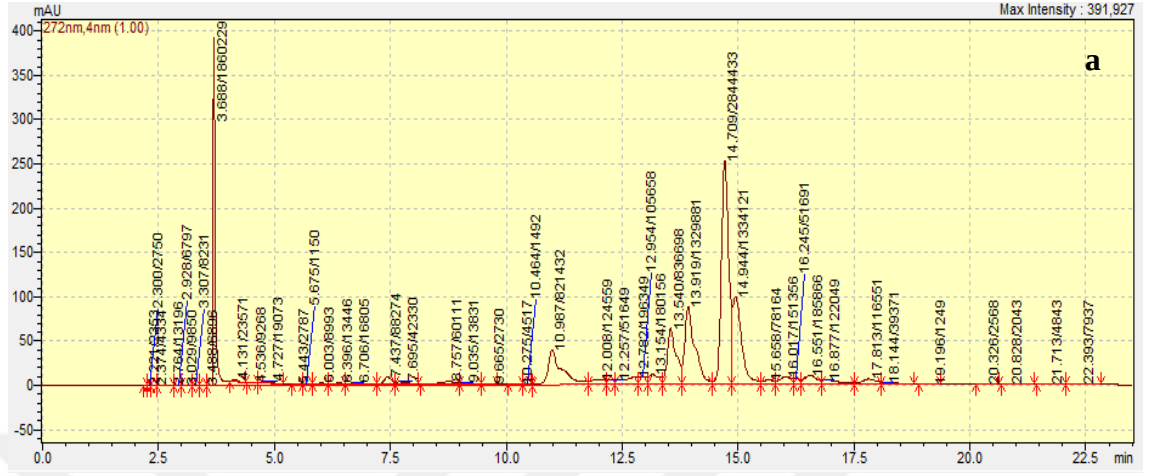


7. EKLER

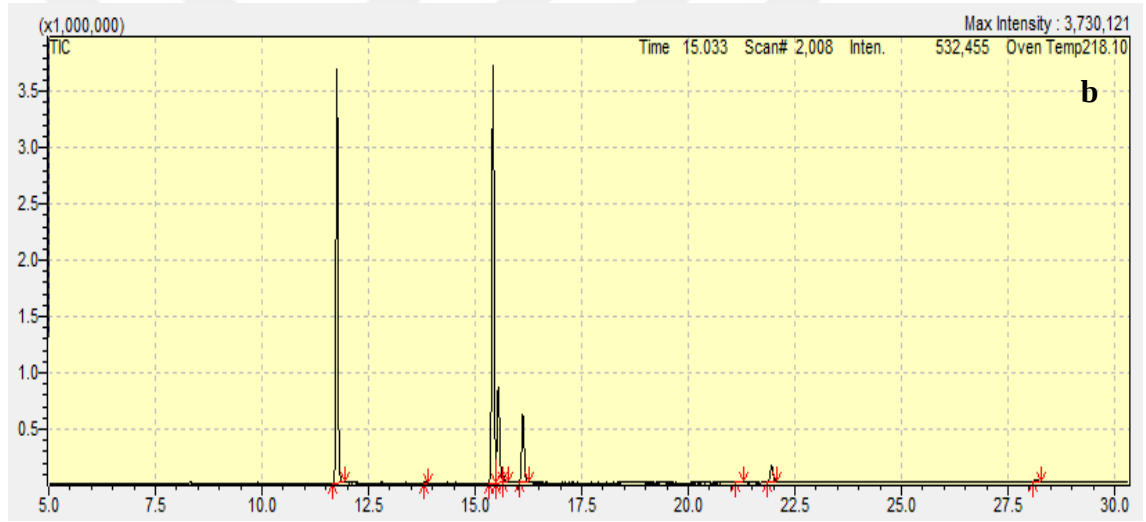
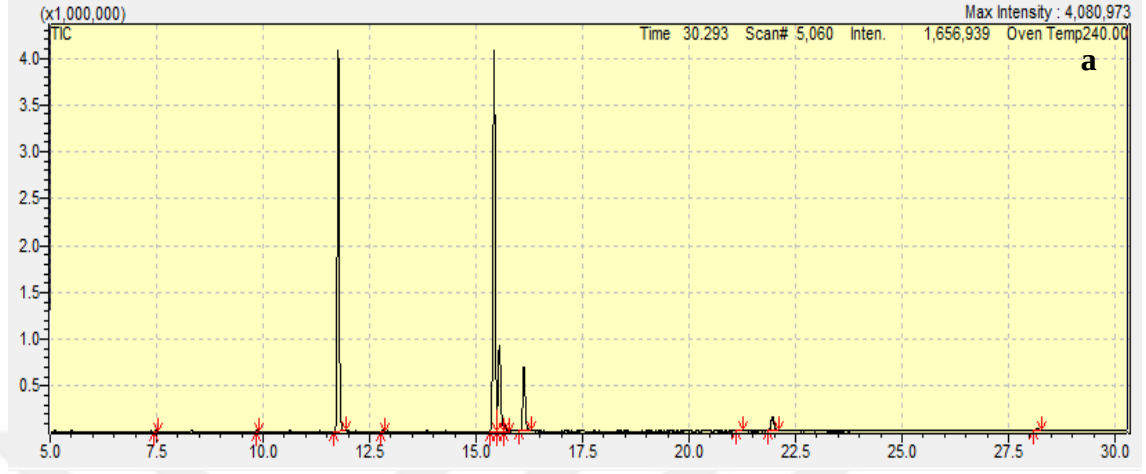
EK 1. Farklı konsantrasyonlardaki klorojenik asit ve kafein standartının pik alanı-konsantrasyon grafiği



