ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Turan AYSELİ

TÜRK KAHVESİNİN AROMA VE AROMA-AKTİF BİLEŞİKLERİ ÜZERİNE İKİ FARKLI KAVURMA İŞLEMİNİN ETKİSİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA - 2015

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRK KAHVESİNİN AROMA VE AROMA-AKTİF BİLEŞİKLERİ ÜZERİNE İKİ FARKLI KAVURMA İŞLEMİNİN ETKİSİ

Mehmet Turan AYSELİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 20/01/2015 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği İle Kabul Edilmiştir.

Prof. Dr. Serkan SELLİ DANIŞMAN	Prof. Dr.Turgut CABAROĞLU ÜYE	Doç. Dr. Haşim KELEBEK ÜYE

Bu tez Enstitümüz Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No :

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: ZF2013YL40

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TÜRK KAHVESİNİN AROMA VE AROMA-AKTİF BİLEŞİKLERİ ÜZERİNE İKİ FARKLI KAVURMA İŞLEMİNİN ETKİSİ

Mehmet Turan AYSELİ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Serkan SELLİ
Yıl: 2015, Sayfa: 85
Jüri : Prof. Dr. Serkan SELLİ
: Prof. Dr. Turgut CABAROĞLU
: Doç. Dr. Haşim KELEBEK

Bu çalışmada, Türk kahvesinin aroma ve aroma-aktif maddeleri üzerine iki farklı kavurma (orta kavrulmuş 150-155°C'de 18 dakika ve koyu kavrulmuş 165-170°C' de 18 dakika) işleminin etkisi incelenmiştir.

Kahvelerde aroma-aktif bileşikler GC-MS-Olfaktometri tekniği ile araştırılmıştır. Örneklerden iki farklı ekstraksiyon metodu (sıvı-sıvı ekstraksiyon ve çözgen yardımıyla flavor evaporasyonu: SAFE) kullanılarak aromatik ekstrakt elde edilmiştir. Duyusal analiz (temsili test) sonuçlarına göre, SAFE yöntemiyle elde edilen aromatik ekstrakt Türk kahvesi kokusuna oldukça benzer bulunmuştur.

Orta ve koyu kavrulmuş Türk kahvesi örneklerinden sırasıyla 72 ve 57 adet aroma bileşiği tespit edilmiştir. Tük kahvesindeki aroma bileşiklerinin büyük bir kısmını pirazin ve keton bileşikleri oluşturmuş, bunları furan ve fenol bileşikleri izlemiştir.

Aroma-aktif bileşikler bakımından orta kavrulmuş Türk kahvesinde 24 ve koyu kavrulmuş Türk kahvesinde ise 28 adet aroma-aktif bileşik tespit edilmiştir. Bunlar içerisinde koku seyreltme (KS) değerlerine göre, 2-etil-3,5-dimetilpirazin (KS_{orta}: 2048 ve KS_{koyu}:1024), 2-etil-3-metilpirazin (KS_{koyu}: 2048), 3-metilbütanoik asit (KS_{koyu}: 2048), 2,3,5-trimetilpirazin (KS_{orta}: 512 ve KS_{koyu}: 1024) ve 3-etil-2,5-dimetilpirazin (KS_{orta}: 1024 ve KS_{koyu}: 512) en güçlü aroma-aktif bileşiklerdir. Duyusal analiz sonuçlarına göre orta kavrulmuş Türk kahvesi, koyu kavrulmuş Türk kahvesine göre panelistler tarafından daha çok tercih edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Türk kahvesi, kavurma işlemi, aroma-aktif bileşikler, SAFE

ABSTRACT

MSc THESIS

THE EFFECT OF TWO DIFFERENT ROASTING PROCESS ON THE AROMA AND AROMA-ACTIVE COMPOUNDS OF TURKISH COFFEE

Mehmet Turan AYSELİ

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. Serkan SELLİ
Yıl: 2015, Pages: 85
Jury : Prof. Dr. Serkan SELLİ
: Prof. Dr. Turgut CABAROĞLU
: Assoc. Prof. Dr. Haşim KELEBEK

In this study, Turkish coffee aroma and aroma-active compounds and effect of of the different roasting (medium roasted at 150-155 ° C and dark roasted at 165-170 ° C for 18 min) methods on these compounds were investigated.

GC-MS-Olfactometry were used to determine aroma and aroma active compounds. Two different methods (liquid-liquid extraction and solvent assisted flavor evaporation technique:SAFE) were used to obtain aromatic extract from the coffee samples.According to sensory analysis (representivaness test) the aromatic extract obtained by SAFE extraction was representative of Turkish coffee.

A total of 72 and 57 aroma components were identified in medium roasted and dark roasted Arabica coffee brews, respectively. Pyrazines and ketones were quantitatively the most dominant volatiles in Turkish coffee brew, followed by furans and phenols.

With regard to aroma-active compounds 24 and 28 compounds were detected in medium roasted and dark roasted Arabica coffee brews, respectively. Within these, 2-ethyl-3-methylpyrazine (FD_{dark}:2048), 2-ethyl-3,5-dimethylpyrazine (FD_{medium}:2048 and FD_{dark}:1024), 3-methylbutanoic acid (FD_{dark}:2048) and 2,3,5-trimethylpyrazine (FD_{medium}:512 and FD_{dark}:1024) determined to be predominant aroma compounds based on their high flavor dilution (FD) factors by aroma extract dilution analysis (AEDA). Based on sensory analysis, Turkish coffee produced with medium roasted was the most preferred by panelists.

Key Words: Turkish coffee, roasting, aroma-active compounds; SAFE

TEŞEKKÜR

Bu konuda bana çalışma olanağı sağlayan, araştırmalarım ve tezimin yazımı süresince yol gösteren ve desteğini esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Serkan SELLİ' ye, değerli görüş ve önerileriyle tez çalışmamı değerlendiren saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Turgut CABAROĞLU'na ve Doç. Dr. Haşim KELEBEK'e, eğitim ve öğrenim hayatım boyunca gelişmemde önemli katkı ve destekleri olan tüm hocalarıma, tezimin hazırlanması sırasında bana yardımcı olan Arş. Gör. Selin Nazmiye YABACI, Merve DARICI'ya ve Müge CANATAR'a, Öğr. Gör. Salih SÖNMEZDAĞ ve Öğr. Gör. Berfu GELEN'e, Zeynep Dilan ÇELİK'e, Asghar AMANPOUR'a ve bölüm sekreteri Nuriye BALKAN'a, tüm öğrenim hayatım boyunca maddi-manevi büyük fedakârlıklar yaparak benim bu noktaya gelmemi sağlayan sevgili eşim Yasemin İPEK AYSELİ'ye, oğlum Rüzgar AYSELİ'ye, hayatımın her aşamasında olduğu gibi tez çalışmam sırasında da bana her konuda yardımcı olan, ilgi ve desteklerini gösteren canım annem AYNUR OLGAÇ'a, kızkardeşlerim Filiz AYSELİ, Hicran AYSELİ ve Emel GÜLEÇ'e, son olarak tüm İPEK ailesine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER IV
ÇİZELGELER DİZİNİ VI
ŞEKİLLER DİZİNİ VIII
RESİMLER DİZİNİ X
SİMGELER VE KISALTMALAR XII
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
2.1. Kahvede Bulunan Aroma Maddeleri Üzerine Yapılan Araştırmalar 5
2.2. Kahvede Bulunan Aroma Aktif Maddeleri Üzerine Yapılan Araştırmalar ... 10
2.3. Kahvenin Antioksidan ve Fenol Bileşikleri Kapasitesi Üzerine Yapılan Araştırmalar 15
3. MATERYAL VE METOD 21
3.1. Materyal 21
3.1.1 Hammadde 21
3.1.2 Araç ve Gereçler 21
3.2. Yöntem 22
3.2.1. Kahve Örneklerinin Kavrulması ve Türk Kahvesi Yapımı 22
3.2.2. Türk Kahvesinde Yapılan Genel Analizler 23
3.2.2.1. pH tayini 23
3.2.2.2. Toplam fenol bileşikleri analizi 24
3.2.2.3. Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi 24
3.2.3.4. Kahve Örneklerinin Renk Analizi 25
3.2.3. Kahvede Aroma Maddeleri Analizi ve Tanımlanması 25
3.2.3.1. Kahvede Aroma Maddelerinin Ekstraksiyonu 25
3.2.3.2. Sıvı-Sıvı Ekstraksiyon 25
3.2.3.3. Çözgen Yardımıyla Flavor Ekstraksiyonu 27

3.2.4. Aromatik Ekstraktların Duyusal Analizleri 28
3.2.4.1. Temsili (Representative) Test 28
3.2.4.2. Benzerlik Testi 30
3.2.4.3. Aroma Yoğunluk Testi 30
3.2.4.4. Aroma Profil Testi 30
3.2.5. GC-MS ve GC-O Koşulları 32
3.2.6. Kahvenin Duyusal Analizleri 33
3.2.7. Istatistiksel Analizler 34
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 35
4.1. Türk Kahvesinin Genel Bileşimi ve Renk Analizleri 35
4.2. Türk Kahvesinin Antioksidan ve Fenol Bileşikleri Kapasitesi 36
4.3. Temsili Test Yöntemiyle Aroma Ekstraksiyonunda Kullanılan Yöntemin Belirlenmesi 39
4.4. Kavurma İşleminin Türk Kahvesinin Aroma Bileşenleri Üzerine Etkisi 41
4.5. Türk Kahvesinin Aroma Aktif Bileşikleri 55
4.6. Türk Kahvesinin Duyusal Özellikleri 62
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 65
KAYNAKLAR 67
ÖZGEÇMİŞ 85

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3.1. Aroma Profil Analizi ve Temsili Test Formu 31
Çizelge 3.2. Duyusal Analiz Formu 34
Çizelge 4.1.Türk kahvesinin genel bileşimi 36
Çizelge 4.2. Aroma ekstraktlarının benzerlik ve aroma yoğunluk testi sonuçları 39
Çizelge 4.3. Aroma ekstraktlarının duyusal analiz sonuçları 40
Çizelge 4.4. Türk kahvesinin aroma maddeleri bileşikleri 42
Çizelge 4.5. Türk kahvesinin aroma-aktif maddeleri bileşikleri KS≥4 55
Çizelge 4.6. Kahve örneklerinin lezzet profil analiz sonuçları 62

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1. Kahve Aromasının Oluşum Mekanizması 2
Şekil 4.1. Benzerlik ve Yoğunluk Testi Sonuçlarının Örümcek Ağı Diyagramı..... 41
Şekil 4.2. Orta Kavurulmuş Kahve Çekirdekleri İle Hazırlanan Türk Kahvesinin Aroma Maddelerinin GC-MS Kromatogramı..... 53
Şekil 4.3. Koyu Kavurulmuş Kahve Çekirdekleri İle Hazırlanan Türk Kahvesinin Aroma Maddelerinin GC-MS Kromatogramı..... 54
Şekil 4.4. Kahve Örneklerinin Lezzet Profil Analiz Sonuçlarının Örümcek Ağı Diyagramı..... 63

RESİMLER DİZİNİ **SAYFA**

Resim 3.1. Analizlerde kullanılan spektrofotometre cihazı 22
Resim 3.2. Analizlerde kullanılan GC-MS-O Sistemi 22
Resim 3.3. Denemelerde kullanılan kavrulmuş kahve (Coffee arabica) örnekleri .. 23
Resim 3.4. Aroma maddelerinin sıvı-sıvı ekstraksiyonu 26
Resim 3.5. Vigreux düzeneğinde konsantrasyon işlemi 26
Resim 3.6. Mikro konsantrasyon Düzeneği 27
Resim 3.7. Aroma maddelerinin SAFE metodu ile ekstraksiyonu 28
Resim 3.8. Duyusal analizlerde kullanılan kağıt koklama çubukları 29
Resim 3.9. Duyusal analizlerde kullanılan kahverengi cam şişeler 29
Resim 3.10. Analizlerde kullanılan GC-Olfaktometri sistemi 33

SİMGELER VE KISALTMALAR

GC	: Gaz Kromatografisi
MS	: Kütle Spektrometresi
GC-MS-O	: Gaz Kromatografisi- Kütle Spektrometresi-Olfaktometri
GC-O	: Gaz Kromatografisi-Olfaktometri
HPLC	: Yüksek Performans Sıvı Kromatografisi
AESA	: Aroma Ekstrakt Seyreltme Analizi
LRI	: Alıkonma İndisi
KS	: Koku Seyreltme Faktörü
Mpa	: Mega Paskal
SAFE	: Çözgen Yardımıyla Flavor Evaporasyonu

1. GİRİŞ

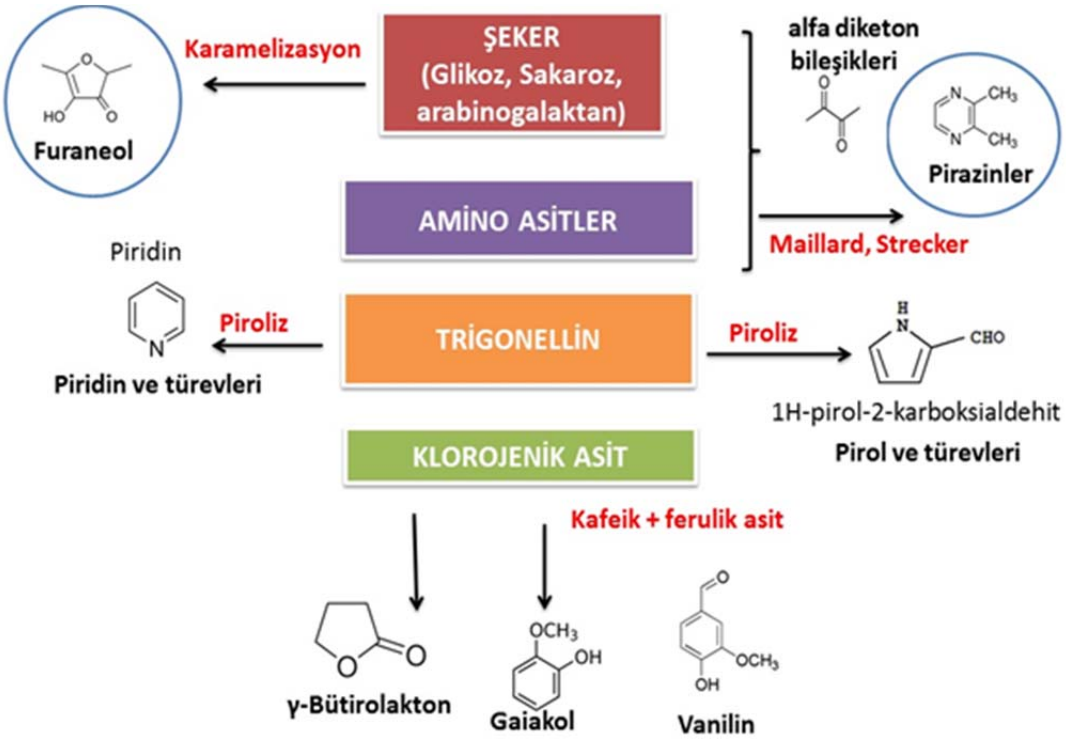
Arap asıllı bir sözcük olan kahve adını, Habeşistan'da, kahve yetiştirilen bölgeye eskiden "Kaffa" denmiş olmasından almaktadır. Zamanla Türkçe'ye dönüşen sözcük, dünyanın her yerinde "kahve"ye yakın bir sözcüktür. Araplar 'quahweh', Fransızlar 'café', İngilizler 'coffee', İtalyanlar 'caffé', Almanlar 'kaffe', Macarlar 'kave' olarak kullanırlar (Murthy, 2012).

Bugün dünyanın en popüler içeceklerinden biri olan kahve, dünyada petrolden sonra en çok işlem gören ikinci ticaret ürünüdür (Cague ve ark. 2009). Günümüzde global kahve tüketimi incelendiğinde, Amerika Birleşik Devletleri'nde ortalama tüketim günde 3.2 fincan iken, bu oran Kanada'da 2.6 fincandır. Dünyanın en büyük kahve üreticisi ve ihracatçısı olan Brezilya'da ise kahve tüketimi son yıllarda hızla artmaktadır (Toci ve Farah, 2008).

Rubiaceae ailesine ait olan kahvenin 90'nın üzerinde farklı türü bulunmaktadır (Davis, 2001). Dünya'da bu türler içerisinde üretim ve tüketim açısından iki tanesi büyük önem taşımaktadır. Bunlar; *Coffea arabica* (Arabica) ve *Coffea canephora var. robusta* (Robusta)'dır. Dünya kahve üretiminin % 64'ü Arabika , % 35'i Robusta ve % 1'i ticari olarak değeri olmayan Liberika gibi türlerden karşılanmaktadır (Rubayiza and Meurens, 2005). Günümüzde sahip olduğu duyusal özellikleri ile Arabica tüketimi oldukça yoğundur ve Robusta'ya göre de daha pahalıdır (Araujo ve Sandi, 2006). Bununla beraber Robusta, Arabika çeşidine göre daha fazla kafein ve klorojenik asit içermektedir (Zambonin ve ark. 2005; Nebesny ve ark. 2007; Alves ve ark. 2009; Esquivel ve Jiménez, 2012; Pacetti ve ark. 2012).

Kahve, aroma maddeleri, fenolik ve antioksidan bileşenler bakımından oldukça zengin bir içecektir. Yeşil kahve çekirdeği ise fenolik ve antioksidan bileşenler açısından zengin olmasına rağmen, aroma açısından oldukça fakirdir (Buffo ve Cardelli-Freire, 2004; Zellner ve ark. 2008; Fisk ve ark. 2012). Bu nedenle yeşil kahve çekirdeklerine farklı sıcaklıklarda ve sürelerde kavurma işlemi uygulanması ile meydana gelen kompleks prolitik reaksiyonlar, istenilen kahve aroması ve tadının eldesi için zorunludur (Oosterveld ve ark. 2003). Kavrulmamış

kahve çekirdekleri aroma oluşumunda görev yapan birçok öncül kimyasal bileşik (proteinler, şeker, klorojenik asit, karbonhidratlar) içermektedir. Fisk ve ark. (2012) ısıl işlem uygulaması ile meydana gelen Maillard reaksiyonu, Strecker parçalanması ve diğer bazı bileşiklerde (kükürtlü ve hidroksi amino asitler, prolin ve hidroksi prolin, trigonelin, quinik asit, karotenoitler gibi renk pigmentleri ve lipitler) görülen parçalanma reaksiyonlarının kahve aromasını oluşturduğunu belirtmişlerdir. Kavurma işleminde uygulanan süre ve sıcaklığa bağlı olarak kahve; az kavrulmuş (light roasted), orta kavrulmuş (medium roasted) ve koyu kavrulmuş (dark roasted) olarak sınıflandırılmaktadır (Buffo ve Cardelli-Freire, 2004; Mondello ve ark. 2005; Zellner ve ark. 2008; Brohan ve ark. 2009).



Şekil 1.1. Kahve Aromasının Oluşum Mekanizması (Poisson ve ark. 2009)

Kahvenin kalitesinin büyük oranda tat ve koku gibi, lezzeti oluşturan faktörlere bağlı olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Çağlarırmak ve Ünal, 1993). Aroma maddeleri gıdalarda, tüketici beğenisi ve tercihinin belirlenmesinde önemli bir yere sahiptir. Çeşitli maddelerden oluşan aroma, gıdaların duyusal özelliklerini belirleyen önemli bir kriterdir. Yeşil kahve çekirdekleri daha basit bir

aroma yapısına sahipken, kavrulmuş kahve daha kompleks bir aroma profilini oluşturmaktadır. Kahve aromasını oluşturan uçucu bileşiklerin pekçoğu, kavrulma sırasında gerçekleşen çeşitli reaksiyonlardan oluşmaktadır (Çağlarırmak ve Ünal, 1993).

Kahvede bugüne kadar farklı kimyasal sınıf ve karakterde 1000'nin üzerinde aroma maddesi belirlenmiştir. Bunun 350 tanesi yeşil kahve, yaklaşık 650 tanesi ise kavrulmuş/öğütülmüş kahve çekirdeklerinde ve pişirilmiş kahvede tespit edilmiştir (Blank ve ark. 1992; Lee ve Shibamoto 2002; Marin ve ark. 2008; Zellner ve ark. 2008; Miyazoto et. al., 2013b). Kahvede bulunan aroma bileşiklerin % 50'sini, furanlar, piranonlar, tiyofenler, pirazinler, piroller, okzazoller, tiyazoller, piridinler, aminler, sülfür bileşiklerinden oluşmaktadır. Aroma bileşiklerinin geriye kalanını ise, ketonlar (% 9,5), fenoller (% 9,2), hidrokarbonlar (%7,8), asitler (% 6,9), esterler (% 5,8), alkoller (% 4,9), aldehitler (% 4,4) ve laktonlar (%1,5) oluşturmaktadır (Hashim ve Chaveron, 1996; Buffo ve Cardelli-Freire, 2004; Mondello ve ark. 2005; Zellner ve ark. 2008; Fisk ve ark. 2012).

Kahvede bulunan uçucu bileşiklerin miktarını hasat sonrasında (fermentasyon ve kurutma) ve üretim prosesi sırasında uygulanan işlemler (kavurma, soğutma ve öğütme) önemli derecede etkilemektedir. Kahve aromasını etkileyen diğer faktörler ise; kahve tür ve çeşidi, coğrafik orijin, yetiştiği toprak/iklim koşulları ve kahve çekirdeklerinin depolama koşullarıdır (Hashim ve Chaveron, 1996; Mondello ve ark. 2005; Zellner ve ark. 2008; Lindinger ve ark. 2009; Sunarharum W.B. ve ark. 2014).

Günümüzde birçok farklı kahve pişirme yöntemi bulunmaktadır. Türk Kahvesi, Türkler tarafından keşfedilen kahve hazırlama ve pişirme metodunun adıdır. Özel bir tadı, köpüğü, kokusu, pişirilişi, ikramı yani kısacası, kendine özgü bir kimliği ve geleneği olan bir içecektir. Türk kahvesini diğer kahve çeşitlerinden ayıran temel özellik, şekerin pişme sırasında ilave edilmesidir. Geleneksel olarak Türkiye'de "Arabika" cinsi (tercihen Brezilya ve Kolombiya çeşitleri) kahve çekirdekleri kullanılmasına rağmen çok yüksek kaliteli olmak koşulu ile farklı çekirdekler de kullanılabilir.

Kavurma derecesi, Türk Kahvesi'nin lezzetindeki en önemli faktörlerden biridir. Türk kahvesinin karakteristik lezzetine erişebilmek ve ince öğütebilmek için,

kavrulmadan sonra çekirdekler nemli kalmalı, sonrasında tamamen kurutulmamalıdır. Tanecik çapları yaklaşk 200 µ civarında öğütülmüş kahvenin aroma bileşikleri pişirme işlemi sırasında suya daha kolay geçmektedir. Kahve çekirdeklerinin kavurma derecesine nasıl varılacağına dair bir sınırlama yoktur, fakat bu işlemde kahvenin nem içeriği, ortam sıcaklığı ve kavurma makinasının özelliği etkili olmaktadır. Kavurmayla ilgili bir diğer önemli nokta ise, kavrulmuş çekirdeklerin çok hızlı bir şekilde soğutulmasıdır. Makinadan sıcak çıkan çekirdekler hemen soğutulmazsa kendi hararetiyle kavrulmaya devam ederler. Bunun önüne geçmek için kavrulmuş çekirdekler makinanın önünde bulunan dairesel bir soğutma tepsisine alınır. Bu kap içinde yine dairesel hareket eden düzenek sayesinde çekirdekler havayla temas ederek soğur. Çekirdekler kavrulma sonrasında en az 12 saat dinlendirildikten sonra öğütülmelidir (Küçükkömürler ve Özgen, 2009; Özgür, 2010).

Önemli bir kalite kriteri olmasına rağmen ülkemize has Türk kahvesinin aroma ve aroma-aktif aktif bileşikleri üzerinde bugüne kadar herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Türk kahvesinde aroma maddeleri ekstraksiyonu, kendisine has karakteristik kokusunun yani aroma-aktif bileşiklerinin ve bu bileşikler üzerine kavurma işleminin etkileri ilk kez bu çalışma ile kapsamlı bir şekilde belirlenmiştir. Bu çalışmada, % 100 Arabika (*Coffea arabica*) kahve çekirdekleri kullanılmış, nem içeriğine bağlı olarak orta (150-155°C'de 18 dk) ve koyu (165-170°C' de 18 dk) kavurma işlemi uygulanmıştır. Kavurma işlemi sonucunda elde edilen iki farklı Türk kahvesinde aroma ve aroma-aktif bileşenlerde meydana gelen değişmeler gaz kromatografisi (GC) ve GC-kütle spektrometresi (GC-MS) yardımı ile belirlenmiş ve bu farklı kavrulmuş kahveleri karakterize eden aroma-aktif bileşikler GC-MS-Olfaktometri kullanılarak saptanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kahve üzerinde yapılan çalışmalar 1800-1956 ve 1956'dan günümüze olarak iki kısımda incelenmektedir. Dmick ve Corse (1956) tarafından gaz kromatografisi (GC) ile gıdalarda aroma bileşiklerinin analizinin yapması, 1957 yılında kahve aroması ile ilgili sanayi araştırmalarının başlamasında önemli bir etken olmuştur. Bu gelişimde etkili olan bir diğer faktör ise Reichstein ve Staudinger (1926) tarafından yapılan araştırmalardır.

2.1. Kahvede Bulunan Aroma Maddeleri Üzerine Yapılan Araştırmalar

Reichstein ve Staudinger (1926) kavrulmuş kahvede bulunan aroma bileşikleri üzerine yaptıkları çalışmada 30 yeni bileşik tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, fenol, gaikol, p-vinilgaikol, maltol, piridin, pirazin, metilpirazin, 2,5-dimetilpirazin, 2,6-dimetilpirazin, furfuril asetat, furfuril alkol, asetik asit, izovalerik asit ve 2-asetilfuran gibi birçok önemli bileşiği kahvede ilk kez tespit etmişlerdir.

Schmalfnuss ve Bartmeyer (1929), karamel ve tereyağımsı koku veren asetilmetilkarbinol (3-hidroksi-2-bütanon) bileşiğini kahve, kakao, bira, tereyağı ve balda tanımlamışlardır.

Prescott (1937a;1937b) eter kullanarak pişmiş kahvede yaptığı aroma ekstraksiyon işleminde asetik asit, fenol, furfural aldehit, furfuril asetat, furfuril alkol ve furfuril format bileşiklerini tespit etmiştir.

Rhoades (1960) kahve uçucu bileşiklerini 170°C ve 200 °C derece kavurma işlemi kullanarak araştırmıştır. Toplamda 18 aroma bileşiği tespit eden araştırmacı, kahvede ilk kez isovalerilaldehit, isobütirilaldehit, bütanal, propanal, 2-bütanon, metilformat ve 2-metilfuran bileşiklerini tanımlamıştır. Bu çalışmada kavurma işleminin sıcaklığının artması ile diasetil / asetil propenil oranının artması arasında bir ilişki olduğunu da ayrıca belirtmiştir.

Viani ve ark. (1965), kavrulmuş kahvede ilk defa 2,3-dimetilpirazin, γ-butirolakton, asetol asetat ve 2,3-hekzanadion bileşiklerini tanımlamışlardır.

Bondarovich ve ark. (1967), kavrulmuş kahvenin aroma bileşikleri üzerine yaptıkları bir çalışmada özellikle pirazinlerin kahve aroması üzerinde önemli bir rol oynadığını vurgulamışlardır. Araştırmacılar, kahvede ilk defa 2,3-dietil-5-metilpirazin, 2,6-dietil-3-metilpirazin, 2-(trans-1-propenil)pirazin, 2-metil-5-(trans-1-propenil)pirazin, 2-metil-6-(trans-1-propenil)pirazin) ve 4 siklopentenon 1-hidroksi-2-bütanon gibi bileşikleri tespit etmişlerdir.

Vitzthum ve Werkhoff (1975) kavrulmuş kahvenin uçucu bileşiklerini cam kapilar kolon kullanarak kütle spektrometrisi yardımıyla araştırmışlardır. Aroma maddelerini bazik ve nötral olarak izole etmişlerdir. Araştırmacılar kavrulmuş ürünlerin temel aroma maddesi olan pirazinlerden, siklik pirazinleri ilk kez kahvede tanımlamışlardır.

Tressl ve ark. (1978a, 1978b, 1979) kavrulmuş Robusta ve Arabika kahvede yaptıkları araştırmada gaikol,4-etilgaikol, fenol, furaneol, etilfuraneol, izomaltol, 5-hidroksimaltol, 5-hidroksi-5,6-dihidromaltol bileşiklerini tespit etmişlerdir.

Kahve aroması üzerine yapılan bir derlemede, kahvenin aroma bileşiklerini kahvenin türü, orjini, kavurma işlemi gibi faktörlerin etkilediği bildirilmiştir. Kahvenin son aromasını uygulanan kavurma işleminin etkilediği, ısıl işleme bağlı olarak yeni bazı bileşiklerin oluştuğu bildirilmektedir. Kahvede aroma maddelerinin oluşumunda Maillard reaksiyonu, Strecker ve farklı bilşeiklerin (lipit, fenolik asit, kükürtlü aminoasitler, pirolin ve hidroksi pirolin) parçalanmasının etkili olduğu bildirilmektedir (Çağlarırmak ve Ünal, 1993).

Aroma maddelerinin iz miktarlarda bulunması, bunların belirlenmesinde güvenilir ve çok duyarlı analiz yöntemlerinin kullanılmasını gerektirir. Aroma maddeleri analizlerinde ilk aşama, aroma maddelerinin üründen uygun bir ekstraksiyon yöntemiyle alınmasıdır. Daha sonra elde edilen çözgen ve aroma maddeleri karışımındaki çözgenin, hassas bir konsantrasyon yöntemiyle, yani aroma maddeleri kayıpları olmadan ekstraktan mümkün olduğunca uzaklaştırılmasıdır. Bu yüzden aroma maddelerinin analizinde özellikle ekstraksiyon yönteminin seçimi en hassas noktadır (Vila ve ark. 1999; Ebeler ve ark. 2000). Bir ekstraksiyon yöntemi seçiminde analizi yapılacak örnekte herhangi bir aroma maddesi kaybının engellenmesi, analiz hassasiyetinin yükseltilmesi, safsızlık maddelerinin

uzaklaştırılması ve analizin kısa sürede tamamlanması amaçlanır (Etievant ve ark. 1994).

Maeztu ve ark. (2001) farklı botanik çeşitlerden elde edilmiş (Arabika, Robusta, ve şeker ilavesiyle özel kavrulan Robusta Torrefakto) 3 farklı espresso kahvenin aroma maddeleri bileşimlerini statik tepe boşluğu-GC-MS yöntemiyle araştırmışlardır. Espresso kahvelerde toplam 77 adet aroma maddesi belirlenmiştir. Araştırmacılar temel bileşen analizleri (PCA) ile Arabika ve Robusta örneklerinin birbirinden kolaylıkla ayrıldığını bildirmişlerdir.

Heterosiklik ve fenolik bileşikler kavurma işlemi sonucunda kahvede oluşan temel bileşiklerdir. Maillard reaksiyonu ile pirazinler, ferülik asitin termal parçalanması ile gaiakol, trigonellin parçalanması ile piridin ve N-metil pirol oluşmaktadırlar. Kahvede karakteristik aromanın oluşumunda heterosiklik ve fenolik bileşikler içerisinde etil-3,5-dimetilpirazin ve 4-vinilgaiakol anahtar rol oynamaktadır. Öte yandan, model ortamda yapılan çalışmada, piridin ve N-metilpirrol'ün gilikoz/sakkaroz ve aminoasit içeren karışımda Maillard reaksiyonu sonucunda da oluştuğu bildirilmiştir (Flament, 2002; Baggenstoss ve ark. 2008).

3-Merkapto-3-metilbutil asetat Arabika çekirdeklerinden elde edilen kahvelerde kavrulmuş güçlü kokuya sahip önemli bir ester bileşiğidir. Bu bileşik kahvede ilk kez aroma ekstrakt seyreltme analiz tekniğiyle belirlenmiş ve kahvede bulunma miktarının kavurma tekniğine göre değiştiği bildirilmiştir (Kenji Kumazawa ve Masuda, 2003).

Kahve'de günümüzde 1000'den fazla aroma maddesi belirlenmiş olup, bunun 300'den fazlasını piroller, okzazoller, furanlar, tiyazoller, tiyofenler, imidazoller ve pirazinleri içeren heterosiklik bileşikler oluşturmaktadır. Bununla beraber önceki çalışmalarda kahvede yalnızca 25-35 kadar bileşik aroma-aktif olarak belirlenmiştir (Mestdagh ve ark. 2014). Bu bileşiklerden bazıları kahveye ve diğer ısıl işlem görmüş gıdalara kızarmış ve kavrulmuş kokular kazandırmaktadır. Model sistemlerde yapılan çalışmalarda, furan, piridin, pirol ve alkilpirazin gibi heterosiklik bileşiklerle, sikloten ve furanon gibi heterosiklik olmayan bileşiklerin kahve aromasının oluşumunda önemli düzeyde etkili olduğu belirtilmiştir (Czerny ve ark.1999a; Buffo ve Cardelli-Freire, 2004).

Perez-Martinez ve ark. (2008) hazırladıkları kahvede (*Coffee arabica*) 4 ve 25 °C'lerde 30 günlük depolamanın uçucu bileşikler üzerine etkilerini tepe boşluğu-GC-MS yardımıyla incelemişlerdir. Arştırmacılar kahvede toplam 47 adet (2 kükürtlü bileşik, 7 aldehit, 3 ester, 15 furan, 5 keton, 1 alkol, 2 thiofen, 4 pirol, 1 piridin, 5 pirazin, 1 alken ve 1 asit) aroma maddesi belirlemiştir. Depolama süresince hazırlanan kahve örneğinde yeni bir bileşik belirlenmemiş ve 4 °C'deki depolama da değişimin daha yavaş olduğu gözlenmiştir. Depolamanın kahvede aroma yoğunluğunun ve tazelik hissinin kaybolmasına neden olduğu, aynı zaman da 25°C'deki depolamanın istenmeyen ransit aromanın oluşumunu etkilediği bildirilmiştir. Yapılan araştırma sonucunda, depolamanın kahvenin yaşı ve duyusal kalitesinin belirlenmesinde önemli bir parametre olduğunu belirtmişlerdir.

Kavrulmuş kahvenin saklanması sırasında meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimler kahvenin raf ömrünü olumsuz etkilemektedir. Kavrulmuş kahve aromasındaki bozulma uçucu bileşiklerin kaybolması ve lipitlerin oksidasyon reaksiyonları sonucu oluşmaktadır. Azot gazı altında modifiye atmosferde depolanan kahvenin normal koşullarda depolanan örneklere oranla daha uzun süreli raf ömrü olmaktadır. Azot gazı depolamada özellikle lipitlerin oksidasyonunu engelleyerek aroma kaybını azaltmaktadır. Bu nedenle kahvenin kendine has hoşa giden aromasının uzun süre muhafazası için ambalaj materyali ve ortam koşulları büyük önem taşımaktadır. Kahvede metilfuran/2-bütanon ve metantiol/hekzanal bileşiklerin oranı kahve kalitesinin belirlenmesi için iyi bir indikatördür (Marin ve ark. 2008).

Yeşil kahve, kavrulmuş kahve aroması ve rengine sahip değildir. Bu yüzden kahvede kavurma işlemi, kavrulmuş kahve aromasının oluşumunda temel etkiye sahiptir. Kavurma işleminin şiddetine göre kahvede oluşacak aroma maddeleri de değişmektedir. Furfural türevleri ve furanonların miktarı düşük kavurma koşullarında artarken, piridin ve pirollerin oluşumu yüksek sıcaklıkta gerçekleşen kavurma koşullarında artmaktadır. Öte yandan, klorojenik asit parçalanması sonucu oluşan lakton ve fenollerin miktarı, yüksek sıcaklıkta gerçekleşen kavurma işlemi ile artmaktadır (Moon ve Shibamoto, 2009; Petisca ve ark. 2013).

Bröhan ve ark. (2009) kahvenin saklama koşullarının (sıcaklık, süre vb.) aroma maddeleri üzerine etkisini statik tepeboşluğu GC-MS kullanarak

araştırmışlardır. Bu çalışmada, kahvede bulunan aroma bileşiklerinden methional miktarında farklı saklama sıcaklarına bağlı olarak azalma gözlenmiştir. 2-Asetilfuran ve 2-Etilpirazin miktarları ambalajlanmış kahvede saklanan öneklerde plastik ambalajda saklanan örneklere göre daha az değişim göstermiştir. 3-Metilbutanoik asit miktarı ise süre ve saklama koşullarına bağlı olarak değişmemiştir.

Aroma maddeleri kahvenin duyusal özelliklerini etkileyen en önemli bileşiklerdir. Kahve aroması, kavurma işlemi sırasında gelişir ve bu bileşiklerin bileşimi çeşit, ham çekirdeklerin orjini, kavurma işleminin sıcaklığı ve süresinden etkilenir. Bu yüzden kavurma işlemi kahvede aroma açısından çok önemli bir kriterdir. Bu işlem sırasında sonucundan kahvenin kabuk rengi değişir, çekirdek ağırlık kaybeder ve çekirdekte gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar sonucunda da duyusal özellikler gelişir. Kahvede kavurma işleminin kontrolü serbest amino asit, alkil pirazin ve klorojenik asit miktarına, ayrıca klorojenik asit/kafein oranına bakılarak dolaylı bir şekilde yapılabilir. Diğer bir kontrol yöntemi ise, kavurma işlemi sonucunda çıkan buharın dondurularak yakalanması ve içerdiği 2-furfuril alkol and hidroksi-2-propanon miktarının doğrudan lazer-kütle spektrometresi yardımıyla belirlenmesidir (Franca ve ark. 2009; Ruosi ve ark. 2012).

Kahve sahip olduğu orta ve uzun zincirli polisakkaritler, melanoidinler, uçucu aroma bileşikleri ve lipit benzeri bileşikler nedeniyle sağlık açısından pozitif etkilere sahip bir içecektir (Esquivel ve Jiménez, 2012; Chang ve Co, 2014). Yeşil kahve hem sağlık hem de aroma açısından önemli olan klorojenik asitin temel bir kaynağıdır olup. Kahvenin kavrulması sırasında klorojenik asitin parçalanması sonucu aroma açısından etkili bir aroma maddeleri oluşmaktadır (Jaiswal ve Kuhnert, 2010; Ali ve ark. 2012).

Petisca ve ark. (2013) katı faz mikro ekstraksiyon tekniği kullanarak öğütülmüş kahve çekirdekleri ve espresso kahvede sırasıyla, 113 ve 105 aroma bileşiği tespit etmişlerdir. Araştırmacılar espresso kahvede pirol ve furan bileşiklerinin, öğütülmüş kahvede çekirdeklerinde ise pirazin ve keton bileşiklerinin yoğun olduğunu tespit etmişlerdir. Uygulanan yavaş kavurma işleminin piridin bileşiklerinin, orta ve hızlı kavurma işlemlerinin de furan ve keton bileşiklerinin

miktarını arttırdığını bildirmişlerdir. Espresso kahvede öğütülmüş kahveye göre, 2-metilfuran, 2-furfural, furfuril format, furfuril asetat ve 5-metilfurfural miktarı hızla artarken, furfuril alkol miktarı azalmaktadır.

2.2. Kahvede Bulunan Aroma Aktif Maddeleri Üzerine Yapılan Araştırmalar

GC-MS-Olfaktometri (GC-O) analizi insan burnunun duyarlılığı ve seçiciliğiyle gaz kromatografisinin ayırma gücünün birleştiği hassas bir tekniktir. Bu teknik süt, peynir, et, meyve, sebze, meyve suyu, kahve ve şarap gibi bir çok gıda ürünündeki uçucu aroma bileşenleri içerisinde aroma-aktif olanları belirlemede yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Güneşer ve Karagül Yüceer, 2010; Acree ve ark. 1984). Aroma-aktif bileşiklerinin belirlenmesi aroma çalışmalarında çok önemli bir konudur. 1984'ten bu yana Acree ve ark. (1984) "charm analizi" denilen bir teknikle aroma-aktif bileşiklerin belirlenmesine olanak sağlamışlardır. Bu teknik, koku aktivite değeri (odor activity value) yüksek olan bileşiklerin belirlenmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Diğer bir yöntem ise aroma ekstrakt seyreltme analizi (AESA; aroma extract dilution analysis) denilen bir tekniktir. Bu teknik koku seyreltme faktörü (KS) faktörü ile ifade edilir. Yöntem, aromatik ekstrakt aşama aşama seyreltilerek gaz kromatografisi-olfaktometri analizinde koku hissedilmeyinceye kadar koklanarak uygulanır. KS değeri en yüksek aroma bileşiği o gıdada en güçlü aroma-aktif bileşik olarak ifade edilir (Grosch ve ark. 2001).

Gaz kromatografisi-olfaktometri tekniği temel olarak 3 farklı yöntemle gerçekleştirilir. Bunlar;

1. Aroma maddesinin algılanma konsantrasyonunun belirlenmesi (AESA ve CHARM teknikleri).
2. Aroma maddesinin belirlenme sıklığının saptanması ve
3. Yoğunluğun ifade edilmesidir.

Bu yöntemler içerisinde algılama konsantrasyonu yöntemlerinden biri olan aroma ekstrakt seyreltme analiz tekniği (AESA) olfaktometrik analizlerde en sık

kullanılan yöntemdir. Uygulanması basit olan bu yöntemin en büyük avantajı olfaktometrik analizlere katılan panelist sayısının diğer yöntemlere göre daha düşük olmasıdır (Ferreira ve ark. 2002).

Becker ve ark. (1988) GC-O tekniğiyle Orta Afrika menşeli kahvede istenmeyen koku bileşikleri (off flavor) üzerine yaptıkları bir araştırmada "peasy note" ve "kırmızı biber" kokusu veren iki adet bileşik tespit etmişlerdir. Araştırmacılar bu kokulardan sırasıyla, 3-metoksi-2-izopropilpirazin ve 3-metoksi-2-izobütilpirazin bleşiklerinin sorumlu olduğunu bulmuşlardır.

Geun-Lee ve Shibamoto (2002), Hawai'de elde edilen yeşil kahve (Coffee arabica L.) çekirdeğinin aroma maddeleri bileşimlerini gaz kromatografisi ve kütle spektrometresi ile araştırmışlardır. Yeşil kahve örneğinde 10 adet alkol bileşiği, 4 adet aldehit, 1 adet keton, 1 adet lakton, 3 adet heterosiklik bileşik, 2 adet hidrokarbon bileşiği saptamışlardır. Araştırmacılar temel bileşiklerin 3-metil bütanoik asit (%32.8), fenil etil alkol (%17.3), hekzanol (%7.2), 4-hidroksi-3-metilastofenon (%3.7) ve 3-metil bütanol (%3.6) olduğunu bildirmişlerdir. Yeşil kahve çekirdeğinde, kahvenin karakteristik aromasından sorumlu heterosiklik bileşiklerden 2-metoksi-3-(2-metilpropil)-pirazin dışında diğer bir bileşik belirlenmemiştir.

Blank ve ark.(1991;1992) pişirilmiş Arabika ve Robusta kahvesinin aroma-aktif bileşiklerini olfaktometrik analizinde Aroma Ekstrakt Seyreltme Analizini (AESA: Aroma Extract Dilution Analysis) kullanmıştır. Araştırmacılar toplam 38 adet bileşiği KS>16 değeri ile 2,3-bütanedion, 2,3-pentanedion, 2,3,5-trimetilpirazin, 3-izobütil-2-metoksipirazin, gaiakol ve vanilin gibi toplam 38 adet bileşiği aroma-aktif olarak tespit etmişlerdir.

Semmelroch ve Grosch (1995b) Kolombiya cinsi Arabika ve Endonezya cinsi Robusta kahve örneklerini orta sıcaklıkta kavurmuştur. Araştırmacılar hem öğütülmüş kahve çekirdeklerinde hem de pişirilmiş kahvede Aroma Ekstrakt Seyreltme Analizi (AESA: Aroma Extract Dilution Analysis) yöntemiyle toplam 30 adet bileşiği aroma-aktif olarak tespit etmişlerdir. Bu bleşiklerden 2,3-bütanedion, 2,3-pentanedion, 3-metil-2-bütentiol, metiyonal, 2-furfuriltiol ve 3-merkapto-3-

metilbütilformat hem öğütülmüş kahve çekirdeklerinde hem de pişirilmiş kahvede aroma açısından önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Semmelroch ve Grosch (1996) pişirilmiş Arabika (Kolombiya) ve Robusta (Endonezya) kahve örneklerinde Aroma Ekstrakt Seyreltme Analizi (AESA: Aroma Extract Dilution Analysis) yöntemiyle toplam 17 adet bileşiği aroma-aktif olarak bildirmişlerdir. Bu bileşikler içerisinde, 2,3-bütanedion, 2,3-pentanedion, 3-metil-2-bütentiol, metiyonal, 3-izobütil-2-metoksipirazin ve 2-furfuriltiol yer almaktadır.

Grosch (1998) kavrulmuş Arabika kahvede toplam 35 adet bileşiği aroma-aktif olarak belirlemiştir. Tespit edilen en önemli aroma-aktif bileşikler içerisinde, 2-/3-metilbütanoik asit, 2-etil-3,5-dimetilpirazin, 2,3,5-trimetilpirazin, trimetiltiyazol, linalol, 2-etil-3,5-dimetilpirazin, 2-hidroksi-3,4-dimetil-2-siklopenten-1-on,4-etilgaiakol, 4-vinilgaiakol ve vanilin yer almaktadır.

Mayer ve ark. (1999) üç farklı ülkeye ait (Etiyopya, Tanzanya ve Gutemala) Arabika kahve örneklerinin her birini probat kavurma makinesi ile üç farklı sıcaklıkta (açık, orta ve koyu) kavurmuşlardır. Araştırmacılar katı faz mikroekstraksiyon yöntemi ve CHARM analizi tekniğiyle 2,3-bütanedion, 2,3-pentanedion, gaiakol 2-etil-3,5-dimetilpirazin ve 3-izobütil-2-metoksipirazin, gibi bileşikleri aroma-aktif olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada Etiyopya kahve örneğinde 4-(4'-hidroksifenil)-2-bütanon bileşiğinin tatlı ve meyvemsi bir tat verdiği bildirmişlerdir.

Sanz ve ark. (2002) filtre kahve ve instant kahve içeceğinde toplam 40 adet bileşiği KS >32 değeri ile aroma-aktif olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada en yüksek KS değerleri KS>4906 ile (E)-β-damascenone (haşlanmış elma), gaiakol (fenolik, yanık), 4-vinilgaiakol (karanfil), 5-etil-3-hidroksi-4-metil-2(5H)-furanon (baharatımsı) bileşiklerine aittir. Bunlara ilaveten 2-/3-metilbütanoik asit ve 2-etil-3,5-dimetilpirazin gibi bileşikler de tespit edilmiştir.

Önceki çalışmalarda Arabika cinsi kavrulmuş kahve için 2,3,5-trimetilpirazin bileşiği, etipirazin, 2,3-dimetilpirazin, 2,5-dimetilpirazin, 2,6-dimetilpirazin, 2-Etil-3,5-dimetilpirazin, gaiakol ve vanilin aroma-aktif pirazin bileşikleri arasında tespit edilmiştir (Schenker ve ark. 2002)

Furfural bileşiği kahveye kavrulmuş ve ekmek kokusu vermektedir. Bu bileşik yeşil kahvede (Galilea ve ark. 2006), kavrulmuş kahvede (Mestdagh ve ark. 2014) ve kavrulmuş fıstıkta (Rong ve ark. 2010; Schirack ve ark. 2006) aroma aktif olarak tespit edilmiştir.

Galilea ve ark. (2006) filte ve espresso kahvede tepe boşluğu katı mikrofaz ekstraksiyon yöntemi kullanarak yaptıkları çalışmada ilk defa oktanal bileşiğini (portakalımsı) aroma-aktif olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar 34 adet aroma-aktif bileşiği içerisinde 2,3-bütanedion (tereyağımsı, karamel), 2,3-pentanedion (tereyağımsı, meyvemsi), 1-oktan-3-on (mantarımsı), dihidro-2-metil-3(2H)-furanon (tatsız, küflü), 2-asetilfuran (kavrulmuş, tütünsü), pirazin (yeşil bezelye, yeşilimsi), 2-furfuril propionat (meyvemsi, çiçeksi) ve 2-etil-3,5-dimetilpirazin (kavrulmuş, fıstıksı) gibi bileşikleri bulmuşlardır.

Akiyama ve ark. (2007) Etiyopya cinsi orta kavrulmuş (L değeri 23) Arabika çekirdeklerinden hazırlanan kahve örneklerinin ekstraktlarını tepe boşluğu katı mikrofaz ekstraksiyon ve sıvı-sıvı ektraksiyon yöntemlerini kullanarak elde etmişlerdir. Araştırmacılar CHARM analiz tekniğiyle, 2-Hidroksi-3-metil-2-siklopenten-1-on ve 6,7-Dihidro-5-methyl-5H-siklopentapirazin'i aroma aktif olarak tespit etmişlerdir. Bu bileşiğin kokusu fındıksı ve kavrulmuş olarak tanımlanmıştır.

Rios ve ark. (2007) Meksika cinsi yeşil Arabika kahve çekirdeklerini tepe boşluğu katı mikrofaz ekstraksiyon ve sıvı-sıvı ektraksiyon yöntemlerini kullanarak ekstrakte ederek 64 aroma bileşiği elde etmişlerdir. Çalışmada yeşil kahve çekirdeklerinde dimetildülfit (kabağımsı, sebzemsi), etil asetat (meyvemsi), etil izovalerat (meyvemsi), hekzanal (yeşil, meyvemsi), 3-hidroksi-2-bütanon (tereyağımsı), asetik asit (ekşi), 1-okten-3-ol (toprağımsı), benzldehit (acı badem), 5-metil furfural (karamel), γ-Bütirolakton (meyvemsi), furfuril alkol (yanık), izovalerik asit (hoş olmayan), 2-fenil etanol (çiçeksi), gaiakol (yanık), maltol (reçel), 4-vinil-gaiakol (karanfil) bileşiklerinin etkili aroma oluşumunda etkili olduğu belirtilmiştir.

Thong Chin ve ark. (2011) pişirilmiş kahvede yaptıkları çalışmada, 1-metil-1H-pirol-2-karboksilaldehit, furfural, pirol, benzaldehit, 5-metil-6,7-dihidro-(5H)-siklopentapirazin, 2-asetil-5-metilfuran, furfuril alkol, pirazin, cis-linalol oksit, 1-

hidroksi-2-propanon, 2,3-dimetilpirazin, asetik asit, metil-2-furoate ve 3-Metilbütanoik asit bileşiklerini aroma aktif olarak tespit etmişlerdir.