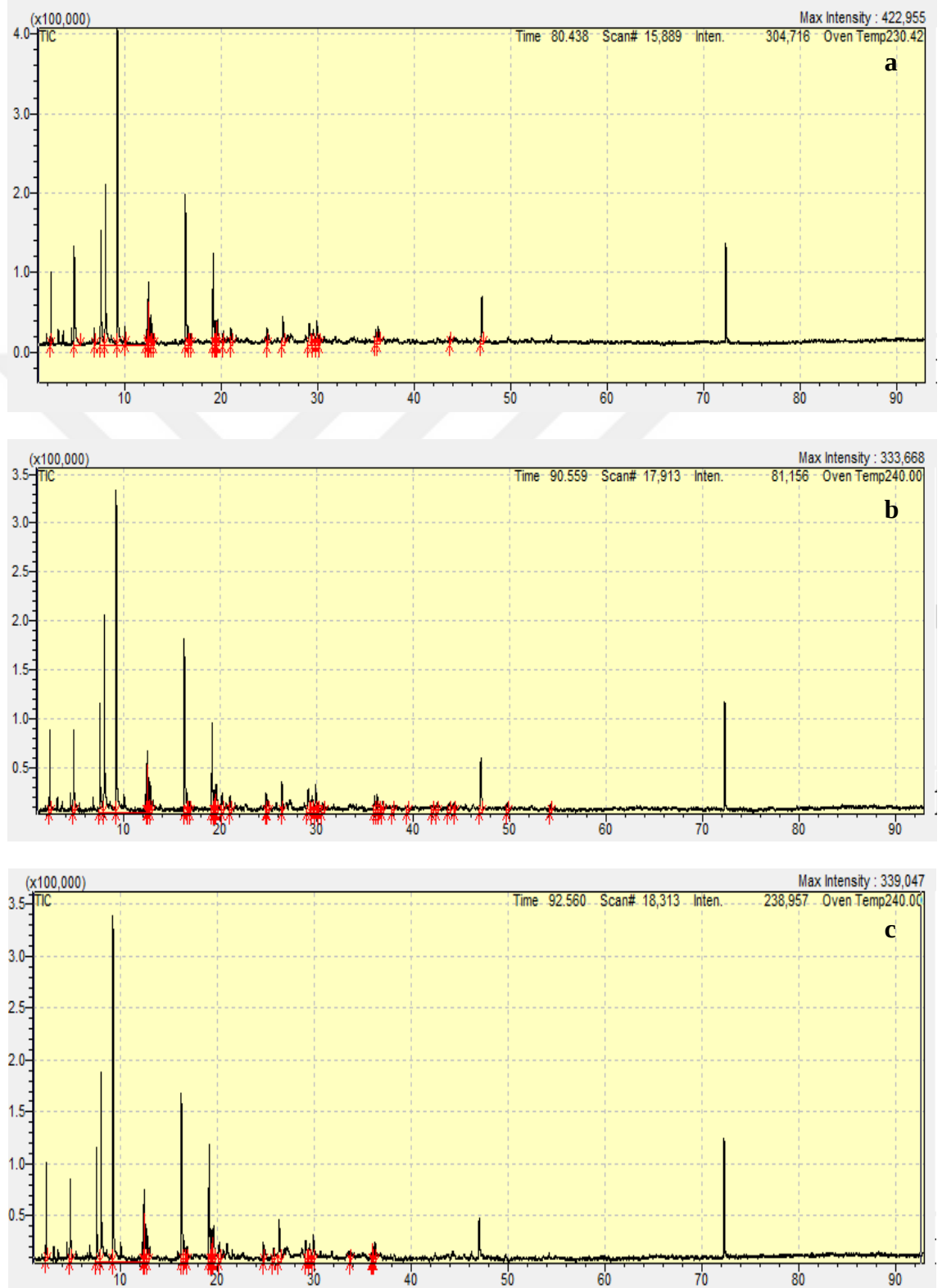
EK 3. Kahve örneklerine ait HPLC kafein (14.745) kromatogramı **a)** A boyutu 5°C’de 28 gün depolanan örneğe ait **b)** A boyutu 25°C’de 28 gün depolanan örneğe ait **c)** A boyutu 45°C’de 28 gün depolanan örneğe ait