Majcher ve ark. (2013) tahıl kahvesini (% 25 hindiba, % 10 şeker pancarı, % 40 arpa, %25 çavdar) SAFE metodu kullanarak ekstrakte etmiştir. Aroma Ekstrakt Seyreltme Analizi (AESA: Aroma Extract Dilution Analysis) yöntemiyle toplam 17 adet bileşiğin KS değeri 12,5-2000 arasında bulunmuştur. Bunlar arasında tahıl kahvesine biber kokusu veren 3-izobütil-2-metoksipirazin ve 3-sekbütil-2-metoksipirazin gibi önemli pirazin bileşikleri aroma-aktif olarak bulunmuştur. Tespit edilen aroma-aktif bileşikleri arasında en yüksek KS değerine, 2-furfuriltiyol (kahvemsi, KS=4096), 3-metiltiyoproponal (haşlanmış patates, KS=2048), 2-tentiyol (kahve, KS=2048), 2,3-bütanedion (tereyağımsı, KS=2048), fenilasetaldehit (bal, KS=1024), 2-etil-3,5-dimetilpirazin (kavrulmuş, KS=2014), 3-İzobütil-2-metoksipirazin (biber, KS=216), 3-sekbütil-2-metoksipirazin (biber, KS=512) ve 2-metoksi fenol (KS=1024) bileşikleri sahiptir.

Miyazoto ve ark. (2013a) Likens-Nickerson eşzamanlı buharlı distilasyon-ekstraksiyon yöntemini kullanarak Brezilya cinsi Arabika kahveye tatlı bir koku veren (E)-4-metil-3-hekzanoik asit bileşiğini ilk defa tespit etmişlerdir. Bu bileşiğin oluşumunda α- dikarbonil bileşiklerin (2,3-Bütandion ve 2,3- Pentandion) ve α-hidroksi ketonların (1-hidroksi-2-propanon ve 3-hidroksi-2-bütanon) etkili olduğunu vurgulamışlardır.

Miyazoto ve ark. (2013b) kavrulmuş Arabika kahvede cis-2,6-dimetil-1,4-siklohekzanedion bileşiğini ilk defa aroma-aktif olarak tespit etmişlerdir. Bu bileşiğinin oluşumunda 2-hidroksi-3-pentanon ve 1-hidroksi-2-pronaon bileşiklerinin cis-2,6-dimetil-1,4-siklohekzanedion oluşumunda önemli olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar 5H-(5-metil)-6,7-dihidro siklopentapirazin, maltol, gaiakol, 4-hidroksi-2,5-dimetil-3(2H)-furanon (furaneol) ve 2-izobütil-3-metoksipirazin başta olmak üzere toplam 34 adet bileşiği aroma-aktif olarak tespit etmişlerdir.

Mestdagh ve ark. (2014) kahvede bulunan aroma bileşiklerinin kinetiği üzerine yaptıkları çalışmada, kahvede yüksek polariteye sahip olan 2,3-bütanedion bileşiğinin daha düşük polariteye sahip olan β-damascenon bileşiğine göre kahveden hızlı biçimde ayrıldığını tespit etmiştir. Araştırmacılar, kahve aroması üzerine etkili

olan 2-asetilpirazin (patlamış mısır), 2,3-pentandion (yağımsı), furfural (ekmeğimsi), piridin (balığımsı), 2-metilbütenal (malt, kakao), gaiakol (fenolik, yanık), 4-etilgaiakol (baharatımsı), 4-vinilgaiakol (dumansı), N-metilpirol (kavrulmuş) ve fenilasetilldehit (çiçeksi) gibi bileşikleri tespit etmiştir.

Wagenstaller ve ark. (2014) SAFE metodu ile yaptığı eksraksiyonda kahve içeceğinde toplam 35 adet aroma-aktif bileşik tespit etmişlerdir. Bunlar arasında diasetil (yağımsı), dimetil trisülfit (lahana), 2-furfuriltiol (kahvemsi), trimetilpirazin (topraksı), gaiakol (yanık), 3-izobütil-2-metoksipirazin (bezelye), eugenol (karanfil), 4-etilgaiakol (yanık), 4-vinilgaiakol (yanık, karanfil), 2-/3-metilbütanoik asit, (peynirimsi), sotolon (lezzetli, taze) ve vanilin (vanilyamsı) yer almaktadır.

2.3. Kahvenin Antioksidan ve Fenol Bileşikleri Kapasitesi Üzerine Yapılan Araştırmalar

Organoleptik özelliklerinden dolayı kahve dünyada sevilerek ve artan miktarlarda tüketilen bir içecektir. Avrupa'da 17. yüzyılda tanışmasından bu yana sağlıkla olumlu ve olumsuz ilişkisi merak konusu olmuştur. Kahvenin sağlık açısından sahip olduğu pozitif özelliklerin başında antioksidan potansiyeli gelmektedir. Kahvenin antioksidan kapasitesi oldukça karmaşık olup, bu potansiyelin oluşmasında fenolik asitler, kafein, tokoferoller, melanoidinler, fenilindanlar, kaffeoyl-triptofan ve kavrulma işlemi sırasında oluşan diğer bazı biyoaktif bileşikler rol oynamaktadır. Bu bileşiklerin birçoğu insan vücudunda plazma antioksidan seviyesini yükseltmektedir (Nicoli ve ark. 1997; Alves ve ark. 2010).

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

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

oksidasyonu önleyen antioksidanlar için genel olarak kabul edilmiş bir metottur (Floegel ve ark. 2011). Benzer metotlara göre, DPPH serbest kök bağlama metodu, antioksidan aktivitelerinin nisbi olarak kısa zamanda belirlenmesini sağlamaktadır. Antioksidanların DPPH serbest kökünü bağlama etkilerinin, bunların hidrojen (H) iyonu verme yeteneklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. DPPH serbest kök bağlama metodunda, örneklerin H iyonu verme kapasiteleri, stabil bir serbest kök DPPH kullnılarak araştırılmaktadır. H iyonu verme yatkınlığı olan bileşiğin varlığında DPPH kökü indirgenir ve stabil serbest form oluşur. Bu şekilde antioksidan kapasitesi belirlenmiştir.

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

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

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

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

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

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

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

Rufian Henares ve Morales (2007), melanodoin bileşiklerinin kahve, kakao, ekmek, malt, et ve bal gibi birçok farklı gıdada bulunabildiğini dolayısıyla günlük diyetimizin önemli bir parçası olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar melanodoinlerin gıdanın rengini ve raf ömrünü etkilemesi dışında antioksidan etkiye sahip olduğunu da açıklamışlardır. Bununla birlikte melanodoin bileşiklerinin antioksidan etki mekanizması tam olarak tespit edilmememiştir.

Fuster ve ark. (2000), kahvede bulunan bulunan tiyazol, furan, pirol ve tiyofen gibi heterosiklik bileşiklerin antioksidan etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan araştırmada 2-metilfuran hekzanal oksidasyonunun %90, 2-

metiltiyofen %100 ve 4,5-dimetiltiyazol %50 oranında azaltmaktadır. Kahvede bulunan heterosiklik bileşiklerin sentetik antioksidan BHT kadar etkili olmadığı saptanmıştır.

Santini ve ark. (2011) farklı ülkelere ait kahve içeceklerinin antioksidan ve kafein içeriklerini araştırdıkları çalışmada, Türk kahvesinin güçlü antioksidan kapasite ve düşük kafein oranına sahip olduğunu, bununla beraber Neapolitan kahvenin Türk kahvesiyle benzerlik gösterdiğini ve Amerikan kahvesinin düşük antioksidan kapasiteye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Öte yandan, Espresso ve Moka kahvelerinin ise orta düzeyde antioksidan kapasite ve yüksek oranda kafein içeriğine sahip olduğu bu araştırmada bildirilmiştir.

Hečimović ve ark. (2011) ABTS yöntemi ile Arabika ve Robusta kahve örneklerinde yaptıkları çalışmada antioksidan kapasitesinin yeşil kahve çekirdeklerinden açık kavrulmuş kahve çekirdeklerne doğru arttığını, orta kavrulmuş çekirdeklerinden koyu kavrulmuş kahve çekirdeklerine doğru ise azaldığını belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada orta kavrulmuş kahvede antioksidan kapasitesini 15.64 mmol/L trolox olarak bulunmuştur. Araştırmacılar kahvede bulunan klorojenik asit ve izomer alt grupları antioxidant etki açısından oldukça önemli olduğunu vurgulamışlardır.

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

Daha önce Jeong ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada, Arabika cinsi yeşil kahve çekirdekleri orta (230 ºC, 10 dak.), city (230 ºC, 12 dak) and french (230 ºC, 15 dak.) olmak üzere 3 farklı şekilde kavrulmuştur. Araştırmacılar toplam fenol bileşikleri miktarını mg GAE/g cinsinden yeşil kahvede 8.81±0.05, orta kavrulmuş kahvede 9.77±0.03, city kavrulmuş kahvede 9.92±0.04 ve french kavrulmuş kahvede 7.76±0.01 olarak tespit edilmiştir.

Günümüzde sosyal ve kültürel alışkanlıklara bağlı olarak filtre, espresso, moka, Türk kahvesi ve neapolitan kahve gibi birçok farklı kahve hazırlama metodu bulunmaktadır. Genovese ve ark. (2014) Neapolitan kahve ile moka ve Amerikan kahvesinin antoksidan kapasitesini ve kimyasal farklılıklarını karşılaştırmışlardır. Moka kahve hazırlama metodu ile elde edilen örneklerden farklı olarak daha fazla gaiakol miktarına sahip olduğu bildirilmiştir. Hekzanal ve β-damaskenon bileşikleri yalnızca Neapolitan kahvede tespit edilmiştir. Espresso ve Moka kahve örneklerinin ise en yüksek antioksidan kapasitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, toplam fenol bileşikleri ve kafein miktarı açısından en yüksek değer espresso kahve örneklerinde bulunmuştur.

Son yıllarda kahvenin alzheimer, parkinson gibi nörodejeneratif hastalıklar konuusunda olumlu etki gösterdiğine dair birçok bulgu bulunmaktadır. Chang ve Ho (2014) kafeinli ve kafeinsiz kahvenin antioksidan etkisinin hangi bileşiklerden kaynakladığını incelemişlerdir. Araştırma bulgularına göre, kahvede bulunan. pikolinat'ın diyetle alınan çinko emilimini arrtırmaktadır. Benzer şekilde araştırmacılar, kahvede bulunan fumarat ve L-ramnoz'un yüksek antioksidan etki gösterdiğini dolayısıyla kafeinli kahve tüketiminin Alzheimer hastalığının oluşumunun engellenmesinde önemli olabileceğini tespit etmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Hammadde

Ülkemizde Türk kahvesi yapımında sahip olduğu eşsiz aromadan dolayı Arabika kahve çekirdekleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada da, Türk kahvesi üretiminde % 100 Brezilya menşeli Arabika *(Coffee arabica)* kahve çekirdekleri kullanılmıştır. 2014 yılına ait orta ve koyu kavrulmuş kahve çekirdekleri temini İstanbul'da bulunan özel bir firma tarafından sağlanmıştır. Denemelerde ortalama her bir örnekten 3 kg kullanılmıştır. Örnekler aroma kaybının engelenmesi amacıyla 200g'lık vakum paketler içerisinde muhafaza edilmiştir.

3.1.2. Araç ve Gereçler

Brezilya menşeli yeşil Arabika (*Coffee arabica*) kahve çekirdekleri, İstanbul'da bulunan özel işletmede iki farklı şekilde (orta ve koyu) kavrulmuş, 6 adet 0.5 kg'lık vakumlu ambalajlar içerisinde Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümüne getirilmiştir.

pH ölçümünde Alman malı "WTW Inolab" marka pH-metre kullanılmıştır.

Spektrofotometrik ölçümlerde "Schimadzu UV-1201 (Japan)" marka spektrofotometreden yararlanılmıştır.

Kahvelerin renk ölçümlerinde Hunter Lab Color Quest (USA) marka renk ölçer kullanılmıştır.

Aroma maddelerinin analizinde HP 6890N GC ve HP 5975B marka kütle spektroskopisi kullanılmıştır. Aroma-aktif maddelerinin analizinde ise Agilent 6890N marka GC-Olfaktometri cihazı kullanılmıştır.



Resim 3. 1. Analizlerde kullanılan spektrofotometre cihazı



Resim 3. 2. Analizlerde kullanılan GC-MS-O Sistemi

3.2. Yöntem

3.2.1. Kahve Örneklerinin Kavrulması ve Türk Kahvesi Yapımı

Kahvenin kavurma sıcaklığı ve süresi, kahve çekirdeğinin kavrulmadan önce sahip olduğu neme, ortam hava sıcaklığına, kavurma makinesinin özelliklerine göre değişmektedir. Bu çalışmada, kahve çekirdeğine kavurma işleminde uygulanacak sıcaklıklar orta kavrulmuş kahve için 150-155°C' de 18 dak. ve koyu kavrulmuş kahve için 165-170°C' de 18 dakikadır. Kavurma işleminde 50 kg kapasiteli Alman

malı PROBAT-Werke marka kavurma makinası kullanılmıştır. Türk kahvesi üretimi geleneksel yöntemle yani cezve yardımıyla ocak üzerinde düşük ateşte yapılmıştır. Bu amaçla analizler için kahve örneği hazırlanmasında, yaklaşık 5 g kahve örneği 75 ml su ile cezve içerisine alınmış ve içerisinde köpük oluşuncaya kadar karıştırılarak ısıtılmıştır. Daha sonra ağzı parafilimle soğutularak kapatılan kahvede aşağıdaki analizler gerçekleştirilmiştir.



Orta Kavrulmuş (Medium) 150-155°C	Koyu Kavrulmuş (Dark) 165-170°C

Resim 3.3. Denemelerde kullanılan kavrulmuş kahve (*Coffee arabica*) örnekleri

3.2.2. Türk Kahvesinde Yapılan Genel Analizler

Pişirilmiş Türk kahvesinde pH (Duarte ve ark. 2005; Mwithiga ve ark. 2007), ,toplam fenol bileşikleri (Gündüç ve El, 2003) ve renk analizleri yapılmıştır (Baggenstoss ve ark. 2007).

3.2.2.1. pH tayini

Kahvenin pH'sı doğrudan cam elektrotlu pH-metre (ORION 3-Star, USA) kullanılarak ölçülmüştür (Clarke ve Macrea, 1988; Duarte ve ark. 2005; Mwithiga ve ark. 2007).

3.2.2.2. Toplam fenol bileşikleri analizi

Kahve örneklerinin toplam fenolik maddelerin tayininde Gündüç ve El (2003) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemde fenol bileşikleri Folin-Ciocalteau reaktifi ile belirlenmiştir. Analiz için test tüpüne 300 µl kahve örneği alınmış ve üzerine normalitesi 0.25 N olan 1 ml Folin-Ciocalteau reaktifi eklenerek 30 saniye süre ile vortekste karıştırılmıştır. Reaksiyonun başlamasından 3 dakika sonra normalitesi 1 N olan 1 ml sodyun karbonat eklenmiştir. Yaklaşık 7 dakika bekledikten sonra küvete alınan her bir örnek üzerine 7 ml saf su eklenmiştir. Ölçüm öncesinde örnekler 2 saat karanlıkta bekletilmiştir. Örnekler 1/50 oranında sulandırılmış ve spektrofotometrede 765 nm dalga boyundaki optik yoğunluğu saptanmıştır. Türk kahvesinde toplam fenolik madde miktarı "mg GAE/L" cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.2.3. Antioksidan kapasitenin belirlenmesi

Kahve örneklerinin antioksidan aktiviteleri DPPH ve ABTS olmak üzere iki farklı yöntemle belirlenmiştir. Serbest radikalleri önleme yeteneğini ölçebilen DPPH (2,2, difenil 1-pikril hidrazil) kullanılarak ve metanol içerisinde gerçekleşen reaksiyonun zamana karşı değişiminin 734 nm'de UV-Vis (Schimadzu- UV1201-Kyoto-Japan) spektrofotometredeki ölçüm sonuçlarına göre yapılmıştır (Cheong ve ark.2013). ABTS yöntemi Ludwig ve ark. (2012)'nın metoduna göre yapılmıştır. Bu yöntem için 7 mM ABTS (2,2'-Azino-bis 3-ethilbenzothiazolin-6-sülfonik asit) 2.45 mM potasyumbisülfat ile karıştırılarak karanlık ortamda 12-16 saat bekletilmiş ve sonrasında bu solüsyon sodium asetat (pH 4.5) tamponu ile spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda 0.700 ±0.01 absorbans olacak şekilde sadeleştirilmiştir. Daha sonraki aşamada 50 µL kahve örneği ve saf su ile (5:1000'den 15:1000'e) seyreltilmiş ekstraktan hazırlanan 2.0 mL tampon çözelti ile karıştırılmış ve absorbans 18 dakika sonra spektrafotometrede 734 nm dalga boyunda ölçülmüştür (Ludwig ve ark. 2012). Elde edilen absorbans değerleri Trolox (10–100 µmol/L)

standart eğim çizelgesi ile hesaplanarak sonuçlar mmol/L trolox cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.3.4. Kahve örneklerinin renk analizleri

Renk ölçümlerinde Hunter Lab Scan (Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston, VA, USA) cihazı kullanılarak L*, a*, b* değerleri kaydedilmiştir. 'L*' değeri parlaklığı (beyazlık veya açıklık koyuluk); '+a*' değeri kırmızı; '-a*' değeri yeşil; '+b*' değeri sarı ve '–b*' değeri mavi renkleri temsil etmektedir (Duarte ve ark. 2005; Rendon ve ark. 2014).

3.2.3. Kahvede Aroma Maddeleri Analizleri ve Tanımlanması

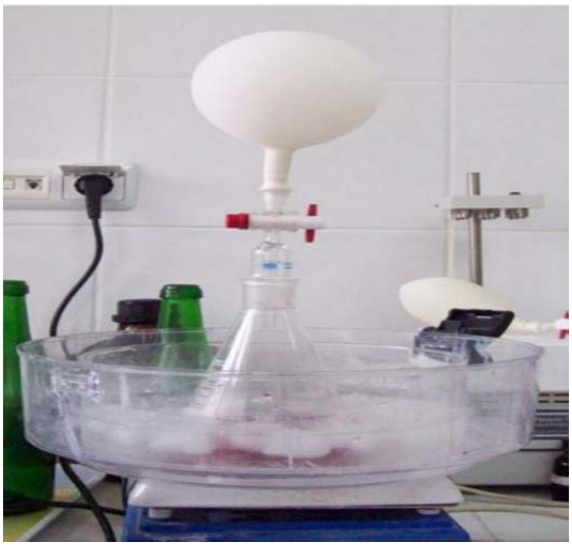
3.2.3.1 Kahvede aroma maddelerinin ekstraksiyonu

Kahve örneklerinden aroma maddeleri analizlerinde başlangıçta 2 farklı ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Bunlar; sıvı-sıvı ekstraksiyon (1) ve çözgen yardımıyla flavor evaporasyonu (2) yöntemleridir. Bu yöntemlerden elde edilen aromatik ekstraktlar temsili testlerle (representatif testler) değerlendirilmiş ve en yüksek puanı alan ekstraksiyon yöntemi analizlerde kullanılmıştır.

3.2.3.2. Sıvı-sıvı ekstraksiyon

Ektraksiyon her bir örnekte üç kez tekrarlanmak üzere diklorometan (CH_2Cl_2) çözgeni ile yapılmıştır (Ramos ve ark. 1998; Selli ve ark. 2011). Her ekstraksiyon işleminde 50 ml kahve örneği kullanılmıştır. Kahve içerisine 40 ml diklorometan çözgeni ve 40 µg iç standart (4-nonanol) eklenerek, bu karışım 500 ml'lik bir erlene alınmıştır. Erlendeki karışım azot gazı altında 4-5 °C'de 1 saat süreyle manyetik karıştırıcı da karıştırılmıştır (Selli ve ark. 2004). Bu işlem sonucu, erlen içeriği 4 ºC'de 15 dakika (9000 rpm'de) santrifüj edilmiştir. Santrifüj işleminden sonra aroma

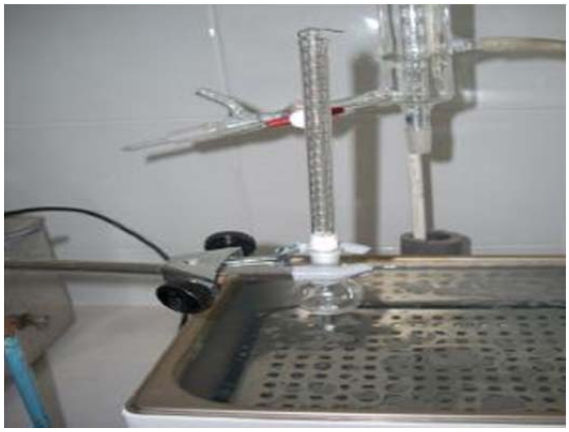
maddelerini içeren çözgen fazı alınarak, Vigreux konsantratör ile 40 °C'de 0,5 ml kalıncaya kadar konsantre edilmiştir.



Resim 3. 4. Aroma maddelerinin sıvı-sıvı ekstraksiyonu



Resim 3.5. Vigreux düzeneğinde konsantrasyon işlemi



Resim 3.6. Mikro konsantrasyon Düzeneği

3.2.3.3. Çözgen Yardımıyla Flavor Evaporasyonu

Bu yöntem uçucu maddelerin karmaşık yapıdaki gıdalardan izole edilmesi için geliştirilmiş hassas bir aroma ekstraksiyon tekniğidir. Bu teknik yüksek vakum pompasıyla ($5x10^{-3}$, Pa) kombine bir şekilde dizayn edilmiştir (Resim 3.7). Bu ekstraksiyon yöntemi birçok gıda da olumlu sonuçlar vermiş ve bazı avantajları şunlardır:

- Ekstraksiyon kısa süreli ve farklı gıdalara (katı ve sıvı) uygulanabilir,
- Elde edilen ekstrakt verimi fazladır ve;
- Ekstraksiyonda istenmeyen yan ürün (artefact) oluşumu çok çok azdır (Engel ve ark. 1999; Majcher ve Jelen, 2009). İşlemin başlangıcında 50 ml kahve örneği içerisine 40 ml diklorometan çözgeni ve 40 µg iç standart (4-nonanol) eklenerek, bu karışım 500 ml'lik erlene alınmış ve 30 dk karıştırılmıştır. Daha sonra karışım SAFE düzeneğine bağlanarak ve yüksek vakum uygulanmış sonrasında ise aroma maddelerini izole eden diklorometan sıvı azot gazı içerisinde bulunan cam balonda toplanmıştır. Aroma maddelerini içeren çözgen fazı alınarak, Vigreux konsantratör ile 45°C'de 0.5 ml kalıncaya kadar konsantre edilmiştir.



Resim 3.7. Aroma maddelerinin SAFE metodu ile ekstraksiyonu

Konsantre halde elde edilen ekstraktların kokuları gaz kromatografisi (GC)-kütle spektrometresi (MS)'ne enjekte edilmeden önce kahve örneğinin aroması ile duyusal yöntemlerle (temsili testlerle) uzman panelistler tarfından karşılaştırılmış ve yüksek puan alan yöntemle aroma maddeleri analizlerine devam edilmiştir.

3.2.4. Aromatik Ekstraktların Duyusal Analizleri

3.2.4.1. Temsili (Representative) Test

-Panel: Araştırmada iki farklı ekstraksiyon yöntemiyle (sıvı-sıvı ekstraksiyon ve çözgen yardımıyla flavor evaporasyonu) elde edilen orta kavrulmuş Türk kahvesinin aroma ekstraktlarının karakteristikleri temsili (representative) test kullanılarak yapılmıştır. Temsili testte Şekil 3.1'de örneği verilen form kullanılmıştır. Duyusal değerlendirmeler Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirilmiştir. Duyusal analizler, 7 kişilik eğitilmiş bir panelist grubu tarafından yapılmıştır.

- Örneklerin Hazırlanması ve Panelistlere Sunumu: Kahve aroması ekstraktlarından 10 ml alınmış ve 25 ml'lik kahverengi kapaklı cam şişeler içerisinde özel olarak kodlandıktan sonra panelistlere sunulmuştur. Kahve örneklerinden aroma maddeleri ekstraksiyonunda 2 farklı ektraksiyon (sıvı-sıvı ekstraksiyon ve çözgen yardımıyla flavor evaporasyonu) kullanılmıştır. Bu yöntemlerden elde edilen

ekstraktlar özel kağıt koklama çubuklarına (SARL H.Granger-Veyron, France) absorbe edildikten sonra 1 dakika bekletilerek çözgenin uçması sağlanmıştır (Resim 3.8). Daha sonra bu koklama çubukları da, orta kavrulmuş kahve çekirdeklerinden hazırlanan Türk kahvesi örneği gibi iki farklı 25 ml'lik kahverengi kapaklı cam şişeler içerisine konularak panelistlere sunulmuştur (Resim 3.9).



Resim 3.8. Duyusal analizlerde kullanılan kağıt koklama çubukları



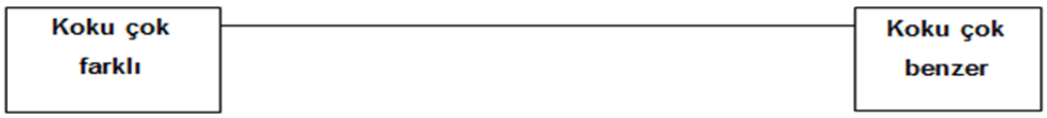
Resim 3.9. Duyusal analizlerde kullanılan kahverengi cam şişeler

Panelistlerden temsili test ve aroma yoğunluk analizleri için orta kavrulmuş Arabika kahveden hazırlanan Türk kahvesi örneği ve iki farklı ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen Türk kahvesi ekstraktlarının karşılaştırılması istenmiştir. Bu şekilde aroma maddelerinin ekstraksiyonu ve aynı zamanda olfaktometrik analizler

için de en uygun ekstraksiyon yöntemi belirlenmiştir. Temsili testler için benzerlik ve aroma yoğunluk testi uygulanmıştır.

3.2.4.2. Benzerlik Testi

Panelistlerden bu testte, iki farklı yöntem ile elde edilen ekstraktların Türk kahvesi örneği ile ne kadar benzer olduğunu belirlemeleri istenmiştir. Bu amaçla aşağıdaki 100 mm'lik skala kullanılmıştır (Şekil 3.1). Panelistler tarafından skalanın sağına doğru işaretleme yapıldığında örnek ile ekstraktının kokusu birbirine ne ölçüde benzediği saptanmıştır (Van Ruth ve ark. 1995) .



3.2.4.3. Aroma Yoğunluk Testi

Benzerlik testinde olduğu gibi bu kez Türk kahvesi örneği ile aromatik ekstrakt kokularının yoğunluklarının karşılaştırılması istenmiştir (Şekil 3.1). Bu amaçla da aşağıdaki 100 mm'lik bir skala kullanılmıştır (Selli ve ark. 2014)



Her iki testten elde edilen veriler varyans analizi ile (Statgraphics Plus Software, MD-USA) değerlendirilmiştir.

3.2.4.4. Aroma Profil Testi

Panelistlerden, benzerlik ve aroma yoğunluk testinde olduğu gibi orta ve koyu kavulmuş kahve çekirdeklerinden hazırlanan Türk kahvesi örneklerini birbirleri

ile aroma profili açısından karşılaştırılmaları istenmiştir. Bu amaçla da aşağıdaki 100 mm'lik bir skala kullanılmıştır (Selli ve ark. 2014). Türk kahvelerinde kahve aroması, yanık/dumansı, kavrulmuş, topraksı, yağımsı, karamel/tatlı, meyvemsi/çiçeksi olmak üzere toplam 7 adet tanımlayıcı kriter belirlenmiştir (Semmelroch ve Grosch 1996; Akiyama ve ark. 2008; Bhumiratana ve ark., 2011; Wagenstaller ve ark. 2014). Aroma profil testinde Çizelge 3.1 'de örneği verilen form kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Aroma Profil Analizi ve Temsili Test Formu

Benzerlik	208 357	
Yoğunluk	208 357	
Kahve Aroması	Kontrol 208 357	
Yanık/Dumansı	Kontrol 208 357	
Kavrulmuş/Fındıksı	Kontrol 208 357	
Topraksı	Kontrol 208 357	
Yağımsı	Kontrol 208 357	
Karamel/Tatlı	Kontrol 208 357	
Meyvemsi/Çiçeksi	Kontrol 208 357	

3.2.5. GC-MS ve GC-O Koşulları

Aroma maddelerinin miktarı, tanımlanması ve aroma-aktif bileşiklerin belirlenmesinde "Agilent 6890N" marka gaz kromatografisi ve buna bağlı "Agilent 5975B MS" kütle spektrofotometresi ile "Gerstel ODP-2" marka olfaktometri kullanılmıştır.

Aroma maddelerinin ayırımı DB-Wax kolon (30 m x 0.25mm i.dx 0.5 µm, J&W Scientific-Folsom, USA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Enjeksiyon sıcaklığı 250 °C, kolon sıcaklığı 40 °C'de 10 dakika beklemeden sonra her bir dakikada 4 °C artırılarak 220 °C'ye ayarlanmıştır. Taşıyıcı gaz olarak He kullanılmıştır. Helyumun akış hızı 3,2 ml/dakika'dır. Elektron enerjisi 70 Ev ve kütle aralığı da 35-425 m/z'dir.

GC-Olfaktometri analizleri "Agilent 6890N" marka gaz kromatografisine bağlı gerçekleştirilmiştir. Olfaktometrik analizinde Aroma Ekstrakt Seyreltme Analizi (AESA: Aroma Extract Dilution Analysis) kullanılmıştır. Bu yöntemde aromatik ekstrakt çözgen yardımıyla her defasında 1:1 oranında olmak üzere seyreltilmiş ve koklama işlemi için GC-MS-Olfaktometriye enjekte edilmiştir. Kokunun hissedilmediği anda seyreltme işlemine son verilmiştir (Söllner ve Schieberle, 2009; Pino ve Queris, 2011). Koklama sırasında burun içinin kurumaması için özel bir düzenek yardımıyla olfaktometri portuna nemli hava verilmiştir ve bu sayede panelistlerin kokulara duyarlılığı artırılmıştır. Aroma maddelerinin tanımlanmasında GC-MS'in hafızasında bulunan Wiley 7.0 ve NIST aroma maddeleri kütüphanesi, standart maddeler ve Kovats indeksleri kullanılmıştır

Hesaplama: Piklerin tanısından sonra aroma maddelerinin konsantrasyonları, iç standart yöntemiyle aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

Ci : A_i / A_{st}) x C_{st}x RF x HF

Ci : Bileşiğin konsantrasyonu

A_i : Bileşiğin pik alanı

A_{st} : İç standardın pik alanı

C_{st} : İç standardın konsantrasyonu (34 µg/100 ml)

RF : Cevap faktörü (Cevap faktörü 1 olarak alınmıştır)

HF : Hesaplama faktörü (Örnek miktarının litreye çevrilmesi için faktör:20)



Resim 3.10. Analizlerde kullanılan GC-Olfaktometri sistemi

3.2.6. Kahvenin Duyusal Analizleri

Kahve örneklerinin duyusal olarak değerlendirilmesinde, önceden belirlenen her bir özellik için 10 puanlık skala kullanılmış ve sonuçlar lezzet profili testi ile gösterilmiştir. Duyusal analiz 9 kişiden oluşan uzman bir panelist grubu tarafından değerlendirilmiştir (Selli ve ark. 2014).

Lezzet profili analizinde, kahve örnekleri sırasıyla jüri üyelerine sunulmuş ve örneklerin çeşitli özelliklerine göre 10 puan üzerinden puanlandırılması istenmiştir.

Analizlerde kullanılacak form Çizelge 3.2'de verilmiştir. Analizlerden elde edilecek sonuçlar istatistiksel olarak da değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.2. Duyusal Analiz Formu

Adı Soyadı: Tarih:

	En düşük	En yüksek
Kahve Aroması		
Yanık/Dumansı		
Meyvemsi/Çiçeksi		
Kavrulmuş/Fındıksı		
Yağımsı		
Acılık		
Genel İzlenim/Beğeni		

3.2.7. İstatistiksel analizler

Çalışma kapsamında elde edilen bulgular, SPSS 16 paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutularak önemli bulunan farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre incelenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Türk Kahvesinin Genel Bileşim ve Renk Analizleri

Kahve örneklerinde genel analizler olarak pH, toplam fenol bileşikleri ve renk değerleri (L*, a* ve b*) belirlenmiştir. Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi orta ve koyu kavrulmuş Türk kahvesinde sırasıyla, pH 4,85 ve 5,65 olarak bulunmuştur. Koyu kavrulmuş kahvenin pH'sı orta kavrulmuş kahveye göre bir miktar yükselmiştir. Arabika kahve Robusta'dan daha asidik olup pH değeri 4.85-6.43 arasında değişmektedir (Mwithiga ve Jindal 2007; Sunarharum ve ark., 2014). Önceki çalışmalarda Mwithiga ve Jindal (2007) 170 ve 190°C'de kavrulmuş Arabika kahve çekirdeklerinden demlenen kahvede, pH değerlerini sırasıyla 5.90 ve 6.43 olarak bulmuşlardır. Farklı araştırmacılar da sıcaklığa bağlı olarak pH değerinin arttığını bildirmişlerdir (Gloessa ve ark. 2014). Benzer şekilde Clarke ve Macrea (1988) Arabika (*Coffee arabica*) kahvenin pH'sının 4.9-5.2 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Duarte ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada orta ve koyu kavrulmuş çekirdeklerden pişirilmiş kahve için pH değerlerini sırasıyla, 4.69 ve 5.20 olarak tespit etmişlerdir.

Ginz ve ark. (2000) kavrulma sıcaklığının artması ile Arabika kahvede pH değerinin yükselmesinin, kahve çekirdeklerinde bulunan organik asitlerin (sitrik, formik, asetik, malik ve klorojenik asit) parçalanması sonucu oluştuğunu belirtmişlerdir. Genel olarak uygulanan kavurma işlemi ile kahvede bulunan asitler azalmaktadır. Kavurma işlemi esnasında kahvede bulunan asitler klorojenik asit ve küinik asit gibi bileşikler ile reaksiyona girerek lakton bileşiklerini oluştururken, gaiakol ve 4-vinilgaiakol gibi uçucu fenol bileşikleri klorojenik asidin indirgenmesi sonucu oluşturmaktadır (Sunarharum ve ark. 2014).

Örneklerde Hunter lab cihazı ile yapılan renk analizinde orta kavrulmuş Türk kahvesinde L* değeri 29.15, a* değeri 3.33, b* değeri ise 2.20 olarak bulunmuştur. Bu değer koyu kavrulmuş Türk kahvesinde L* değeri 26.62, a* değeri 1.25, b* değeri ise -0.40 olarak belirlenmiştir. Burada verilen L*=100 değeri beyaz rengi, L*=0 değeri siyah rengi, +a* değeri kırmızı rengi, -a* değeri ise yeşil rengi, +b*

değeri sarı rengi, -b* değeri ise mavi rengi ifade etmektedir. Baggenstoss ve ark. (2007) Kolombiya cinsi kavrulmuş kahve örneklerinde L* değerinin 29-30 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde Chiralertpong (2010) 210°C'de 13.5 dakika kavrulmuş Arabika kahve için, a* değerini 3.20, b* değerini ise 1.90 olarak belirlemiştir. Duarte ve ark. (2005) 3 farklı sıcaklıkta (açık, orta ve koyu) kavrulan kahve çekirdeklerini öğüterek yaptıkları çalışmada, L*, a* ve b* değerlerinin kavurma sıcaklığının artması ile azaldığını belirtmiştir. Bu nedenle bu çalışmadaki değerlerimiz daha önceki çalışmalardaki verilerle uyum içerisindedir.

Çizelge 4.2.Türk kahvesinin genel bileşimi

ANALİZ	**Orta Kavrulmuş**	**Koyu Kavrulmuş**	**F[1]**
pH	4.85±0.00	5.65±0.00	*
Toplam fenol bileşiği (GAE/L)	12.52±0.10	11.49±0.01	*
L*	29.15±0.01	26.62±0.01	ö.d
a*	3.33±0.01	1.25±0.01	ö.d
b*	2.20±0.01	-0.40±0.01	ö.d

*F: Varyans analizine göre farklılık durumu. ö.d. : $p<0.05$ önem düzeyinde önemsizdir. *:İki örnek arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir($p<0.05$). GAE: Gallik asit eşdeğeri cinsinden.

4.2. Türk Kahvesinin Antioksidan ve Fenol Bileşikleri Kapasitesi

Türk kahvesi örneklerinin antioksidan aktivitesi fenol bileşenlerinin serbest radikalleri önleme yeteneğini ölçebilen DPPH (2,2, difenil 1-pikri hidrazil) kullanılarak ve metanol içerisinde gerçekleşen reaksiyonun zamana karşı değişiminin 734 nm'de UV-Vis (Schimadzu- UV1201-Kyoto-Japan) spektrofotometredeki ölçüm sonuçlarına göre yapılmıştır (Ludwing ve ark. 2012, 2014; Cheong ve ark.2013). Başlangıç DPPH konsantrasyonunun %50 azaltmak için gereken örnek konsantrasyonu (EC50) antioksidan aktiviteyi saptamada sıklıkla kullanılan bir

yöntemdir. Türk kahvesi örneklerinde EC50 değeri orta kavrulmuş için 9.40 mmol/L DPPH ve koyu kavrulmuş için 7.51 mmol/L DPPH olarak belirlenmiştir.

Türk kahvesi örneklerinin antioksidan aktivitesinin belirlenmesi için kullanılan ABTS yöntemi Ludwig ve ark. (2012)'nın metoduna göre yapılmıştır. Bu yöntem için 7 mM ABTS (2,2'-azino-bis 3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonik asit) 2.45 mM potasyumbisülfat ile karıştırılarak karanlık ortamda 12-16 saat bekletilmesi ve daha sonra bu solüsyon sodium asetat (pH 4.5) tamponu ile spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda 0.700 ±0.01 absorbans olacak şekilde sadeleştirilmiştir. Daha sonra 50 µL kahve örneği saf su ile (5:1000'den 15:1000'e) seyreltilecek ekstraktına 2.0 mL hazırlanan tampon karıştırılmış ve absorbans 18 dakika sonra spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda ölçülmüştür (Ludwig ve ark. 2012). Türk kahvesi örneklerinde elde edilen absorbans değerlerleri orta kavrulmuş için 12.42 mmol/L trolox ve koyu kavrulmuş için 11.23 mmol/L trolox şeklinde bulunmuştur.

Hečimović ve ark. (2011), ABTS yöntemi ile yaptıkları çalışmada orta kavrulmuş kahvede antioksidan kapasitesini 15.64 mmol/L trolox olarak bulmuşlardır. Araştırmacılar, antioksidan kapasitesinin yeşil kahve çekirdeklerinden açık kavrulmuş kahve çekirdeklerine doğru arttığını, orta kavrulmuş çekirdeklerinden koyu kavrulmuş kahve çekirdeklerine doğru ise azaldığını belirtmişlerdir.

Niseteo ve ark. (2012,) ABTS yöntemi ile yaptıkları çalışmada antioksidan kapasitesini espresso kahvede 9.24 – 14.23 mmol/L trolox ve instant kahvede ise 49.34 mmol/L trolox olarak tespit etmişlerdir.

Duarte ve ark. (2005), üç farklı kavurma sıcaklığında (açık, orta ve koyu) kavrulan kahve çekirdeklerini öğüterek yaptıkları çalışmada, en yüksek antioksidan değerini açık kavrulmuş kahve, en düşük antioksidan değerini ise koyu kavrulmuş kahve için bulmuşlardır. Araştırmacılar antioksidan kapasitesine kullanılan kahve çekirdeği çeşidinin, tanecik büyüklüğünün ve kahve pişirme tekniğinin de etki ettiğini belirtmişlerdir (Cammerer ve Kroh, 2006; Ludwig ve ark. 2012; Capek ve ark. 2014).

Van der Werf ve ark. (2014) uygulunan farklı kavurma sıcaklık (az kavrulmuş 200°C, orta kavrulmuş 225°C ve koyu kavrulmuş 235°C) ve sürelerinin (0-35 dakika) kahvenin antioksidan kapasitesi üzerine nasıl etki gösterdiğini

incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, kavurma işlemi ile renk ve aroma bileşikleri dışında, antioksidan etki gösteren yeni bileşikler de meydana geldiği bildirilmektedir. Kavrulmamış yeşil kahve çekirdeklerinde antioksidan etki gösteren yalnızca 6 adet fenol bileşiği (kaffeolkuinik asit, difakkeolkuinik asit vb.) bulunurken, kavrulmuş kahvede 16 adet fenol bileşiğine rastlanmıştır. Araştırma bulgularına göre uygulanan kavurma sıcaklığının ve süresinin artması ile kahvede bulunan klorojenik asit miktarı yeşil kahveden az kavrulmuş kahveye doğru artmakta, orta kavrulmuş kahveden koyu kavrulmuş kahveye göre azalmaktadır.

Yaptığımız çalışmada toplam fenol bileşikleri miktarını orta ve koyu kavrulmuş Türk kahvesi örneklerinde sırasıyla, 12,.2 mg GAE/L ve 10.49 mg GAE/L olarak tespit edilmiştir. Önceki çalışmalarda, Jeong ve ark. (2013) Arabika cinsi orta kavrulmuş kahvede toplam fenol bileşikleri miktarını 9.77±0.03 olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, elde ettikleri bulgularda kavurma süresinin artması ile orta kavrulmuş kahveden koyu kavrulmuş kahveye doğru toplam fenol bileşikleri miktarının azaldığı bildirilmiştir. Benzer şekilde, pişirilmiş kahvede en yüksek fenol bileşikleri miktarının açık ve orta kavrulmuş kahvede olduğunu belirtmiştir (Duarte ve ark. 2005; Vignoli ve ark. 2014)

Cheong ve ark. (2013), kavrulmuş kahve çekirdeklerinin toplam fenol bileşikleri miktarını Folin–Ciocalteu metodu ile 33.67-43.13 g GAE/g olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar kahvede bulunan fenolik bileşiklerin, antoksidan kapasite ile doğru orantılı olduğunu, bunun da kahve tüketen kişilerde nörodejeneratif hastalık riskini azaltacağını belirtmişlerdir. Ludwing ve ark. (2014) kahvede bulunan heterosiklik uçucu bileşiklerden 2-metiltetrahidrofuran-3-on, pirol ve 1-metilpirol'ün yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu ABTS metodu ile tespit etmiştir. Araştırmacılar, kahvede eser miktarda bulunan tiyofen bileşiklerinin de antioksidan aktivite üzerinde etkili olabileceğini belirtmişlerdir. Tiyofenlerin antioksidan aktivite gösterebilmeleri için 50 μg/mL veya daha yüksek miktarda kahvede bulunması gerekmektedir. Yaptığımız çalışmada kahvede 2-metiltetrahidrofuran-3-on, ve pirol bileşikleri tespit edilmiştir.

Vignoli ve ark. (2014) kahvede bulunan fenol bileşikleri miktarının uygulanan kavurma süresi ve sıcaklığı ile azaldığını vurgulamışlardır. Araştırmacılar,

klorojenik asidin parçalanması ile kafeik, ferulik ve kumarik asit gibi bileşiklerin meydana geldiğini belirtmişlerdir. Özellikle klorojenik asit izomerlerinden biri olan 5-kaffeolkuinik asit (5-CQA) in vitro ve in vivo şartlarda yüksek antioksidan etki göstermektedir. Buna ilaveten kahvede bulunan kafein, sinnamik asit ve trigonellin gibi bileşikler de antioksidan kapasiteyi etkilemektedir. Bu bileşiklerin miktarları hem Arabika hem de Robusta çeşitlerinde kavurma sıcaklığının artması ile azalmaktadır.

Yukarıda verilen araştırma sonuçlarına göre, bu çalışmada elde ettiğimiz bulgular ve değerlerimiz daha önceki çalışmalardaki verilerle uyum içerisindedir.

4.3. Temsili Test Yöntemiyle Aroma Ekstraksiyonunda Kullanılan Yöntemlerin değerlendirilmesi

Aroma maddelerinin ekstraksiyonunda kullanılan yöntemin belirlenmesinde aroma benzerliğini ve yoğunluğunu içeren temsili test yöntemleri kullanılmıştır. Bu testte sıvı-sıvı ve SAFE ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen aroma ekstraktları, elde edildikleri kahve örnekleri ile panelist grubu tarafından karşılaştırılmıştır. Duyusal değerlendirmeler Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir. Örneklerin duyusal analizlerine 7 kişilik bir panelist grubu katılmıştır. Değerlendirme sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiş ve bu sonuçlar görsel olarak daha iyi yansıtılması için örümcek ağı diyagramı üzerinde Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2.'de görüldüğü gibi Türk kahvesi örnekleri için yapılan temsili testler sonucunda SAFE ekstraksiyon yöntemi hem benzerlik (70.6) hem de aroma yoğunluk değerleri (80.5) bakımından yüksek puanlar almıştır.

Çizelge 4.2. Aroma ekstraktlarının benzerlik ve aroma yoğunluk testi sonuçları*

Testler	Aroma Benzerliği	Aroma Yoğunluğu
Sıvı-sıvı ekstraksiyon	32.0*	50.0*
SAFE ekstraksiyon	76.0*	73.0*

*: Ortalama değerler, *: Aynı sütunda değişik harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Önceki çalışmalarda, Selli ve ark.(2014) çeri domatesten elde edilen aromatik ekstrakta benzerlik oranının 70.4 olarak tespit etmiş; Rega ve ark. (2003) portakal suyu örneklerinin aromatik ekstraklarında benzerlik oranının 51 ile 63 arasında; Mehinagic ve ark. (2003; 2004) elmadan elde edilen ekstrakta ise 49.1 ile 57 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Yine benzer şekilde, iki farklı ekstraksiyon yöntemin araştırıldığı çalışmalarda, gökkuşağı alabalığının vakumlu buhar damıtma yöntemiyle elde edilen aroma ektraktlarının aroma benzerlik oranı 51.1 (Selli ve ark. 2006) ve mikrodalga-çözgen yardımıyla yapılan ekstraksiyonda ise 49.7 (Selli ve ark. 2009) olarak saptanmıştır. Prost ve ark. (1998; 2004) herhangi bir gıda maddesinin aroma analizlerine başlamadan önce aroma ekstraktlarının temsili testlerle değerlendirilmesinin çalışmanın hassasiyeti açısından oldukça önemli olduğunu vurgulamışlardır.

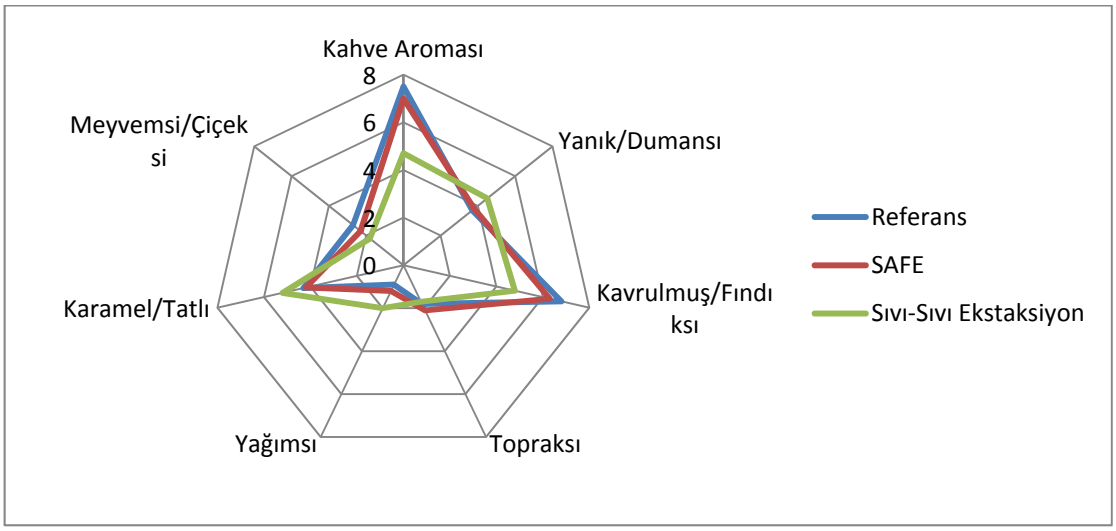
Çizelge 4.3. Aroma ekstraktlarının duyusal analizi sonuçları*

Duyusal Özellikler	**Orta Kavrulmuş Türk Kahvesi***	**SAFE Ekstraksiyon***	**Sıvı-Sıvı Ektraksiyon***
Kahve aroması	7.5	7.0	4.7
Yanık/Dumansı	3.7	3.8	4.5
Kavrulmuş/Fındıksı	6.8	6.5	4.8
Topraksı	1.8	2.1	1.7
Yağımsı	0.9	1.2	2.0
Karamel/Tatlı	4.3	4.2	5.2
Meyvemsi/Çiçeksi	2.7	2.3	1.8

*: ortalama değerler

Çizelge 4.3'te görüldüğü üzere, SAFE yöntemiyle elde edilen aroma ekstraktı, sıvı-sıvı yöntemi ile elde edilene göre kontrol örneği olan orta kavrulmuş Türk kahvesi ile daha yakın puanlar almıştır. Kahve aroma, kavrulmuş/fındıksı ve karamel/tatlımsı özellikler açısından SAFE eksraktı sırasıyla 7.0, 6.5 ve 4.2 puan alırken, kontrol örneği 7.5, 6.8 ve 4.3 puan almıştır.