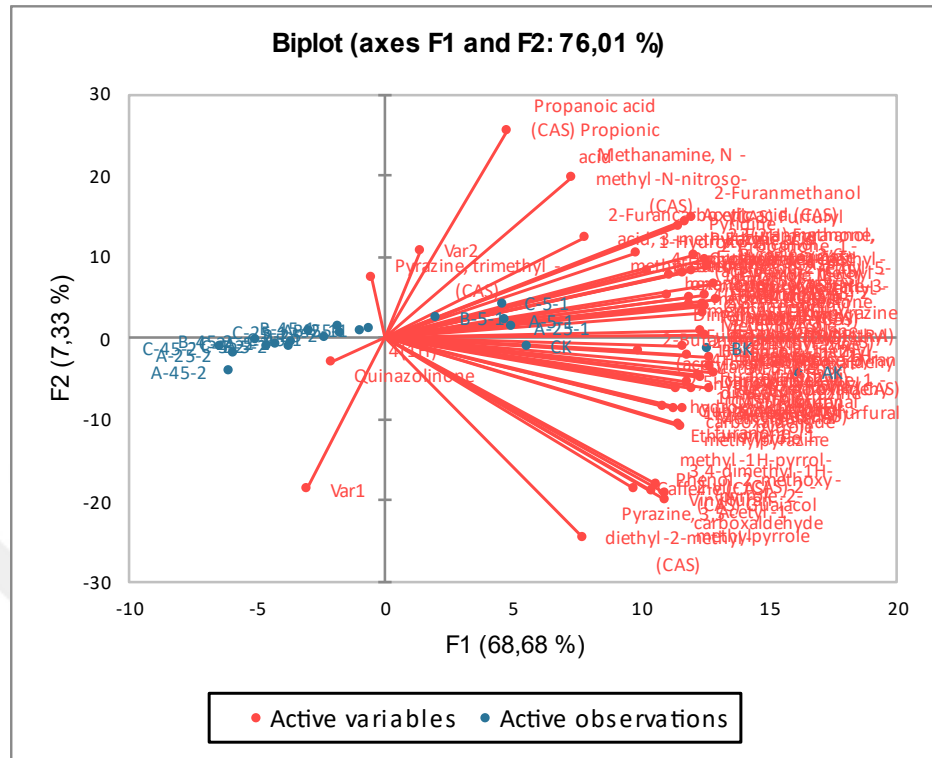
EK 4. Kahve örneklerine ait GC-MS yağ asidi kromatogramı **a)** B boyutu 5°C’de 28 gün depolanan örneğe ait **b)** B boyutu 25°C’de 28 gün depolanan örneğe ait **c)** B boyutu 5°C’de 28 gün depolanan örneğe ait



EK 5. Kahve örneklerine ait GC-MS aroma kromotogramı **a)** C boyutu 5°C’de 28 gün depolanan örneğe ait **b)** C boyutu 25°C’de 28 gün depolanan örneğe ait **c)** C boyutu 5°C’de 28 gün depolanan örneğe ait



EK 6. Farklı partikül boyutuna sahip, farklı koşullarında depolanan kahve örneklerinin aroma bileşenlerine göre PCA analizi



ÖZGEÇMİŞ

GÜLDEREN COŞGUN

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2019 – 2022	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya
Lisans 2011-2016	Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Sorumlu Yönetici Eylül 2019 – Haziran 2020	Salman Pastanesi
Gıda Mühendisi Nisan 2018- Eylül 2019	Göksu Global A.Ş.
Gıda Mühendisi Nisan 2017 – Nisan 2018	Akdeniz Üniversitesi Kredi ve Yurtlar Kurumu Yemekhanesi