Benzerlik ve yoğunluk testi, duyusal analiz sonuçları ile berbaer değerlendirildiğinde SAFE ekstraksiyon yönteminin aroma maddeleri analizleri için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.1. Benzerlik ve aroma yoğunluk sonuçlarının örümcek ağı diyagramı

4.4. Kavurma İşleminin Türk Kahvesinin Aroma Maddeleri Üzerine Etkisi

Türk kahvesinin aroma maddeleri Çizelge 4.4.'te verilmiştir. Aroma maddelerinin tanımlanmasında kütle spektroskopisinin kütüphanesi (MS), aroma maddeleri standartları (Std) ve alıkonma indisi (LRI) değerlerinden faydalanılmıştır. Bu bileşiklerin gaz kromatografisinden elde edilen kromatogramları ise Şekil 4. 2. ve Şekil 4. 3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Türk Kahvesinin Aroma Maddeleri Bileşimi (µg /L)

No	LRI[a]	Aroma	Orta	Koyu	Tanımlama	F[1]
		Aldehitler				
1	1103	3-Metil-1,2-bütenal	244	S.	LRI,MS,tent	*
2	1391	2-Metil-2-bütenal	35	S.	LRI,MS,Std	*
3	1544	Benzaldehit	30	350	LRI,MS,Std	*
4	1660	(*E*,*E*)-2,4-Hekzadienal	48	341	LRI,MS,Std	*
		Toplam	**357**	**691**		
		Alkoller				
5	1820	2-(2-Bütoksietoksi)-etanol	38	S.	LRI,MS,tent	*
6	1874	Benzil alkol	24	70	LRI,MS,Std	ö.d
7	1911	Feniletil alkol	107	229	LRI,MS,Std	ö.d
8	2120	2-Fenoksi etanol	S.	142	LRI,MS,Std	*
		Toplam	**169**	**441**		
		Asitler				
9	1464	Asetik asit	29	S.	LRI,MS,Std	*
10	1690	3-Metil-bütanoik asit	5	153	LRI,MS,Std	*
11	1692	İzovalerik asit	246	S.	LRI,MS,tent	*
12	1848	Hekzanoik asit	62	S.	LRI,MS,Std	*
13	2148	Nonanoik asit	35	S.	LRI,MS,Std	*
		Toplam	**377**	**153**		
		Uçucu Fenoller				
14	1864	Gaiakol	61	559	LRI,MS,Std	*
15	1905	2-Asetil Fenol	105	S.	LRI,MS,tent	*
16	1998	Fenol	173	835	LRI,MS,Std	*
17	2032	*p*-Etilgaiakol	77	265	LRI,MS,Std	ö.d
18	2107	*m*-Kresol	120	132	LRI,MS,Std	ö.d
19	2110	*p*-Kresol	S.	126	LRI,MS,Std	*
20	2185	4-Vinilgaiakol	367	221	LRI,MS,Std	*
21	2502	4-Vinil fenol	94	S.	LRI,MS,Std	*

Çizelge 4.4. Devamı

22	2202	4-Etil fenol	10	44	LRI,MS,Std	*
23	2555	Vanilin	26	S.	LRI,MS,Std	*
		Toplam	**1033**	**2182**		
		Furanlar				
24	1283	Dihidro-2-metil, 3(2H)-Furanon,	45	227	LRI,MS,tent	*
25	1284	2-Metiltetrahidrofuran-3-on	445	S.	LRI,MS,tent	*
26	1469	Furfural	1404	422	LRI,MS,Std	*
27	1508	Furfuril format	37	S.	LRI,MS,Std	*
28	1510	2-Asetilfuran	369	489	LRI,MS,Std	ö.d
29	1547	Furfuril propanoat	S.	717	LRI,MS,tent	*
30	1559	Furfuril Asetat	378	S.	LRI,MS,Std	*
31	1578	5-Metil-2-Furfural	1150	255	LRI,MS,Std	*
32	1664	Furfuril alkol	7783	13246	LRI,MS,Std	*
33	1798	2(5H)-furanon	286	S.	LRI,MS,Std	*
34	1870	2-Asetil-5-metilfuran	S.	125	LRI,MS,tent	*
35	2050	4-Hidroksi-2,5-dimetil-3-(2H)-furanon (Furaneol)	78	S.	LRI,MS,tent	*
		Toplam	**12.375**	**15.481**		
		Ketonlar				
36	985	2,3-Bütandion	189	285	LRI,MS,Std	*
37	1075	2,3-Pentandion	160	415	LRI,MS,Std	ö.d
38	1250	3-Hidroksi-3-metil-2-bütanon	15	392	LRI,MS,tent	*
39	1307	3-Hidroksi -2-bütanon	185	S.	LRI,MS,Std	*
40	1310	1-Hidroksi-2-propanon	593	458	LRI,MS,tent	ö.d
41	1455	1-Hidroksi-2-pentanon	30	S.	LRI,MS,tent	*
42	1480	1-(Asetiloksi)-2-propanon	21	621	LRI,MS,tent	*
43	1539	2-Metil-3-Pentanon	153	S.	LRI,MS,tent	*

Çizelge 4.4. Devamı

44	1695	2-Metil-2-Pentanon	45	S.	LRI,MS,tent	*
45	1810	2-Hidroksi-3-metil-2-siklopenten-1-on	216	53	LRI,MS,tent	*
		Toplam	**1.586**	**2.224**		
		Laktonlar				
46	1428	5-Metil-2(3H)-furanon	45	S.	LRI,MS,Std	*
47	1612	γ-Butirolakton	1442	4802	LRI,MS,Std	*
48	1798	3-Metil-2(5H)-furanon	S.	173	LRI,MS,tent	*
49	1834	Maple lakton	237	S.	LRI,MS,Std	*
50	2075	5-Asetil dihidro-2(3H)-furanon	79	S.	LRI,MS,tent	*
		Toplam	**1803**	**4975**		
		Piranonlar				
51	1840	Tetrahidro-2H-piran-2-on	S.	169	LRI,MS,tent	*
52	1938	3-Hidroksi-2-metil-4H-piran-4-on	384	441	LRI,MS,tent	ö.d
		Toplam	**384**	**610**		
		Piridinler				
53	1180	Piridin	840	6494	LRI,MS,Std	*
54	1239	2-Metil piridin	14	86	LRI,MS,Std	ö.d
55	1310	3-Metil piridin	16	84	LRI,MS,tent	*
56	1355	3-Etil piridin	45	130	LRI,MS,tent	*
		Toplam	**915**	**6.794**		
		Pirazinler				
57	1223	Pirazin	139	380	LRI,MS,Std	*
58	1228	2-Metil pirazin	1038	1144	LRI,MS,Std	ö.d
59	1320	2,5-Dimetil pirazin	374	538	LRI,MS,Std	ö.d
60	1326	2,6- Dimetil pirazin	362	236	LRI,MS,Std	ö.d
61	1384	2- Etil pirazin	260	280	LRI,MS,Std	*

Çizelge 4.4. Devamı

62	1388	2,3-Dimetil pirazin	88	284	LRI,MS,Std	*
63	1395	2-Etil-6-metil pirazin	141	165	LRI,MS,Std	ö.d
64	1402	2-Etil-5- metil pirazin	50	71	LRI,MS,tent	ö.d
65	1403	2-Etil-3,5-dimetil pirazin	70	50	LRI,MS,Std	ö.d
66	1407	2,3,5-Trimetil pirazin	182	271	LRI,MS,tent	*
67	1467	2-Etil-3-metil pirazin	S.	104	LRI,MS,tent	*
68	1503	3-Etil-2,5-dimetil pirazin	637	261	LRI,MS,Std	*
69	1627	2-Asetil pirazin	75	112	LRI,MS,tent	ö.d
70	1631	5H-5-(metil)-6,7-dihidro siklopentapirazin	15	84	LRI,MS,tent	*
71	1699	2-Asetil-3-metilpirazin	111	112	LRI,MS,tent	ö.d
72	1793	2-metil-5-propenil-(*E*)-pirazin	108	221	LRI,MS,Std	ö.d
		Toplam	**3.650**	**4.313**		
		Piroller				
73	1149	1-Metil-1H-pirol	27	114	LRI,MS,Std	*
74	1543	1H-Pirol	80	100	LRI,MS,Std	*
75	1970	2-Asetil pirol	278	486	LRI,MS,Std	ö.d
76	2028	1-H-Pirol-2-karboksialdehit	357	481	LRI,MS,tent	ö.d
		Toplam	**742**	**1.181**		
		Tiyazoller				
77	1253	Tiyazol	15	61	LRI,MS,tent	*
78	1312	4-Metiltiyazol	9	18	LRI,MS,tent	*
		Toplam	**24**	**79**		
		Tiyofen				
79	1921	2-Tiyofen metanol	84	162	LRI,MS,tent	ö.d
		Toplam	**84**	**162**		
		Genel Toplam (µg/L)	**23.499**	**39.286**		

LRI: Linear alıkonma indeksi DB-WAX kapilar kolon üzerinde hesaplanmıştır; Konsantrasyon: µg/l olarak 3 farklı injeksiyon sonuçları ortalamasıdır; Tanımlama: A: LRI (Linear alıkonma indeksi), B: MS (Kütle spektrometresi kütüphanesi), C: Std (Standart kimyasal madde). *F: Varyans analizine göre farklılık durumu. ö.d. : $p<0.05$ önem düzeyinde önemlidir. *: İki örnek arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$). S.:Saptanamadı.

Çizelge 4.4.'te görüldüğü gibi orta kavrulmuş kahvede 72 adet ve koyu kavurma işlemi uygulanarak hazırlanan Türk kahvesinde ise toplam 57 adet aroma maddesi belirlenmiştir. Aroma maddelerinin toplam miktarı orta kavrulmuş Türk kahvesinde 23.499 µg /l, koyu kavruluş Türk kahvesinde ise 39.286 µg /l'dir. Kavurma işlemi, Türk kahvesinin toplam aroma maddeleri miktarını % 67.18 oranında artırmıştır.

Pirazinler: Pirazinler düşük algılanma eşik değerine sahip olmaları nedeniyle kahvenin kendisine has aromasının oluşumunda önemli bir yere sahiptir. Bu bileşikler genel olarak Maillard reaksiyonu sonucu hidroksiamino asitlerin prolizi ve şekerlerin indirgenmesiyle meydana gelmektedir. Bununla birlikte fermente ürünlerde ve fermentasyon sonucu ikincil bileşikler olarak da sebzelerde de bulunabilirler (Müller ve Rappet, 2010). Pirazin bileşikleri başlıca kahve, kakao, et, ekmek, haşlanmış patates, kavrulmuş fıstık, kavrulmuş susam, mısır cipsi, patlamış mısır, süt ürünleri, taze domates, ıspanak, kuşkonmaz, biber ve bezelyede belirlenen aroma maddeleridir. Önceki araştırmalarda kahvede (kavrulmuş/öğütülmüş kahve çekirdeği, pişirilmiş kahve) 80'den fazla pirazin bileşiği saptanmıştır (Buchbauer ve ark. 2000; Müller ve Rappet, 2010).

Her iki kahve örneğinde toplam 16 adet pirazin belirlenmiştir. Pirazinlerin toplam miktarı orta kavrulmuş çekirdeklerden hazırlanan Türk kahvesinde 3650 µg/l ve koyu kavrulmuş kahvede ise 4313 µg /l' dir. Koyu kavurma işlemi uygulaması kahvede pirazinlerin toplam miktarını arttırmıştır.

Pirazinler içerisinde 2-metilpirazin miktar olarak en fazla bulunmuş, bunu 2,5-dimetilpirazin ve 3-etil-2,5-dimetilpirazin izlemiştir. 2-Metilpirazinin miktarı orta kavrulmuş kahvede 1038 µg/l iken, koyu kavurma işlemi uygulanan kahvede bu miktar 1144 µg/l ye, 2,5-dimetilpirazin miktarı ise 374 µg/l'den 538 µg /l'ye yükselmiştir. Önceki araştırmalarda 2-metilpirazin bileşiğinin kahveye fındıksı ve kavrulmuş kokular verdiği vurgulanmıştır (Hashim ve Chaveron, 1996). Silwar ve Lüllmann (1993) 2-metilpirazin'in miktarında kavurma işleminin süresinin ve sıcaklığının etkili olduğunu bildirmişlerdir.

2,5-dimetilpirazin ise suda 1 ppm gibi düşük algılanma eşik değeri ile kahveye kakao ve kavrulmuş kokular kazandırır (Müller ve Rappet, 2010). Pirazinler

içerisinde 2-etil-3,5-dimetilpirazin ve 3-etil-2,5-dimetilpirazin miktarlarının kavurma ile azaldığı görülmüştür. Benzer şekilde, Baggenstoss ve ark. (2008) kahvede bu bileşiklerin miktarının koyu kavurma işlemi ile azaldığını belirtmişlerdir.

Furanlar: Furan bileşikleri kahveye verdiği meyvemsi, kavrulmuş, yanık, acımsı ve tatlı kokular nedeniyle önemli bir aroma grubudur. Furanlar, Maillard reaksiyonu ve kahvede bulunan çeşitli bileşiklerin (heksoz ve pentoz gibi polisakkaritler, lipit, terpen, protein, tiyamin, nükleotit) parçalanmasıyla oluşmaktadırlar (Moon ve Shibamoto, 2009; Ludwing ve ark., 2014). Önceki araştırmalarda furfuril alkol, furfural, 2-asetilfuran, 2-asetil-5-metilfuran, furfuril propionat gibi furan bileşiklerinin kahve aroması açısından önemli olduğu vurgulanmıştır (Galilea ve ark. 2006; Tong Chin ve ark. 2011; Petisca ve ark. 2013; Piccino ve ark. 2014). Öte yandan önceki araştırmalarda öğütülmüş kahvenin, pişirilmiş kahveden daha fazla furan bileşiği içerdiği tespit edilmiştir (Arisseto ve ark. 2011).

Kahvede toplam 12 adet furan türevi (aldehit, ester, metil ve alkol) bileşik bulunmuştur. Furan bileşiklerinin miktarı orta kavrulmuş kahvede 12.375 µg/l iken, koyu kavrulmuş kahvede 15.481 µg/l olarak belirlenmiştir. Kavurma işlemi sonucu bu bileşiklerin miktarı % 25.09 oranında artmıştır.

Kahve örneklerinde, belirlenen en önemli furan bileşiği furfuril alkol'dür. Önceki çalışmalarda Pestisca ve ark. (2013) espresso ve öğütülmüş kahvede en fazla bulunan furan bileşiğinin furfuril alkol olduğunu belirtmişlerdir. Furfuril alkol'ün miktarı kavurma sıcaklığı ile doğru orantılı olarak artmış ve orta kavrulmuş kahvede bu bileşiğin miktarı 7783 mg/l iken, koyu kavurma işlemi uygulanan kahvede 13246 µg/l'ye yükselmiştir. Benzer şekilde, Silwar ve Lüllmann (1993) bizim çalışmamızda olduğu gibi kahvede furfuril alkol bileşiğinin sıcaklık ile miktarının arttığını vurgulamıştır.

Laktonlar: Kahve örneklerinde lakton bileşikleri olarak 5-metil-2(3H)-furanon, 5-asetil dihidro-2(3H)-furanon, 3-metil-2(5H)-furanon, γ-bütirolakton ve maple lakton bileşleri olarak belirlenmiştir. γ-Bütirolakton bileşiği lakton bileşiklerinin önemli bir kısmını oluşturmuştur. Bu bileşik orta kavrulmuş Türk kahvesinde 1442 µg/l, koyu kavrulmuş Türk kahvesinde ise 4802 µg/l olarak belirlenmiştir. γ-Bütirolakton

miktarı ikinci kavurma işlemi ile birlikte önemli miktarda artmıştır. Önceki çalışmalarda 'da benzer sonuçlar bulunmuştur. Kwan Moon ve Shibamoto (2009) kahve çekirdeklerinde, γ-bütirolakton miktarının kavurma işlemi sıcaklığı ve süresi ile birlikte arttığını vurgulamışlardır. Araştırmacılar, kavurma sıcaklığının artması ile kahvede bulunan klorojenik asit laktonlarının parçalanarak γ-bütirolakton bileşiğini oluşturduğu belirtmişlerdir.

Uçucu fenoller: Uçucu fenoller kahve aromasının karakteristik aromasının oluşumunda etkili bileşiklerdir. Kahve üzerindeki etkileri ise bu bileşiklerin konsantrasyonlarına bağlı olarak pozitif veya negatif etki olarak değişmektedir. Model çalışmalarda 4-ferülol kuinik asitin, kahvede oluşan gaiakol, 4-etilgaiakol, 4-vinilgaiakol ve vanilin gibi fenol bileşiklerinin öncül bileşiği olduğunu göstermiştir (Tressl, 1989). Yaptığımız çalışmada, her iki Türk kahvesi örneğinde, gaiakol, fenol, *p*-etil gaiakol ve *m*-kresol belirlenmiştir. Uçucu fenollerin toplam miktarı orta kavrulmuş Türk kahvesinde 1033 µg/l, koyu kavrulmuş Türk kahvesinde ise 2182 µg/l'dir.

Fenol bileşikleri içerisinde 4-vinilgaikol orta kavrumuş kahvede 367 µg/l ve koyu kavrulmuş Türk kahvesinde 221 µg/l olarak tespit edilmiştir. Önceki çalışmalarda, Baggenstoss ve ark. (2008) kahvede bu bileşiğin miktarının ortamda yeteri kadar öncül bileşiğin bulunmaması halinde, koyu kavurma işlemi ile azalabileceğini belirmişlerdir. Benzer şekilde, Kwan Moon ve Shibamoto (2009) sıcaklığın artması ile 4-vinilgaikol bileşiğinin azalabileceğini ve fenol miktarının artacağını belirtmişlerdir. Bu nedenle, elde ettiğimiz sonuçlar önceki çalışmalar ile uyum içerisindedir.

Koyu kavurma işlemi uygulanan Türk kahvesinde gaiakol miktarı 61 µg/l'den 559 µg/l'ye çıkmıştır. Bu bileşik kahvede, kahve aroması açısından önemli bir aroma maddesidir (Galilea ve ark. 2006; Blank ve ark. 1992). Önceki çalışmalarda gaiakol (Silwar ve Lüllmann, 1993; Heinrich ve Baltes, 1987a;) ve fenol (Hashim ve Chaveron, 1996) miktarının kavurma işlemi ile arttığı tespit edilmiştir. Yaptığımız çalışmada, ikinci kavurma işlemi ile gaiakol miktarı 61 µg/l'den 559 µg/l'ye ve fenol miktarı ise 173 µg/l'den 835 µg/l'ye yükselmiştir. Uygulanan koyu kavurma işlemi ile uçucu fenollerin toplam miktarında önemli derecelerde artışa neden olmuştur.

Asitler: Asitlerin miktarı uygulanan kavurma sıcaklığının artması ile azalmaktadır Bu bileşikler, miktarlarının azalmasına bağlı olarak kahve aroması

üzerinde pek az bir etkiye sahiptirler. Toplam asit miktarındaki azalma sırasıyla kuinik, asetik, malik, fosforik, formik, laktik ve okzalik asitlerin miktarının azalmasına önemli derecede bağlıdır (Clinton, 1986). Uygulanan koyu kavurma işlemi ile asitlerin toplam miktarında önemli derecede azalma görülmüştür. Tespit ettiğimiz en önemli asit bileşikleri arasında, 3-metil-bütanoik asit düşük algılanma eşik değeri ile kahve aroması üzerinde etkilidir. Bu bileşik Strecker aldehitlerinin oksidasyonu sonucu oluşmakta ve kahveye peynirimsi/ransit bir koku kazandırmaktadır. Önceki çalışmalarda 3-metil-bütanoik asit miktarının kavurma sıcaklığının artması ile yükseldiği belirlenmiştir (Keith ve Powers, 1968; Wagenstaller ve Buettner, 2014).

Aldehitler: Bu bileşikler, aminoasitlerin Stecker degredasyonu sonucu oluşmakta ve birçok farklı gıdanın (kahve, şarap, kavrulmuş kakao, kavrulmuş fıstık ve çay, vb.) aroması üzerinde önemli etkiye sahiptirler. Kahvede toplam 4 adet aldehit bileşiği bulunmuştur. Bu bileşikler 3-metil-1,2-bütenal, 2-metil-2-bütenal, benzaldehit ve (*E*,*E*)-2,4-hekzadienal'dır. Önceki çalışmalarda hem yeşil hem de kavrulmuş kahvede benzaldehit (Rios ve ark.2007) ve (*E*,*E*)-2,4-hekzadienal (Holscher ve Steinhart, 1995) bulunmuştur. Silwar ve Lüllmann (1993) yaptıkları çalışmada benzaldehit miktarının sıcaklık ile arttığını ve bu bileşiğin kahveye acı badem kokusu kazandırdığını vurgulamışlardır.

Alkoller: Alkollerin toplam miktarı 610 µg/l olarak tespit edilmiştir. Alkol bileşikleri kahvede lipidlerin oksidatif parçalanması sonucu meydana gelmektedir. Alkoller yüksek algılanma eşik değerlerinden dolayı kahve aroması üzerinde çok önemli etkileri bulunmamaktadır (Semmelroch ve Grosch, 1995). Önceki çalışmalarda yeşil ve kavrulmuş kahve çekirdeğinde benzil alkol (Rios ve ark. 2007) ve fenil etilalkol (Vitzhum ve ark. 1976) gibi alkol bileşikleri saptanmıştır. Kahve örneklerimizde miktar düşük olan feniletil alkol kahveye bal ve çiçek kokuları kazandırmaktadır. Bu alkolün oluşumunda öncül bileşik fenil alanin aminoasitidir (Uçkun ve Selli, 2012). Çalıştığımız kahve örneklerinde alkol bileşikleri olarak ayrıca, 2-(2-bütoksietoksi)-etanol ve 2-fenoksi etanol'de belirlenmiştir.

Ketonlar: Keton bileşikleri kahve örneklerinde miktarsal olarak yüksek oranda bulunan bir diğer önemli aroma maddeleri grubudur**.** Bu bileşikler kahveye

karamelimsi/tatlımsı karakter ve kokular kazandırmaktadır. Orta kavrulmuş kahvede toplam 10 adet keton (1586 µg/l) ve koyu kavrulmuş kahvede ise 6 adet (2224 µg/l) keton bileşiği saptanmıştır. Koyu kavu rma işlemi bu bileşiklerin miktarını önemli derecede arttırmıştır (Tablo 4.2).

Orta kavrulmuş kahvede miktar olarak en fazla belirlenen keton bileşikleri sırasıyla 1-hidroksi-2-propanon, 2-hidroksi-3-metil-2-siklopenten-1-on ve 2,3-bütandion iken, koyu kavrulmuş kahvede ise 1-(asetiloksi)-2-propanon ve 1-hidroksi-2-propanon'dur. Keton bileşikleri içerisinde 2,3-bütandion ve 2,3-pentandion kahvede 2(5H)-furanon bileşiklerinin oluşumunda önemli aroma maddeleridir (Weenen ve Apeldoorn, 1996). 2,3-Pentandion, kahvede bulunan furaneol'ün (4-hidroksi-2,5-dimetil-3-(2H)-furanon) sıcaklık ile parçalanması sonucu oluşmaktadır. Her iki bileşiğin miktarı kavurma sıcaklığı ile artmaktadır (Heyns ve ark. 1966a). Yaptığımız çalışmada ikinci kavurma işlemi ile 2,3-bütandion ve 2,3-pentandion miktarında artış olduğu belirlenmiştir.

Kwan Moon ve Shibamoto (2009) pişirilmiş kahvede 1-(asetiloksi)-2-propanon'u tespit etmişlerdir. Bu bileşik kahveye meyvemsi koku vermektedir ve aroma üzerinde önemli etki göstermektedir.

Önceki çalışmalarda 2-hidroksi-3-metil-2-siklopenten-1-on (Moon ve Shibamoto, 2009), 3-hidroksi-2-bütanon (Rios ve ark. 2007), 1-hidroksi-2-propanon (Ramos ve ark. 1998) ve furaneol (4-hidroksi-2,5-dimetil-3-(2H)-furanon) (Blank ve Grosch, 1992) farklı kahve örneklerinde belirlenen keton bileşikleridir. Benzer şekilde Miyazoto ve ark. (2013a) yaptıkları araştırmada, alfa-siklopentandion yapısında olan ketonların kahve aroması açısından önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Piridinler: Piridin bileşikleri hidroksi amino asitlerin prolizi veya Amodori bileşiklerinin parçalanması sonucu oluşmaktadır. Kahvede bulunan en önemli piridinlerden piridin'in öncül bileşiği trigonellin'dir (Buffo ve Freire, 2004). Bu bileşiğin miktarının kavurma işlemi ile azaldığı bildirilmiştir (Furjimaki ve ark. 1969; Maira ve ark. 1995). Yaptığımız çalışmada, piridin bileşiğinin miktarı orta kavrulmuş kahvede 915 µg/l ve koyu kavrulmuş kahvede 6794 µg/l olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar Buffo ve Freire'yi (2004) destekler niteliktedir. Önceki

çalışmalarda piridin, bileşiğinin miktarının kavurma işlemi ile arttığı ve tespit edilmiştir (Shibamoto ve ark. 1982). Benzer şekilde, Kwan-Joon ve Shibamoto (2009) yaptıkları çalışmada piridin bileşikleri miktarının kavurma işlemi sıcaklığının artması ile orantılı olarak değiştiğini tespit etmişlerdir. Çalışmamızda koyu kavurma işleminin piridinlerin toplam miktarını önemli derecede arttırdığı saptanmıştır.

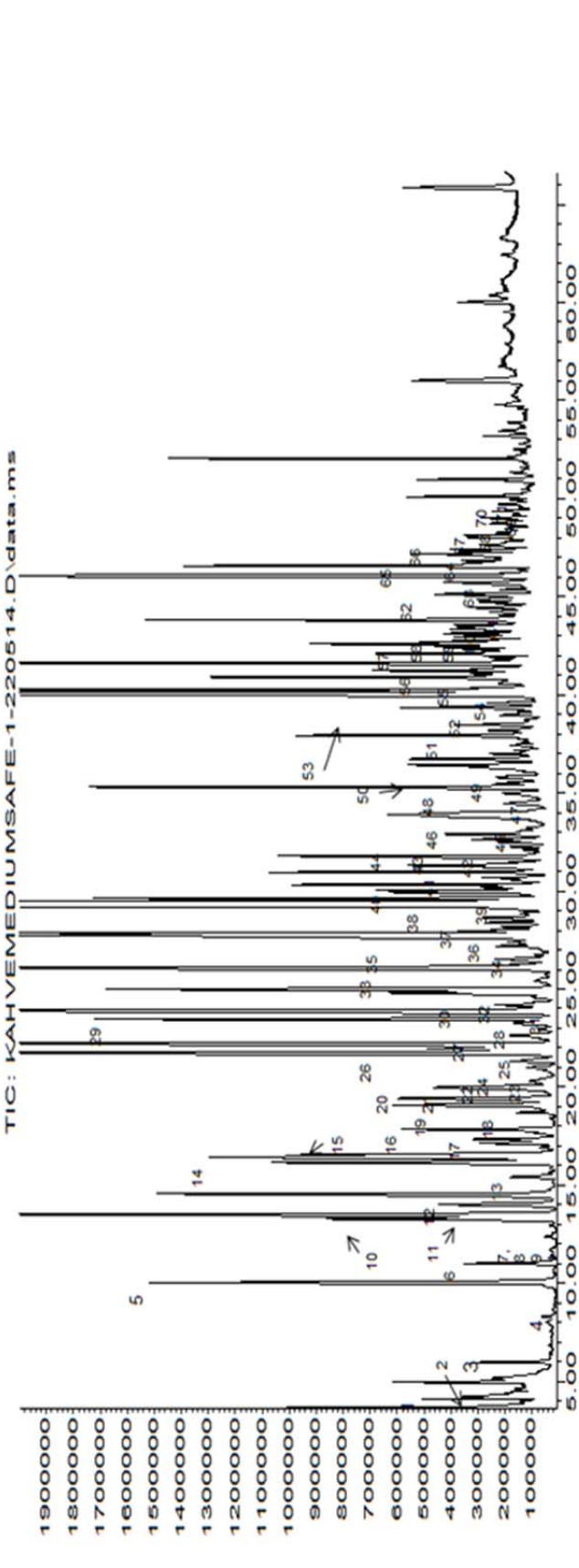
Piroller: Kahvede bulunan en önemli pirol öncül bileşiği trigonellin'dir (Buffo ve Freire, 2004). İlk defa kahvede tespit edilen piroller, gıdalarda (kavrulmuş badem, pişirilmiş kuşkonmaz, kavrulmuş malt, kızartılmış dana eti, bira, kek, çikolata, haşlanmış yumurta, patlamış mısır, soya sosu, mısır cipsi, çay) yaygın şekilde bulunan ve azot içeren heterosiklik bileşiklerdir (Maga, 1981). Pirol bileşikleri içerisinde miktar olarak en fazla bulunan 1H-pirol-2-karboksilaldehit olup, bu bileşiğin miktarı orta kavrulmuş kahvede 357 µg/l ve koyu kavrulmuş kahvede 481 µg/l olarak tespit edilmiştir. Önceki çalışmalarda 1H-pirol, 1H-pirol-2-karboksilaldehit ve 2-asetilpirol kahvede belirlenmiştir (Galileo ve ark. 2006; Kwan-Joon ve Shibamoto, 2009; Rodrigues ve ark. 2012).

Tiyazoller: Tiyazoller ve pirazinler benzer duyusal özellik gösterirler. Kavrulmuş kakao, kavrulmuş fıstık, domates ve pişmiş et gibi gıdaların aroması üzerinde etkilidirler. Bu bileşiklerin sistein, sistin ve metionin gibi sülfür içeren amino asitlerin sükroz ile etkileşimi sonucu oluştuğu bildirilmiştir (Buffo ve Freire, 2004). Tiyazol bileşiği olarak kahvede yalnızca tiyazol ve 4-metiltiyazol belirlenmiştir. Bu bileşiklerden tiyazol miktarı sırasıyla orta kavrulmuş Türk kahvesinde 15 µg/l ve koyu kavrulmuş kahvede 61 µg/l olarak bulunmuştur. 4-metiltiyazol kahveye yeşil ve fındıksı bir koku kazandırmaktadır. Bu bileşiğin miktarı orta kavrulmuş Türk kahvesinde 9 µg/l ve koyu kavrulmuş kahvede 18 µg/l olarak bulunmuştur Her iki aroma bileşiği önceki çalışmalarda Arabika kahvede de belirlenmiştir (Fuster ve ark. 2000; Marin ve ark. 2008).

Tiyofenler: Tiyofenlere daha çok pişirilmiş ve kavrulmuş gıdalarda rastlanmaktadır. Bu bileşikler de sistein, sistin ve metionin gibi sülfür içeren amino asitlerin sakkaroz ile etkileşimi sonucu meydana gelmektedir (Buffo ve Freire, 2004). Kahvede tiyofen bileşiği olarak 2-tiyofenmetanol belirlenmiştir. Bu bileşiğin miktarı sırasıyla orta kavrulmuş kahvede 84 µg/l ve koyu kavrulmuş kahvede 162

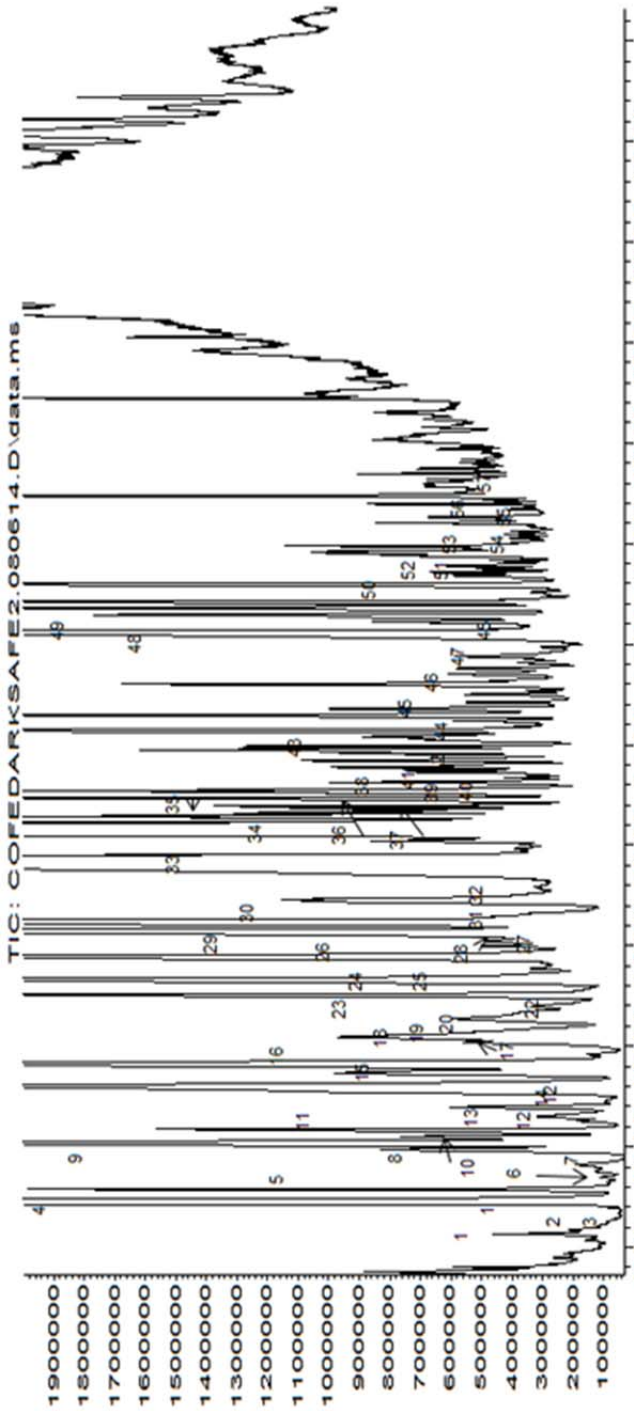
µg/l olarak bulunmuştur. Önceki çalışmalarda Fujioka ve Shibamoto (2006) kahvede 2-tiyofenmetanol bileşiğini tespit etmişlerdir. Silwar ve Lüllmann (1993) uygulanan kavurma sıcaklık ve süresinin artması ile 2-tiyofenmetanol miktarının arttığını saptamışlardır. Yaptığımız çalışmada uygulanan ikinci kavurma işlemi ile toplam tiyofen miktarında bir artış görülmüştür.

Piranonlar: Bu bileşikler enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucu oluşan oksijenli heterosiklik maddelerdir. Kahvede tespit edilen en önemli piranon, bileşiği olan 3-hidroksi-2-metil-4H-piran-4-on'nun (Maltol) miktarı sırasıyla orta kavrulmuş kahvede 384 µg/l ve koyu kavrulmuş kahvede 441 µg/l'dır. Bu bileşiğin kokusu karamelimsi, tatlı, meyvemsi, fındıksı veya yanık olarak tanımlanmıştır (Rios ve ark. 2007; Miyazoto ve ark. 2013b). Önceki çalışmalarda Silwar ve Lüllmann (1993) uygulanan kavurma sıcaklık ve süresinin artması ile maltol miktarının arttığını tespit etmişlerdir. Yaptığımız çalışmada uygulanan ikinci kavurma işlemi ile toplam piranon ve özellikle maltol miktarı yükselmiştir.



1.2,3-bütandion, 2.3-metil-2-bütenal, 3.2,3-pentandione, 4. 1-metil-1H-pirol, 5. piridin, 6. pirazin, 7. 2-metil-piridin, 8. 3-hidroksi-3-metil-2-bütanon, 9. Tiyazol, 10. 2-metiltetrahidrofuran-3-on, 11. 2-metilpirazin, 12. 3-hidroksi-2-bütanon, 13. 1-hidroksi-2-propanon, 14. 3-metil-piridin,15. 4-metiltiyazol, 16. 2,5-dimetilpirazin, 17. 2,6-dimetilpirazin, 18. 2-etilpirazin, 19. 3-etil piridin, 20. 2,3-dimetilpirazin, 21. 2-metil-bütenal, 22. 2-etil-6-metilpirazin, 23. 2-etil-5-metilpirazin, 24. 2-etil-3,5-dimetilpirazin, 25. 2,3,5-trimetilpirazin, 26. dihidro-2-metil-3(2H)-furanon, 27. 1-hidroksi-2-pentanon, 28. asetik asit, 29. furfural, 30-1-(asetiloksi)-2-propanon, 31.3-etil-2,5-dimetilpirazin,32. furfuril format, 33. 2-asetilfuran, 34. 2-metil-3-pentanon, 35. 1H-pirol, 36. Benzaldehit, 37. furfuril asetat, 38. 5-metil-2-furfural, 39. γ-Bütirolakton,40. 2-asetilpirazin, 41. (*E,E*)-2,4-hekzadienal, 42.furfuril alkol, 43. izovalerik asit, 44. 3-metil-bütanoikasit, 45. 2-asetil-3-metilpirazin, 46. 2-metil-2-pentanone, 47.2-metil-5-propenil-(E)-pirazin, 48. 2(5H)-furanon, 49. 2-hidroksi-3-metil-2-siklopenten-1-on, 50. 2-(2-bütoksietoksi)-etanol, 51. maple lakton, 52. hekzanoik asit, 53. gaiakol, 54. 2-formil-1-metil-pirol, 55. benzilalkol, 56. 2-asetilfenol, 57. feniletil alkol, 58. 2-tiyofenmetanol,59. maltol, 60. 2-asetilpirol, 61. fenol, 62. 1-H-pirol-2-karboksialdehit, 63 *p*-etilgaiakol, 64. furaneol, 65. 5-asetil-dihidro-2(3H)-furanon, 66. *m*-kresol, 67. nonanoik asit, 68. 4-vinil gaiakol, 69.*p*-kresol, 70.4-etil-fenol,71.4-vinilfenol, 72. Vanilin

Şekil 4. 2. Orta kavrulmuş Türk kahvesinin aroma maddelerinin GC-MS kromatogramı



1.2,3-bütandion,2.2,3-pentandione,3.1-metil-1H-pirol, 4.piridin, 5.pirazin, 6.2-metil-piridin,7.Tiyazol,8.Dihidro-2-metil-2(3H)-furanon, 9.2-metilpirazin,10. 3-hidroksi-3-metil-2-bütanon,11.1-hidroksi-2-propanon,12.3-metilpiridin, 13. 4-metil-tiyazol, 14.2,5-dimetilpirazin,15.2,6-dimetilpirazin,16.2,3-dimetilpirazin, 17. 4-hidroksi-4-metil-2-pentanon, 18. 3-etilpiridin, 19. 2-etil-5-metilpirazin, 20. 2-etil-6-metilpirazin, 21.2-etilpirazin,22.2-etil-3-metilpirazin, 23. 2-etil-3,5-dimetilpirazin, 24. 2,3,5-trimetilpirazin, 25. furfural, 26. 1-(asetiloksi)-2-propanon, 27. 3-etil-2,5-dimetilpirazin, 28. 2-asetilfuran, 29. benzaldehit, 30. (*E,E*)-2,4-heksadienal, 31. furfuril propionat, 32. 1-H-pirol, 33. 5-metil-2-furfural, 34. γ-Bütirolakton,35. 2-asetilpirazin, 36.furfuril alkol, 37. 3-metilbütanoik asit, 38. 2-asetil-3-metilpirazin, 39. 3-metil-2(5H)-furanon, 40-2-hidroksi-3-metil-2-siklopenten-1-on, 41.2-metil-5-propenil-(*E*)-pirazin, 42. tetahidro-2H-piran-on, 43.gaiakol, 44. 2-asetil-5-metil-furan, 45. benzilalkol, 46. 2-tiyofenmetanol, 47. feniletilalkol, 48. maltol, 49. 2-asetilpirol, 50. fenol, 51. 1-H-pirol-2-karboksialdehit, 52. *p*-etilgaiakol, 53. *p*-kresol, 54. *m*-kresol, 55. 2-fenoksietanol, 56. 4-viniigaiakol, 57. 4-etilfenol

Şekil 4.3. Koyu kavrulmuş Türk kahvesinin aroma maddelerinin GC-MS kromatogramı

4.5. Türk Kahvesinin Aroma Aktif Bileşikleri

İki farklı sıcaklıkta kavrulan kahve çekirdeklerinden hazırlanan Türk kahvesinin aroma-aktif bileşikleri, bu bileşiklerin verdiği kokular ve koku seyreltme (KS) faktörleri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Aroma-aktif bileşiklerin belirlenmesinde hassas olfaktometrik yöntemlerden biri olan "Aroma Ekstrakt Seyretme Analizi (AESA)" yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde aşamalı olarak çözgen ile seyreltilen aromatik ekstrakt, GC-MS-Olfaktometri cihazına enjekte edilip koklanmakta ve herhangi bir kokunun hissedilmediği seyreltmede analiz tamamlanmaktadır. Seyreltme derecesi "koku seyreltme değeri (KS)" olarak ifade edilmektedir. Yüksek KS değerine sahip aroma maddesinin, aroma aktiflik derecesi de yüksek olmaktadır. Bu yöntem literatürde, kavrulmuş kahve (Semmelroch ve ark.1995; Czerny ve ark.1996b), pişirilmiş kahve (Semmelroch ve Grosch, 1996) ve kahve içeceği (Sanz ve ark.2002) örneklerinin aroma aktif bileşiklerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

Çizelge 4. 5. Türk Kahvesinin Aroma-Aktif Bileşikleri (KS≥4)

LRI	Aroma Maddeleri	Verdiği Kokular	Koku Seyreltme (KS) Faktörü	
			Orta	Koyu
985	2,3-bütandion	Yağımsı	16	32
1075	2,3-pentandion	Yağımsı, meyvemsi	8	8
1180	Piridin	Yanık	-	8
1223	Pirazin	Kavrulmuş, fındık, tatlı	8	32
1283	Dihidro-2-metil-3(2H)-furanon	Meyvemsi	4	16
1288	2-Metilpirazin	Kavrulmuş, fındıksı	32	32
1320	2,5-Dimetilpirazin	Kakao, kavrulmuş	32	64
1354	2-Etilpirazin	Kavrulmuş, fındıksı	256	256
1388	2,3-Dimetilpirazin	Fındıksı, kavrulmuş, kahve	32	64

Çizelge 4.5. Devamı

1402	2-Etil-5-metilpirazin	Kakao, kavrulmuş	32	32
1403	2-Etil-3,5-dimetil pirazin	Kavrulmuş, fındıksı	2048	1024
1407	2,3,5-Trimetilpirazin	Fındıksı, kavrulmuş, kahve	512	1024
1414	2-Etil-3-metilpirazin	Kavrulmuş, fıstıksı	-	2048
1469	Furfural (Furankarboksilaldehit)	Kavrulmuş, yanık, karamel	64	16
1478	1-(Asetiloksi)-2-propanon	Meyvemsi	-	32
1503	3-Etil-2,5-dimetil pirazin	Fındıksı	1024	512
1510	2-Asetilfuran	Kavrulmuş, patlamış mısır	512	1024
1525	Tanımlanamadı	Biber	512	256
1542	Furfuril propanoat	Meyvemsi, çiçeksi	-	64
1612	γ-Bütirolakton	Yağımsı, Hoş	512	512
1627	2-Asetilpirazin	Patlamış mısır	256	512
1631	5H-(5-Metil)-6,7-dihidro siklopentapirazin	Fıstık, kavrulmuş	-	256
1650	Tanımlanamadı	Sebze	32	-
1664	Furfuril alkol	Yanık, meyvemsi	64	256
1690	3-metil bütanoik asit	Peynir kokusu, ransit	-	1024
1860	2-Hidroksi-3-metil-2-siklopenten-1-on	Karamel, tatlı	64	128
1864	Gaiakol	Fenolik, yanık	8	512
1938	3-Hidroksi-2-metil-4H-piran-4-on	Tatlı, karamel	8	32
2028	1H-Pirol-2-karboksilaldehit	Patlamış mısır	32	32
2555	Vanilin	Vanilya kokusu	4	-

Çizelgeden 4.5'te görüldüğü gibi orta kavrulmuş Türk kahvesinde 24 adet aroma-aktif bileşik belirlenmiş ve bunlardan 22 tanesi tanımlanmış; koyu kavrulmuş Türk kahvesinde ise 28 adet aroma-aktif bileşik belirlenmiş ve bunlardan 27 tanesi tanımlanmıştır. Orta kavrulmuş Türk kahvesinde toplam 2 adet (LRI:1525 ve LRI:1650) ve koyu kavrulmuş Türk kahvesinde ise toplam 1 adet (LRI:1525) tanımlanamayan aroma-aktif bileşik saptanmıştır. Bu bileşikler piklerin genellikle çok küçük ve/veya sahip oldukları kütle/yük (m/z) oranlarından dolayı GC/MS cihazında tanımlanamamışlardır. Aroma-aktif bileşiklerin koku seyreltme değerleri (KS) 4-2048 arasında değişmiştir.

Her iki Türk kahvesinde tespit edilen aroma-aktif bileşiklerin 12'sini pirazin, 5'ini furan, 4'ünü keton, 2'sini fenol, 1'ini pirol, 1'ini asit, 1'ini piridin, 1'ini lakton ve 1'ini piranon bileşiği oluşturmuştur.

Görüldüğü gibi pirazinler Türk kahvesinin en önemli aroma-aktif bileşikleridir. Bu bileşikler kahveye verdiği kavrulmuş, fındıksı ve fıstıksı kokular nedeniyle önemli bir aroma grubudur. Önceki çalışmalarda da bu bileşiklerin sahip oldukları düşük algılanma eşik değerlerinden dolayı kahvede önemli aroma maddeleri olduğu bildirilmiştir (Semmelroch ve ark. 1995; Czerny ve ark. 1996b; Semmelroch ve Grosch, 1996; Sanz ve ark. 2002; Müller ve Rappet, 2010). Çizelge 4.3'ten de görüldüğü gibi 12 adet aroma-aktif pirazin belirlenmiştir. Bu bileşikler, pirazin (kavrulmuş fındık, tatlı), 2-metilpirazin (kavrulmuş, fındıksı), 2,5-dimetilpirazin (kakao, kavrulmuş), 2,3-dimetilpirazin (fındıksı, kavrulmuş, kahve), 2-etilpirazin (fındıksı, kavrulmuş), 2-etil-3-metilpirazin (fıstıksı, kavrulmuş), 2-etil-5-metilpirazin (kakao, kavrulmuş), 2,3,5-trimetilpirazin (fındıksı, kavrulmuş, kahve), 3-etil-2,5-dimetilpirazin (fındıksı), 2-etil-3,5-dimetilpirazin (fındıksı, kavrulmuş), 2-asetilpirazin (patlamış mısır), 5H-(5-metil)-6,7-dihidro siklopentapirazin (fıstık, kavrulmuş) olarak sıralanmaktadır.

Belirlenen pirazin bileşiklerinden 2-etil-3,5-dimetilpirazin (KS_{orta}:2048 ve KS_{koyu}:1024) , 2-etil-3-metilpirazin (KS_{koyu}: 2048), 2,3,5-trimetilpirazin (KS_{orta}: 512 ve KS_{koyu}:1024) ve 3-etil-2,5-dimetilpirazin (KS_{orta}: 1024 ve KS_{koyu}:512) Türk kahvesinde tespit edilen en güçlü aroma-aktif bileşiklerdir. Önceki çalışmalarda, 2-etil-3,5-dimetilpirazin'in KS değeri kavrulmuş kakao çekirdeklerinde 2048

(Frauendorfer ve Schieberle, 2006;2008) ve tahıl kahvesinde 1024 (Majcher ve ark. 2013) olarak bulunmuştur. Benzer şekilde Grosch (1998) kavrulmuş kahvede 2-etil-3,5-dimetilpirazin'in KS değerini 2048 olarak bildirmiş, vermiş olduğu kokuyu ise kavrulmuş olarak tanımlamıştır. Schenker ve ark. (2002) Arabika kahve üzerinde yaptıkları çalışmada 2-etil-3,5-dimetilpirazin ve 2-etil-3-metilpirazin bileşiklerinin ikisini de aroma-aktif olarak belirlemişler ve bu bileşiklerin KS değerlerini ise sırasıyla 1024 ve 32 olduğunu belirtmişlerdir. Kahve dışında 2-etil-3,5-dimetilpirazin bileşiği, kavrulmuş susamda (Schieberle, 1999), fıstıkta (Greene ve ark. 2008) ve patates çerezinde (Majcher ve ark. 2009) yüksek KS değerine sahip aroma-aktif bileşik olarak tespit edilmiştir. 3-Etil-2,5-dimetilpirazin bileşiği 1 ppb gibi oldukça düşük algılanma eşik değerine sahiptir (Calebretta, 1975). Tressl (1989), bu bileşiği izomeri olan 2-etil-3,5-dimetilpirazin gibi kahve aroması üzerinde etkili olduğunu belirtmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda, Arabika cinsi kavrulmuş kahve için 2,3,5-trimetilpirazin bileşiği aroma-aktif pirazin bileşikleri arasında tespit edilmiştir (Blank ve ark. 1991; Schenker ve ark. 2002). Benzer şekilde Frauendorfer ve Schieberle (2008) kavrulmuş kakao örneklerinde 2,3,5-trimetilpirazin'i aroma-aktif olarak tespit etmiş ve KS değerini 256 olarak bildirmiştir. Türk kahvesinde tespit edilen diğer aroma-aktif pirazin bileşikleri arasında 5H-(5-metil)-6,7-dihidro siklopentapirazin koyu Türk kahvesinde, 2-asetilpirazin ve 2-etilpirazin'in KS değeri yalnızca orta kavrulmuş Türk kahvesinde 256 olarak bulunmuştur. Önceki çalışmalarda, Blank ve ark. (1991;1992) pişirilmiş Arabika ve Robusta kahvesinde yaptıkları çalışmada 5H-(5-metil)-6,7-dihidro siklopentapirazin bileşiğini aroma-aktif olarak tanımlamışlardır. Araştırmacılar bu bileşiğin fıstık kokusu verdiğini bildirmişlerdir. Miyazoto ve ark. (2013b) Brezilya cinsi kavrulmuş Arabika kahvede 5H-(5-metil)-6,7-dihidro siklopentapirazin bileşiğinin FD faktörünü 81'den büyük bulmuş, verdiği koku ise kavrulmuş olarak tanımlamışlardır. Farklı bir çalışmada ise, Akiyama ve ark. (2007) Etiyopya cinsi orta kavrulmuş Arabika kahve çekirdeklerinden hazırlanan kahvede, 6,7-dihidro-5-metil-5H-siklopentapirazin'i aroma aktif olarak tespit etmişlerdir.

2-Etilpirazin bileşiği önceki çalışmalarda, kavrulmamış yeşil kahve (Witzhum ve ark. 1976), kavrulmuş Arabika kahvede çekirdeklerinde (Goldman ve ark. 1967) ve

Arabika kahvede (Shimoda ve Shibamoto, 1990a; Cheong ve ark. 2013) aroma bileşiği olarak bildirilmiştir. Kavrulmuş ve fındıksı koku veren 2-etilpirazin, Rong ve ark. (2010) tarafından kavrulmuş fıstıkta, Acena ve ark. (2010) tarafından kavrulmuş antep fıstığında, Joshi ve Gulati (2015) tarafından ise siyah çayda aroma-aktif bileşik olarak tespit edilmiştir. Araştırmacılar 2-etilpirazin'in kokusunu kavrulmuş ve fındıksı olarak tanımlamışlardır. Aroma-aktif pirazin bileşikleri içerisinde en düşük KS değerine 2,3-dimetilpirazin (KS_{orta}: 32 ve $KS_{koyu:}$ 64), 2,5-dimetilpirazin (KS_{orta}: 32 ve $KS_{koyu:}$ 64) ve 2-metilpirazin (KS_{orta}: 32 ve $KS_{koyu:}$ 32) sahiptir. Önceki araştırmalarda, Schenker ve ark. (2002) Kolombiya cinsi kavrulmuş Arabika kahvede 2,5-dimetilpirazin bileşiğini aroma aktif olarak tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Joshi ve Gulati (2015), 2,5-dimetilpirazin bileşiğini siyah çayda aroma-aktif olarak tespit etmiş ve KS değerini 128 bulmuşlardır. 2-Metilpirazin kahveye fındıksı ve kavrulmuş bir koku vermektedir. Bu bileşiğin KS değeri 32 olarak bulunmuştur. Önceki araştırmalarda bu bileşik pişirilmiş kahvede aroma aktif olarak tespit edilmiştir (Tong Chin ve ark. 2011; Puvipirom ve Chaiseri, 2012). 2,3-Dimetilpirazin bileşiği ise kahveye fındıksı ve kavrulmuş bir koku kazandırmaktadır. Bu bileşiğin KS değeri 64 olarak bulunmuştur. Tong Chin ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada kavrulmuş kahvede bu pirazin bileşiğini GC-O ile belirlemişlerdir.

2,3-Bütandion (KS_{orta}:16 ve $KS_{koyu:}$32), 2,3-pentandion (KS_{orta}:8 ve $KS_{koyu:}$8), 2-hidroksi-3-metil-2-siklopenten-1-on (KS_{orta}: 64 ve $KS_{koyu:}$ 32) ve 1-(asetiloksi)-2-propanon ($KS_{koyu:}$32) aroma aktif keton bileşikleri olarak kahve örneklerinde belirlemişlerdir. Ketonlar içerisinde 2,3-bütandion ve 2,3-pentandion sırasıyla, suda 6,5 ppb ve 30 ppb düşük algılanma eşik değerleri ile aroma-aktif bileşikler arasında önemli bir yere sahiptir. Bu bileşikler kahveye yağımsı, meyvemsi bir koku kazandırmaktadır (Blank ve Grosch, 1992; Semmelroch ve Grosch, 1996; Mayer ve ark. 1999; Galileo ve ark. 2006; Mestdagh ve ark. 2014). Önceki çalışmalarda, 2,3-bütandion için KS değeri çözünebilir kahvede 32 (Sanz ve ark. 2002), Arabika kahvede 62,5 (Semmelroch ve Grosch, 1995b) ve Kolombiya cinsi kavrulmuş Arabika kahve çekirdeklerinde ise 256 (Schenker ve ark. 2002) olarak bulunmuştur. 2,3-Bütandion bileşiği patates çerezinde (Majcher ve ark. 2009), kavrulmuş susamda (Schieberle, 1996), kahvede (Mestdagh ve ark. 2014) ve tahıl kahvesinde Majcher ve

ark. 2013) aroma-aktif keton bileşiği olarak tespit edilmiştir. Semmelroch ve Grosch (1995b) Kolombiya cinsi pişirilmiş ve kavrulmuş Arabika kahvede 2,3- pentandion bileşiğini aroma-aktif keton olarak tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Mestdagh ve ark. (2014) kahvede bu bileşiği aroma aktif olarak tanımlamıştır.

Ramos ve ark. (1998), 2-hidroksi-3-metil-2-siklopenten-1-on bileşiğini Arabika kahvede belirlemişlerdir. Bu bileşik Etiyopya cinsi orta kavrulmuş Arabika kahve çekirdeklerinden hazırlanan kahvede (Akiyama ve ark. 2007) ve sütlü espresso'da (Akiyama ve ark. 2009) aroma-aktif bileşik olarak tespit edilmiştir. Kahveye meyvemsi koku veren 1-(asetiloksi)-2-propanon için KS değeri 32 bulunmuştur. Önceki araştırmalarda bu bileşik ananas meyvesinde aroma-aktif keton (Tokimoto ve ark. 2005) ve kavrulmuş kahvede aroma bileşiği (Cheong ve ark. 2013) olarak tespit edilmiştir.

Furan bileşikleri içerisinde dihidro-2-metil-3(2H)-furanon (meyve), furfural (kavrulmuş, yanık, karamel), 2-asetilfuran (kavrulmuş, patlamış mısır), furfuril propionat (meyvemsi, tatlı) ve furfuril alkol (yanık, meyvemsi) aroma-aktif furan bileşiği olarak belirlenmiştir. Furan bileşiklerinin KS değerleri sırasıyla 4-1024 arasında bulunmuştur. Galilea ve ark. (2006) filtre edilmiş espressonun aroma-aktif furan bileşikleri arasında dihidro-2-metil-3(2H)-furanon ve 2-furfuril propionat bileşiğini tespit etmişlerdir. Önceki araştırmalarda, 2-asetilfuran bileşiği filtre edilmiş espressoda (Galilea ve ark. 2006) ve kavrulmuş antep fıstığında (Acena ve ark. 2010) aroma-aktif olarak tespit edilmiştir. Furfuril alkol (2-furanmetanol) kahveye yanık ve meyvemsi bir koku kazandırmaktadır. Bu bileşik yeşil kahve çekirdeklerinde (Rios ve ark. 2007), pişirilmiş kahvede (Piccino ve ark. 2014; Mestdagh ve ark. 2014), tatlı patateste (Wang ve Kays, 2000) ve kavrulmuş fıstıkta (Rong ve ark. 2010) aroma-aktif olarak saptanmıştır. Furfural bileşiği kahveye kavrulmuş ve ekmek kokusu vermektedir. Bu bileşik yeşil kahvede (Galilea ve ark. 2006), pişirilmiş kahvede (Mestdagh ve ark. 2014) ve kavrulmuş fıstıkta (Rong ve ark. 2010; Schirack ve ark. 2006) aroma aktif olarak tespit edilmiştir.

Türk kahvesinde belirlenen fenol bileşikleri içerisinde yalnızca gaiakol (fenolik, yanık) ve vanilin (vanilya kokusu) aroma-aktif fenol bileşikleri olarak bulunmuştur. Bu bileşiklerinin KS değerleri orta ve koyu kavrulmuş Türk kahvesi

örnekleri için sırasıyla 512 ve 4 olarak tespit edilmiştir. Önceki çalışmalarda, gaiakol bileşiğinin KS değeri, çözünebilir Arabika kahvede 256 (Schenker ve ark. 2002), tahıl kahvesinde 512 (Majcher ve ark. 2013), kahve içeceğinde 1024 (Wagenstaller ve Buettner, 2014), Brezilya cinsi Arabika kahvede 729 (Miyazoto ve ark. 2013b), kavrulmuş kakao çekirdeklerinde 256 (Frauendorfer ve Schieberle, 2008) ve kavrulmuş susamda 256 (Schieberle, 1996) olarak bulunmuştur. Araştırmacılar, bu bileşiğin fenolik ve yanık bir koku verdiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Rios ve ark. (2007) yeşil kahvenin aroma aktif bileşikleri arasında gaiakol bileşiğini tespit etmiş, kahvede verdiği kokuyu yanık olarak belirlemişlerdir. Grosch (1998) kavrulmuş Kolombiya cinsi Arabika kahvede vanilin bileşiğinin KS değerini 32 olarak tespit etmiştir. Vanilin 25 mg/kg algılanma eşik değerine sahiptir ve yaptığımız çalışmada örneklerde düşük miktarda tespit edildiği için KS_{orta}:4 bulunmuştur.

Türk kahvesinde aroma-aktif lakton bileşiği olarak γ-bütirolakton'u belirlenmiştir. Kahveye hoş, yağımsı ve meyvemsi bir koku veren bu lakton bileşiğinin her iki Türk kahvesinde KS değeri 512 olarak tespit edilmiştir. Rios ve ark. (2007) yeşil kahvede γ-bütirolakton'u aroma-aktif bileşik olarak tespit etmişlerdir. Moon ve Shibamoto (2009) yaptıkları çalışmalarda yeşil kahve çekirdeklerinde bulunan klorojenik asitin laktonlar için öncül bileşik olduğunu belirtmiştir.

Asit bileşikleri içerisinde 3-metil-bütanoik asit Türk kahvesinde belirlenen önemli aroma-aktif asit bileşiğidir. Bu bileşiğin KS değeri yalnızca koyu kavrulmuş Türk kahvesinde 1024 olarak bulunmuştur. Önceki çalışmalarda Holscher ve Steinhart (1995) yeşil kahve çekirdeklerinde 3-metil-bütanoik asit'i tespit etmişlerdir. Bu bileşiğin kahveye, peynirimsi ve hoş olmayan bir kokuya kazandırdığı bildirilmiştir (Keith ve Powers, 1968). Önceki çalışmalarda benzer şekilde, 3-metil-bütanoik asit için KS değeri Brezilya cinsi Arabika kahvede 256 (Wagenstaller ve Buettner, 2014), Kolombiya cinsi kavrulmuş kahve çekirdeklerinde 128 (Grosch, 1998), filtre edilmiş espresso kahvede 256 (Sanz ve ark. 2002) ve kavrulmuş kakao çekirdeklerinde 4096 (Frauendorfer ve Schieberle, 2008) olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar bileşiğin kokusunu peynirimsi ve ransit olarak tanımlamışardır.

Türk kahvesi örneklerinde piranon bileşiği (3-hidroksi-2-metil-4H-piran-4-on), piridin bileşiği (piridin) ve pirol bileşiği (1-H-pirol-2-karboksilaldehit) tespit edilen

diğer aroma-aktif bileşiklerdir. Yaptığımız çalışmada, bu bileşikler için KS değeri 4-32 olarak bulunmuştur.

Kahve örneklerinde 2 adet tanımlanamayan aroma-aktif bileşik tespit edilmiştir. Bu bileşikler LRI:1525 (biberimsi) ve LRI: 1650 (sebze)'dir. Kahve örneklerinin genel aromasını olumsuz etkileyen LRI:1525 için KS_{orta}: 512 ve KS_{koyu}: 256, LRI: 1650 içinse KS_{orta}: 32 olarak bulunmuştur.

4.6. Türk Kahvesinin Duyusal Özellikleri

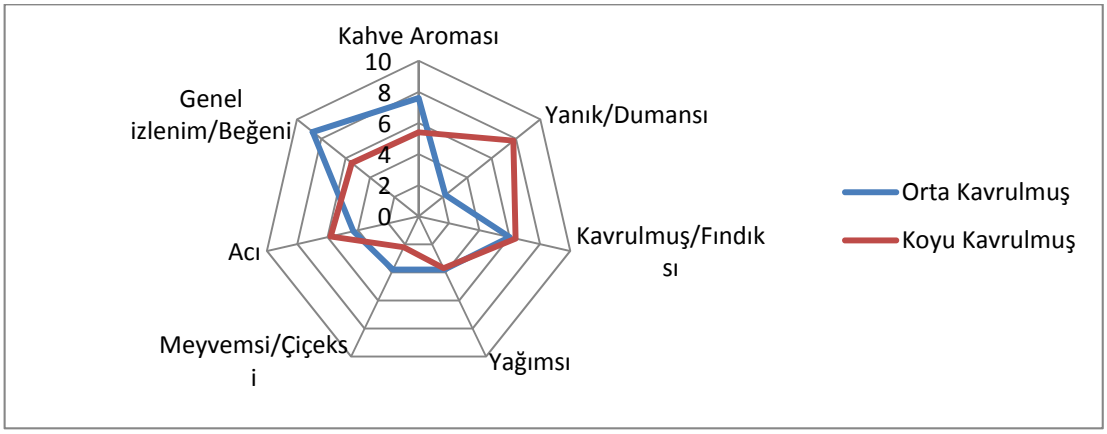
Kahve örneklerinin duyusal özellikleri lezzet profili analizi testi ile değerlendirilmiştir. Kahvelerde aroma profil analizleri 9 kişilik bir panelist grubu tarafından gerçekleştirilmiştir (Altuğ ve ark. 2005). Panelistler lezzet aroma profili analizinde Türk kahveleri, 7 farklı kritere göre ve 10 puan üzerinden değerlendirmişlerdir. Değerlendirme sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiş ve bu sonuçlar görsel olarak daha iyi yansıtılması için örümcek ağı diyagramı üzerinde Şekil 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Kahve örneklerinin lezzet profil analiz sonuçları*

Duyusal Özellikler	Orta Kavrulmuş Türk Kahvesi	Koyu Kavrulmuş Türk Kahvesi	F
Kahve aroması	7.6	5.4	*
Yanık/Dumansı	2.2	7.8	*
Kavrulmuş/Fındıksı	6.0	6.4	ö.d
Yağımsı	3.8	3.7	ö.d
Meyvemsi/Çiçeksi	3.8	2.2	ö.d
Acılık	4.3	7.8	*
Genel izlenim/Beğeni	8.7	5.5	*

*: ortalama değerler: $p<0.05$ önem düzeyinde önemlidir, ö.d: önemli değil

Lezzet profil analizine göre kahve örnekleri "kahve aroması, yanık/dumansı, kavrulmuş/fındıksı, yağımsı, meyvemsi/çiçeksi, acılık ve genel izlenim/beğeni özelliklerine göre değerlendirilmiştir. Yağımsı ve kavrulmuş özellik açısından her iki kahve örneği birbirine yakın puanlar almışlardır. Orta kavrulmuş Türk kahvesi kahve aroması ve genel izlenim/beğeni açısından koyu kavrulmuş Türk kahvesi örneğine göre daha yüksek puanlar almış ve sonuçlar istatistiksel olarakta önemli bulunmuştur (Çizelge 4.6). Öte yandan koyu kavrulmuş Türk kahvesi acılık bakımından oldukça yüksek puan almıştır.



Şekil 4.4. Kahve örneklerinin lezzet profil analiz sonuçlarının örümcek ağı diyagramı

Genel bir değerlendirme yapıldığında orta kavrulmuş Türk kahvesi panelistler tarafından daha çok beğenilmiş ve tercih edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada, orta ve koyu kavrulmuş Arabika kahve çekirdeklerinden hazırlanan Türk kahvesinin aroma maddeleri, aroma-aktif bileşikleri ve antioksidan bileşimleri incelenmiş ve kavurma işleminin bu bileşikler üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu araştırmada elde edilen bulguları aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür:

1. Kahvede tespit edilen aroma maddelerinin % 67.09'unu pirazin (% 20.25), furan (% 15.19), keton (% 12.66), fenoller (% 12.66) ve laktonlar (% 6.33) oluşturmuştur. Yapılan çalışma sonucunda orta kavruma işlemi uygulanmış kahve çekirdeklerinden elde edilen Türk kahvesinde 72 adet ve koyu kavruma işlemi uygulanmış kahve çekirdeklerinden elde edilen Türk kahvesinde ise 57 adet aroma maddesi belirlenmiştir
2. Koyu kavurma işlemi uygulaması aroma maddeleri miktarını önemli düzeyde artırmıştır. Koyu kavurma işlemi özellikle piridin, furan, lakton ve ketonların miktarında etkili olmuştur. Bu bileşiklerin miktarı artarken, asitlerin miktarı önemli derecede azalmıştır.
3. Her iki Türk kahvesi örneğinde aroma-aktif bileşikler olarak 2-etil-3,5-dimetilpirazin (KSorta: 2048 ve KSkoyu:1024), 2-etil-3-metilpirazin (KSkoyu: 2048), 3-metilbütanoik asit (KSkoyu: 2048), 2,3,5-trimetilpirazin (KSorta: 512 ve KSkoyu: 1024) ve 3-etil-2,5-dimetilpirazin (KSorta: 1024 ve KSkoyu: 512) en yüksek KS değerlerine sahip aroma maddeleri olarak tespit edilmiştir. Bu bileşikler kahveye genel olarak fındıksı, kavrulmuş, kahve ve peynirimsi kokular kazandırmaktadır.
4. Pirazinler aroma ve aroma-aktif bileşiklerinin önemli bir kısmını oluşturmaktadırlar. Kahvede toplamda 16 pirazin bileşiği tespit edilmiş olup, bunların 12 tanesi aroma-aktif bileşikler arasında yer almaktadır. Koyu kavurma işlemi ile toplam miktar olarak bir artış görülmüştür. Kavurma işlemi ile 3-etil-2,5-dimetilpirazin bileşiğinin miktarında bir azalma meydana gelmiştir.

5. Türk kahvesinin antioksidan değerinin, orta kavurma işleminden koyu kavurma işlemine doğru azaldığı tespit edilmiştir
6. Duyusal değerlendirmelerde lezzet profil analizine göre, orta kavrulmuş kahve çekirdeklerinden pirişilen Türk kahvesi, koyu kavrulmuştan hazırlanana göre anlamlı düzeyde farklılık içermiştir ve daha çok tercih edilmiştir. Bu bulgular göz önünde bulundurularak, tüketici açısından tercih edilebilir tatta Türk kahvesi üretmek için benzer araştırmalar sürdürülmeli ve elde edilen verilerle Türk kahvesinin karakteristik özelliklerine daha belirgin bir nitelik kazandırılmalıdır. Öte yandan, kavurma uygulamalarında farklı sıcaklık sürelerinin araştırılması Türk kahvesinin, aroma-aktif ve antioksidan profilinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

ACENA, L., VERA, L., GUASCH, J., BUSTO, O., ve MESTRES, M., 2010. Comprative study of two extraction techniques to obtain representative aroma extracts for being analysed by gas chromatography-olfactometry: Application to roasted pistachio aroma. Journal of Chromotography A. 1217: 7781-7787.

ACREE, T.H., BARNARD J., ve CUNNIGHAM, D.G., 1984. A procedure for the sensory analysis of gas chromatographic effluents. Food Chemistry, 14:273-28.

AKIYAMA, M., MURAKAMI, K., IKEDA, M., IWATSUKI, K. WADA, A., TOKUNO, K., ONISHI, M., IWABUCHI, H., ve SAGARA, Y., 2009. Analysis of the freshly brewed espresso using a retronasal aroma simulator and influence of milk addition. Food Science Technology Resolution, 15(3):233-244.

AKIYAMA, M., MURAKAMI, K., IKEDA, M., IWATSUKI, K. WADA, A., TOKUNO, K., ONISHI, M., ve IWABUCHI, H., 2007. Analysis of the head space volatiles of freshly brewed arabica coffee using solid microphase extraction. Journal of Food Chemistry and Toxicology, 72:388-396.

ALI, M., HHOMANN, T., KREISEL, J., KHALIL, M., PUHLMANN, R., KRUSE, H.P., ve RAWEL, H., 2012. Characterization and modeling of the interactions between coffee storage proteins and phenolic compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60:11601−11608.

ALINE, T. T., ve FARAH, A., 2008. Volatile compounds as potential defective coffee beans markers. Journal of Food Chemistry, 108, 1133-1141.

ALVES, R.C., CASAL, S., ve OLIVIERA, M.B.P.P., 2010. Tocopherols in coffee brews:Influence of coffee species, roast degree and brewing procedure. Journal of Food Composition and Analysis, 23:802–808.

ALVES, R.C., CASAL, S., AlVES, M.R., ve OLIVIERA, M.B., 2009. Discrimination between arabica and robusta coffee species on the basis of their tocopherol profiles. Food Chemistry, 114:295-299.

ARAUJO, J.M.A., ve SANDI, D., 2006. Extraction of coffee diterpenes and coffee oil using supercritical carbon dioxide. Food Chemistry, 101:1087-1094.

ARISSETO, A.P., VICENTE, E., UENO, M.S., TFOUNI, S.A.V., TOLEDO, M.C.D.F., 2011. Furan levels in coffee as influenced by species, roast degree and brewing procedures. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59:3118-3124.

BAGGENSTOSS, J., POISSON, L., KAEGI, R., PERREN, R., ve ESCHER, F., 2008. Roasting and aroma formation: effect of initial moisture content and steam treatment. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56: 5847-5851.

BAGGENSTOSS, J., POISSON, L., LUETHI, R., PERREN, R., ve ESCHER, F., 2007. Influence of water quench cooling on degassing and aroma stability of roasted coffee. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55: 6685-6691.

BECKER, R., DOELHA, B., NITZ, S., ve VIZTHUM, O.G., 1988. Identification of the peassy off-flavor note in central african coffees. 12th. International Colloq. Chem. Coffee, 203-215.

BHUMIRATANA, N., ADHIKARI, K., ve CHAMBERS IV., E., 2011. Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. LWT - Food Science and Technology, 44:2185-2192.

BLANK, I., Sen, ve A., Grosch, W., 1991. Aroma impact odorants of Arabica and Robusta coffee qualitative and quantative investigations, AISC 14t Colleque San Francisco.

BLANK, I., Sen, ve A., Grosch, W., 1992. Potent odorants of the roasted powder and brew of Arabica coffee. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung, 195:239-245.

BONDAROVICH, H.A., FREIDEL, P., KRAMPL, V., RENNER, J.A., STEPHARD, F.W., ve GIANTURCO, M.A., 1967. Volatile constituents of coffee. Pyrazines and other compounds. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 15:1093-9.

BROHAN, M., HUYBRIGHS, T., WOUTERS, C., ve BRUGGEN, B.V.D., 2009. Influence of storage conditions on aroma compounds in coffee pads using static headspace GC-MS. Food Chemistry, 116:480-483.

BUCHBAUER, G., KLEIN, C.T., WAILZER, B., ve WOLSCHAN, P., 2000. Threshold based structure-activity relationship of pyrazines with bell-pepper flavor. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48:4273-4278.

BUFFO, R.A., ve CARDELLI-FREIRE, C., 2004. Coffee flavour: an overview. Flavour and Fragnance Journal, 19:99-104.

BUTTERY, R.G., 1999. Flavor chemistry and odor thresholds. In Flavor Chemistry, 353-365.

CAGUE, R. MILLARD, ve M. & GIBSON, D., 2009. Beyond the bean: redefining coffee quality. Environment and Natural Resource Management and Agribusiness Practice Networks, 1-18.

CALABRETTA, P.J., 1975. Odor characteristics and thresholds of 2-methlypyrazine and derivates. Cosmet. Perfum., 90(6), 74-80.

CAMMERER, B., ve KROH, L.W. 2006. Antioxidant activity of coffee brews. Journal European Food Research and Technology, 223:469-474.

CANTERGIANI, E., BREVARD, H., KREBS, Y., MORALES, A.F., AMADO, R., ve YERETZIAN, C., 2001. Characterization of the aroma of green Mexican coffee and identification of mouldy/earthy defect. Journal European Food Research and Technology, 212:648-657.

CAPEK, P., PAULOVICOVA, E., MATULOVA, M., MISLOVICOVA, D., NAVARINI, L., ve LIVERANI, F.S., 2014. *Coffea arabica* instant coffe-chemical view and immunomodulating properties, Carbonhydrate Polymers, 103:418-426.

CASTILLO, M.D.D, AMES, J.M., ve GORDON, M.H., 2002. Effect of roasting on the antioxidant activity of coffee brews. Journal of Food Chemistry, 50:3698-3703.

CHANG, K.L, ve HO, P.C., 2014. Gas chromatography time-of-flight mass spectrometry (GC-TOF-MS)-based metabolomics for comprasion of caffeinated and decaffenated coffee and its implications for alzheimer's disease. Plos One, 9(8):1-7.

CHEONG, M.W., TONG, K.H., ONG, J.J.M., LIU, S.Q., CURRAN, P., ve YU, B., 2013. Volatile composition and antioxidant capacity of arabica coffee. Food Research International 51, 388–396.

CHIRALERTPONG, A., 2010. Modifying coffee quality by chemical manipulation, University of Nothingham, England-Doktora Tezi 221 sayfa.

CLARKE, R.J. ve MACRAE, R., 1988. Coffee: Physiology, London, Elsevier Applied Science.

CLARKE, R.J., ve VITZTHUM, O.G., 2001. Coffee; Recent Developments. Blackwell Science, 68-89.

CLINTON, W.P., 1986. The chemistry of coffee. 11th Int. Coolog. Chem. Coffee (ASIC), 87-92.

CZERNY, M., WAGNER, R.,ve GROSCH, W., 1999b. Detection of odor –active ethenylalkylpyrazines in roasted coffee. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44: 3268-3272.

CZERNY, M., MAYER, F., ve GROSCH, W., 1999a. Sensory study on the character impact odorants of roasted Arabica coffee. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47: 695–699.

ÇAĞLARIRMAK, N., ve UNAL, K.,1993. Kahvenin sroma bileşikleri ve kahve aromasını etkileyen faktörler. Gıda, 18:403-408.

DAVIS, A. P., 2001. Two New Species of Coffea L. (Rubiaceae) From Northern Madagascar. Adansonia, 23:2, 337-345.

DIMICK, K.P, ve CORSE, J., 1956. Gas chromatography- A new method for the seperation and identification of volatile materials in foods. Food Technology (Chiago), 10:360-4.

DUARTE, S.M.S., DE ABREU, C.M.P.,MENEZES, H.C., DOS SANTOS, M.C., GOUEVA, M.C.P., 2005. Effect of processing and roasting on the antioxidant activity of coffee brews. Ciência Tecnologie Alimentos, 25: 387-393.

EBELER E.S., TERRIEN M.B., ve BUTZKE, C.E., 2000. Analysis of brandy aroma by solid phase microextraction and liquid-liquid extraction. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 80: 625-630.

ENGEL, W., BAHR, W., SCHIEBERLE, P., 1999. Solvent-assisted flavour evaporation−a new versatile technique for the careful and direct isolation of aroma compounds from complex food matrices. European Food Research and Technology, 209, 237‑241.

ESQUIVEL, P., ve JIMENEZ, V.M., 2012. Functional properties of coffee by-products. Food Research International, 46:488-495.

ETIEVANT P.X., ve MAARSE H., 1986. Wine analysis. study and comparison of techniques developed for the study of volatile constituents. Chromatographia, 21:379-386.

FERREIRA, V., PETKA, J. ve AZNAR, M., 2002. Aroma extract dilution analysis. Precision and optimal experimental design. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50:1508-1514.

FISK, I.D., KETTLE, A., HOFMEISTER, S., VIRDIE, A., ve KENNY, J.S., 2012. Discrimination of roast and ground coffee aroma. Flavour and Fragrance Journal, 1-14.

FLAMENT, I., 2002. Coffee, Cocoa, and Tea Flavors: A Review of Present Knowledge. In Coffee Flavor Chemistry; John Wiley & Sons, Ltd.:Chichester, England. 424p

FLOEGEL, A., KIM, D.O., CHUNG, S.J., KOO, S.I., ve CHUN, O.K., 2011. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich foods. Journal of Food Composition and Analysis 24, 1043–1048.

FRANCA, A.S., OLIVIERA, L.S., OLIVIERA, R.C.S., MANCHA AGRESTI, P.C., ve AUGUSTI R., 2009. A preliminary evaluation of the effect of processing emperature on coffee roasting degree assessment. Journal of Food Engineering, 92:345−352.

FRANCE HERENT, M., ve COLLIN, S., 2000. Pyrazine and thiazole structural properties and their influence on the recovery of such derivatives in aroma extraction procedures. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46:1975-1980.

FRAUENDORFER, F., ve SCHIEBERLE, P. 2006. Identification of the key aroma compounds in cocoa powder based on molecular sensory correlations. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54:5521-5529.

FRAUENDORFER, F., ve SCHIEBERLE, P. 2008. Changes in key aroma compounds of criollo cocoa beans during roasting. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56: 10244-10251.

FUJIMAKI, M., KATO, H., ve KURATA, T., 1969. Pyrolysis of sulfur-containing amino acids. Agricultural and Biological Chemistry, 33:1144-1151.

FUJIOKA, K., ve SHIBAMOTO, T., 2006. Quantitation of volatiles and nonvolatile acids in an extract from coffee beverages: correlation with antioxidant activity. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54:6054-6058.

FUSTER, M.D., MITCHELL, A.E., OCHI, H., ve SHIBAMOTO, T., 2000. Antioxidative activities of heterocyclic compounds formed in brewed coffee. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48:5600-5603.

GALIELA, I.L., FOURNIER, N., CID, C., ve GUICHARD, E. 2006. Changes in headspace volatile concentrations of coffee brews caused by the roasting process and the brewing procedure. Jounal of Food Chemistry, 54:8560-8566.

GENOVESE, A., CAPORASO, N., CIVITELLA, A., ve SACCHI, R., 2014. Effect of Human Saliva and Sip Volume of Coffee Brews On The Release Of Key Volatile Compounds byRetronasal Aroma Simulator. Food Research International, 61, 100-111.

GEUN LEE, K., ve SHIBAMOTO, T., 2002. Analysis of volatile components isolated from Hawaiian green coffee beans (*Coffee arabica* L.). Flavour and Fragnance Journal, 17: 349-351.

GINZ, M., BALZER, H.H., BRADBURY, A.G.W. ve MAIER, H.G., 2000. Formation of aliphatic acids by carbonhydrate degration during roasting of coffee, European Food Research and Technology, 211:6, 404-410.

GLOESSA, A.N., VIETRIB, A., WIELANDA, F., SMRKEA, S., SCHÖNBACKHLERA, B., SANCHEZ LOPEZA, J.A., PETROZZIA, S., BONGERSC, S., KOZIOROWSKIC, T., ve YERETZIANAA, C., 2014. Evidence of different flavour formation dynamics by roasting coffee from different origins: On-line analysis with PTR-ToF-MS. International Journal of Mass Spectrometry, 365:324-337.

GOLDMAN, I.M., SEIBL, J., FLAMENT, I., ve GAUTSCHI, F., 1967. Recherche sur les aromes sur L'Arome de cafe. II pyrazines et. pyrizines. Helvetica Chimica Acta, 50:694-705.

GREENE, J.L., SANDERS, T.H., ve DRAKE, M.A., 2008. Characterization of Volatile Compounds Contributing to Naturally Occuring Fruity Fermented Flavor In Peanuts. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 56:8096-8102.

GROSCH, W., 1998. Flavour of Coffee. A Review. Nahrung, 6:344-350.

GROSCH, W., 2001. Evaluation of key odorants of foods by dilution experiments, aroma models and emission. Chemical Senses, 26: 33-545.

GUNDUC, N., ve EL, S.N., 2003. Assessing antioxidant activities of phenolic compounds of common turkish food and drinks on in vitro low-density lipoprotein oxidation. Journal of Food Science, 68: 2591-2595.

GÜNEŞER, O., ve KARAGÜL YÜCEER, Y., 2010. Gıdalarda aroma maddelerinin belirlenmesinde gaz-kromatografisi-olfaktometri (GCO) tekniklerinin kullanılması. Gıda, 5:371-378.

HASHIM, L., ve CHAVERON, H., 1996. Use of methylpyrazine ratios to monitor the coffee roasting. Food Research International, 28: 619-623.

HECIMOVIC, I., BELSCAK-CVITANOVIC, A., HORZIC, D., ve KOMES, D., 2011. Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting, Journal of Food Chemistry, 129(3):991‑1000.

HOLSCHER, W., ve STEINHART, H., 1995. Aroma compounds in green coffee. In Developments in Food Science. Volume 37. Edited by George C. London: Elsevier; 1995:785–803.

JAISWAL, R., ve KUHNERT, N., 2010. Hierarchical scheme for liquid chromatography/multi-stage spectrometric identification of 3,4,5-triacyl chlorogenic acids in green *Robusta coffee* beans. Rapid Communication Mass Spectrometry, 24:2283−2294.

JEONG,H.J., JEONG, H.R., JO, Y.N., KIM, H.J., LEE, U., ve HEO, H.J., 2013. Antioxidant and Neuronal Cell Protective Effects of Columbia Arabica Coffee with Different Roasting Conditions. Preventive Nutrition and Food Science, 18(1):30-37.

JOSHI, R., ve GULATI, A., 2015. Fractionation and identification of minor and aroma-active constituents in Kangra Orthodox black tea. Journal of Food Chemistry, 290-298.

KEITH, E., ve POWERS, J. 1968. Determination of flavors threshold levels and sub-threshold, additive and concentration effects. Journal of Food Science,, 33:213-218.

KENJI KUMAZAWA, K., ve MASUDA, H., 2003. Identification of odor-active 3-mercapto-3-methylbutyl acetate in volatile fraction of roasted coffee brew isolated by steam distillation under reduced pressure. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 3079-3082.

KÜÇÜKKÖMÜRLER, S., ve ÖZGEN, L., 2009. Coffee and Turkish coffee culture. Pakistan Journal of Nutrition, 8: 1693-1700.

LINDINGER, C., POLLIEN, P., DE VOS, R.C.H., TIKUNOV, Y., HAGEMAN, J.A., LAMBOT, C., FUMEAUX, R., BALIGUNET, E.V., ve BLANK, I., 2009. Identification of ethyl formate as a quality marker of the fermented off-note in coffee by nontargeted chemometric approach. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57: 9972-9978.

LUDWIG, I.A., SANCHEZ, L., CAEMMERER, B., ve KROH, L.W., 2012. Extraction of Coffee Antioxidants: Impact of Brewing Time and Method, Food Research International, 48:57-64.

LUDWIG, I.A., SANCHEZ, L., DE PENA, M.P., CID, C., 2014. Contribution of volatile compounds to the antioxidant capacity of coffee. Food Research International, 61:67-74.

MAEZTU, L., SANZ, S., ANDUEZA, S., PAZ DE PENA, M., BELLO, J., ve CID, C., 2001. Characterization of espresso coffee aroma by static headspace GC-MS and sensory flavor profile. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 5437-5444.

MAGA, J.A., 1981. Pyrroles in foods: Review. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 29(4):691-694.

MAJCHER, M.A ve JELEN, H.H., 2009. Comprasion of suitability of SPME, SAFE and SDE methods for isolation of flavor compounds from extruded potato snacks. Journal of Food Composition and Analysis, 22:606-612.

MAJCHER, M.A., PAWLIK, D.K., DZIADAS, M. Ve JELEN, H.H., 2013. Identification of aroma-active compounds of cereal coffee brew and its roasted ingredients. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61:2648-2654.

MARIA, C.B.A.D., TRUGO, L.C., NETO, F.R.A., MOEIRA, F.R.A., ve ALVIANO, C.S., 1999. Composotion of green coffee water-soluble fractions and identification of volatiles formed during roasting. Food Chemistry, 55: 203-207.

MARIN, K., POZRL, T., ZLATIC, E., PLESTENJAK, ve A., 2008. A new aroma index to determine the aroma quality of roasted ad ground coffee during storage. Food Technology and Biotechnology, 46: 442-447.

MAYER, F. CZERNY, M. ve Grosch, W., 1999. Influence of provanence and roast degreee on the composotion of potent odorants in arabica coffees. Journal European Food Research and Technology, 209:242-250.

MEHINAGIC, E., PROST, C. ve DEMAIMAY, M., 2003. Representativeness of apple aroma extract obtained by vacuum hydrodistillation: comparison of two concentration techniques. Journal of the Science Food and Agriculture, 68:2411- 2415.

MEHINAGIC, E., PROST, C., ve DEMAINMAY, M., 2004. Optimization of extraction of apple aroma by dynamic hedspace and influence of saliva on extraction of volatiles. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52:5175-5182.

MESTDAGH, F., DAVİDEK, T., CHAUMONTEUIL, M., FOLMER, B., ve BLANK, I., 2014. The kinetics of coffee aroma extraction. Food Research International, 63:271-274.

MIYAZOTO, H., NAKAMURA, M., HASHIMOTO, S., ve HAYASHI, S., 2013a. Odor-active (E)-4-Metyl-3-hexenoic acid in roasted coffee generated in the maillard reations of L-isoleucine with sugars. Advance Journal of Food Science and Technology, 5(10): 1367-1374.

MIYAZOTO, H., NAKAMURA, M., HASHIMOTO, S., ve HAYASHI, S., 2013b. Identification of the odour-active cyclic diketone cis-2,6 dimethyl-1,4-cyclohexanedione in roasted Arabica coffee brew. Food Chemistry, 138: 2346-2355.

MONDELLO, L., COSTA, R., TRANCHIDA, P., DUGO, P., PRESTI, M., FESTA, S., FAZIO, A., ve DUGO, G., 2005. Reliable characterization of coffee bean aroma profiles by automated headspace solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry, with the support of a dual-filter mass specta library. Journal of Separation Science, 28: 1101-1109.

MOON, J.K., ve SHIBAMOTO, T. 2009. Role of roasting conditions in the profile of volatile flavor chemicals formed from coffee beans. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57: 5823–5831.

MULDERS, E.J., 1973. The odor of White bread IV. quantative determination of constitutents in the vapour and their odour values. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung, 151:310-17.

MURTHY, S.P., ve NAIDU, M.M., 2012. Sustainable management of coffee industry by-products and value addition: A review. Resources, Conservation and Recycling 66:45– 58.

MÜLLER, R., ve RAPPET, S., 2010. Pyrazines: occurence, formation and biodegration. Applied Microbiology and Biotechnology, 85:1315-1320.

MWITHIGA, G., ve JINDL, V.K., 2007. Changes in properties of coffee brew due to roasting. World Applied Sciences Journal, 2(5): 525-535.

NEBESNY, E., BUDRYN, G., ve KULA, J., 2007. Sustainable management of coffee industry by-products and value addition-A review. European Food Research and Technology, 225:9-19.

NICOLI, M.C., ANESE, M., MANZOCCO, L., ve LERICI, C.R., 1997. Antioxidant properties of coffee brews in relation to the roasting degree.Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 30:292–297.

NISETEO, T., KOMES, D., CVITANOVIC, A.B., HORZIC, D., ve BUDEC, M., 2012. Bioactive composition and antioxidant potential of different commonly consumed coffee brews affected by their preparation technique and milk addition. Journal of Food Chemistry, 134:1870-1877.

OOSTERVELD, A., HARMSEN, J.S., VORAGEN, A.G.J., ve SCHOLS, H.A., 2003. Extraction and characterization of polysaccharides from green and roasted *Coffee arabica* beans. Carbonhydrate Polymers, 52:285-196.

ÖZGÜR, N., 2010. Türk kahvesi standartları ve pişirme ekipmanları teknik analizi. Türk Kahvesi ve Kültürü Araştırmaları Derneği, Türkiye, 27 sayfa

PACETTI, D., BOSELLI, E., BALZANO, M., ve FREGA, N.G., 2012. Authentication of Italian espresso coffee blends through the GC peak ratio between kahweol and 16-O methylcafestol. Food Chemistry, 135:1569-1574.

PÉREZ-MARTINEZ, M., SOPELANA, P., PAZ DE PEÑA, M., ve 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,:3145–3154.

PETISCA, C., PALACIOS, T.P., FARAH, A., PINHO, OL.,ve FERREIRA I.M.P.L.V.O., 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, 233-241.

PICCONO, S., BOULANGER, R., DESCROIX, F. ve SING, A.S.C., 2014. Aromatic composotion and potent odorants of the speciality coffee brew "Bourbon Pointu" correlated to its three trade classifications. Food Research International, 61:264-271.

POISSON, L., DAVİDEK, T., KERLER, J., ve BLANK, I., 2009. Recent developments in coffee flavour formation using in bean experiments. J. Agric. Food Chem., 57, 9923-9931

PRESCOTT, S.C., EMERSON, R.L., WOODWARD, R.B., ve HEGGIE, R., 1937b. The staling of coffee. Food Resource, 2:165-173.

PRESCOTT, S.C., EMERSON, R.L., ve PEAKES, L.V., 1937a. The staling of coffee. Food Resource, 1:1-20.

PROST, C., HALLIER, A., CARDINAL, M., SEROT, T., ve COURCOUX P., 2004. Effect of storage time on raw sardine *(Sardina pilchardus)* flavor and aroma quality. Journal of Food Science, 69:198-203.

PROST, C., SEROT, T., ve DEMAIMAY, M., 1998. Identification of the most potent odorants in wild and farmed cooked turbot (*Scophtalamus maximus* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46:3214-3219.

PUVİROM, J., ve CHAISERI, S., 2012. Contribution of roasted grains and seeds in Oleang (Thai Coffee Drink). International Food Research Journal, 19(2):583-588.

RAMOS, E., VALERO, E., IBANEZ, E., REGLERO, G., ve TABERA, J., 1998. Obtention of A brewed coffee aroma extract by An optimized supercritical CO2-based process. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46:4011-4016.

REGA, B., FOURNIER, N., GUICHARD, E., 2003. Solid phase microextraction (SPME) of orange juice flavor: odor representativeness by direct gas chromatography olfactometry (D-GC-O). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51:7092-7099.

REICHSTEIN, T., 1926. Beitrag zur qualitativen organisch-chemischen analyse, I. 3,5,-dinitro-benzocylorid als reagens auf alkohole etc. Helvetica Chimica Acta, 9:799-803.

RENDON, M.Y., DE JESUS GARCIA SALVA, T., ve BRAGAGNOLO, N., 2014. Impact of chemical changes on the sensory characteristics of coffee beans during storage. Food Chemistry, 147:279-286

RHOADES, J.W., 1960. Analysis of the volatile constitutents of coffee. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 8:136-141.

RIOS, O.G., QUIROZ, M.R.L., BOULANGER, R., BAREL, M., GUYOT, B., PIERRE GUIRAUD, J., ve GALINDO, S.S. 2007. Impact of ecological post harvest processing on the volatile fraction of coffee beans: I. green coffee. Journal of Food Composotion and Analysis, 20:289-296.

RODRIGUES, C., PORTUGAL, F.C.M.,ve NOGUEIRA, J.M.F., 2012. Static headspace analysis using polyurethane phases-application to roasted coffee volatiles characterization. Talanta, 89:521-525.

RONG, L.S., LI, W., HONG, Z.C, LU, S.H., SHUO, W., ve OIANG, W., 2010. Analysis of the key odorants of roasted peanut. Scientia Agricultura Sinica, 43(15):3199-3203.

RUBAYIZA, A.B., ve MEURENS, M., 2005. Chemical discrimination of arabica and robusta coffees by fourier transform raman spectroscopy. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53:12, 4654-4659.

RUFIAN-HENARES, J.A., ve MORALES, F.J,. 2007. Functional properties of melanoidins: In vitro antioxidant, antimicrobial and antihypertensive activities. Food Research International 40, 995‑1002.

RUOSI, M.R., CORDERO, C., CAGLIERO, C., RUBIOLO, P., BICCHI, C., BARBARA SGORBINI, B., ve LIBERTO, E., 2012. A further tool to monitor the coffee roasting process: Aroma composition and chemical indices. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60:11283−11291.

SANTINI, A., FERRACENA, R., MIKOSUVÁ, P., EGED, S., SROBÁROVÁ A., MECA, G., ve MAŃES, J., 2011. Ritieni, A., Influence of different coffee drink preparations on ochratoxin a content and evaluation of the antioxidant activity and caffeine variations. Food Control, 22: 1240-1245.

SANZ, C., CZERNY, M., CID, C., ve SCHIEBERLE, P., 2002. Comprasion of potent odorants in a filtered coffee brew and in an instant coffee beverage by aroma extract dilution analysis (AEDA). European Food Research and Technology, 214:299-302.

SCHENKER, S., HEINEMANN, C., HUBER, M., PKMPIZZI, R., PERRREN, R., ve ESCHER, F., 2002. Impact of roasting conditions on the formation of aroma compounds in coffee beans. Journal of Food Science, 67:1

SCHIEBERLE, P., 1996. Odour-active compounds in moderately roasted seaseme. Food Chemistry, 55:145-152.

SCHIRACK, A.W., DRAKE, M.A., SANDERS, T.K., ve SANDEEP, K.P., Characterization of aroma-active compounds in microwave blanched peanuts. Food Chemistry and Toxicology, 71(9):513-520.

SCHMALFUSS, H., ve BARTHMEYER, H., 1929. Diacetyl als aroma bestandteil von lebens-und genussmitteln. Biochemische Zeitschrift, 216:330-335.

SELLI, S., KELEBEK, H., AYSELI, M.T., ve TOKBAS, H., 2014. Characterization of the most aroma-active compounds in cherry tomato by application of the aroma extract dilution analysis. Food Chemistry 165:540‑546.

SELLI, S., RANNOU, C., PROST, C., ROBIN, J., SEROT, T., 2006. Characterization of aroma-active compounds in rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss)* eliciting an off-odor. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: 9496−9502.

SELLI, S.,ve CAYHAN, G.G., 2009. Analysis of volatile compounds of wild gilthead sea bream (*Sparus aurata*) by simultaneous distillation-extraction (SDE) and GC-MS. Microchemical Journal, 93:232-235.

SELLİ,S., BAĞATAR, B., ŞEN, ve K., KELEBEK, H., 2011. Evaluation of differences in the aroma composition of free-run and pressed neutral grape juices obtained from Emir (*Vitis vinifera* L.), Chemistry & Biodiversity, .8, 1776-1782.

SEMMELROCH, P., LASKAWY, G., BLANK, I., ve GROSCH, W., 1995. Determination of potent odourants in roasted coffee by stable isotope dilution assays. Flavour and Fragnance Journal, 10:1-7.

SEMMELROCH, P., ve GROSCH, W., 1995b. Analysis of roasted coffee powders and brews by gas chromatography-olfactometry of headspace Samples. Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie, 28:310-313.

SEMMELROCH, P., ve GROSCH, W., 1996. Studies on Character Impact Odorants of Coffee Brews. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44:537-543.

SHIMODA, M., ve SHIBAMOTO, T., 1990a. isolation and identification of headspace volatiles from brewed coffee with an on column GC/MS method. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 38:802-804.

SILWAR, R., ve LÜLLMANN, C., 1993. Investigation of aroma formation in robusta coffee during roasting. Café, Cacao, Thé, 37:145-51.

SOLLNER, K., ve SCHIEBERLE, P., 2009. Decoding the key aroma compounds of a Hungarian-type salami by molecular sensory science approaches. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57: 4319-4327.

SOMPORN, C., KAMTUO, A., THEERAKULPISUT, P., ve SIRIAMORNPUN S., 2011. Effects of roasting degree on radical scavenging activity, phenolics and volatile compounds of arabica coffee beans (*Coffee arabica* L. cv. Catimor). International Journal of Food Science and Technology, 46: 2287–2296.

SUNARHARUM, W.B., WILLIAMS, D.J., ve SMYTH, H.E., 2014. Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. Food Research International 62, 315–325.

TAMURA, H., FUJITA, A., STEINHAUS, M., TAKAHISA, E., WATANABLE, H., ve SCHIEBERLE, P., 2011. Assessment of the Aroma Impact of Major Odor-Active Thiols in Pan-Roasted White Sesame Seeds by Calculation of Odor Activity Values. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59:10211–10218.

TOKIMOTO, Y., STEINHAUS, M, BUTTNER, A., ve SCHIEBERLE, P. 2005. Odor-active constituents in fresh pineapple (*Ananas comosus (L.) Merr.)* by quantative and sensory evaluation. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 69:1323-30.

TONG CHIN, S., EYRES G.T, ve MARRIOTT, P.J. 2011. Identification of potent odourants in wine and brewed coffee using gas-chromotography-olfactometry and comprehensive two-dimensioal gas chromotography. Journal of Chromotography, 1218:7487-7498.

TRESSL, R. 1989. Formation of flavour componenets in roasted coffee. American Chemical Society Symp. Ser., 409:285-301.

TRESSL, R., BAHRI, D., KÖPPLER, H.,ve JENSEN, A., 1978a. Dipneole und caramel komponenten in röstkaffes verschiedener. Sorten. II. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung, 167:111-114.

TRESSL, R., GRÜNEWALD, K.G., KAMPERSCHRÖER, H., ve SILVAR, R.., 1979. Verhalten einiger schwerer flüchtiger aromast offe wahrend der alterung von röstkaffe. Chem Microbiol. Technol. Lebensm., 6:52-57.

TRESSL, R., GRÜNEWALD, K.G., KÖPPLER, H.,ve SILVAR, R., 1978b. Flüchtige phenole in röstkaffees vershiedener. Sorten. I. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung, 167:108-110.

UÇKUN, O., ve SELLİ, S. 2012. Kayseri çiçek balının aroma maddeleri bileşimi. Gıda, 3:157-164.

VAN DER WERF, R., MARCIC, C., KHALIL, A., SIGRIST, S., ve MARCHIONI, E., 2014. ABTS radical scavenging capacity in green and roasted coffee extracts. LWT - Food Science and Technology, 58:77-85.

VAN RUTH, S.M., ROOZEN, J.P., ve POSTHUMUS, M.A., 1995. Instrumental and sensory evaluation of the flavour of dried french beans (*Phaseolus vulgaris*) influenced by storage conditions. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 69:1909-1914.

VIANI, R., MÜGGLER-CHAVAN, F., REYMOND, D., ve EGLI, R.H.1965. Sur la composition de L'arome de cafe. Helvetica Chimica Acta, 48:1809-1815.

VIGNOLI, J.A., VIEGAS, M.C., BASSOLI, D.G., ve BENASSI, M.T., 2014. Roasting process affects differently the bioactive compounds and the antioxidant activity of arabica and robusta coffees. Food Research International, 61:279–285.

VILA, D.H., LUCENA, M., ve RECAMALES, A.F., 1999. Optimization of an extraction method of aroma compounds in white wine using ultrasound. Talanta, 50: 413-421.

VITZTHUM, O.G., ve WERKHOFF, P., 1975. Cycloalkapyrazines in coffee aroma. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56:5836–5846.

VITZTHUM, O.G., ve WERKHOFF, P., 1976. The volatile constituents of rosted coffee. Annales des Falsifications et de l'Expertise Chimique et Toxicologique, 69:725-735.

WAGENSTALLER, M., ve BUETTNER, A., 2014. Coffee aroma constituents and odorant metabolites in human Urine. Metabolomics, 10:225-240.

WANG, Y., ve KAYS, S.J. 1998. Contrbution of volatile compounds to the characteristic aroma of baked “Jewel” sweetpotatoes. Journal of the American Society for Horticultural Science, 125:638-643.

WEENEN, H., ve APELDOORN, W., 1996. Carbonhydrate cleavage in the Maillard reaction. Flavour Science Recent Development, 211–216.

ZAMBONIN, C.G., BALEST, L., DE BENEDETTO, G.E, ve PALMISANO, F., 2005. Solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spetrometry and multivariate analysis for the characterzation of roasted coffee. Talanta, 66: 261-265.

ZELLNER, A.D., DUGO, P., DUGO, G., ve MONDELLO, L., 2008. Gas chromatography-olfactometry in food flavour analysis. Journal of Chromatography, 1186:123-143.

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Turan Ayseli 26/10/1979 yılında Mardin'de doğdu, İlk, orta ve lise öğrenimimi Mersin'de tamamladı. 1999 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'nden yatay geçiş ile geldiği Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'nden 2003 yılında mezun olmuştur. Lisans eğitimden sonra, CHIEAM'de tezsiz yüksek lisans eğitimini Doğal Ürünler ve Biyoteknoloji bölümünde tamamlamış, sonrasında ise Uluslararası Nutrigenomik Organizasyonu (NUGO) tarafından düzenlenen "Moleküler Beslenme ve Genomiks" ve "Polimorfizimle Diyet İlişkisi" sertifika programlarına katılmıştır. 2010 yılından itibaren Ulusal düzeyde analiz hizmeti veren Neotron SPA laboratuvarı adına Türkiye sorumlusu olarak çalışmaktadır. Bu görevine ilaveten, 2014 yılında kurmuş olduğu Genetris Danışmanlık firması ile fonksiyonel gıda geliştirilmesi konusunda farklı sektör firmalarına başarı ile hizmet vermektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.