



## The Effect of Water Hardness on Volatile Compounds and Flavour of Filter Coffee

Ceyda Dadalı<sup>1,a</sup>, Yeşim Elmacı<sup>1,b\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Engineering, Faculty of Engineering Ege University, 35100 Bornova, Izmir, Turkey

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 13/09/2020 Accepted : 17/12/2020</p> <p><b>Keywords:</b> Filter coffee Water hardness Volatile compound Flavour SPME</p>	<p>Water is the second important ingredient in coffee preparation after coffee type and affects the coffee quality. In this study, it was aimed to investigate the effects of four different water hardness (bottled, purified, medium hard and hard water) used in filter coffee preparation on volatile compounds and flavour of filter coffee. The highest number of volatile compounds were determined in filter coffee prepared using medium hard water (12 furan, 7 pyrazine, 3 pyrrole, 2 aldehyde, 1 furanone, 1 ketone, 1 pyridine and 1 thiophene group, totally 28 volatile compounds). It was determined that the hardness of the water used in the preparation of filter coffee affected the area percentages of 2-methylfuran, 2-methylbutanal, 5-methyl-3-hexanone, 1-methyl-1H-pyrrole, 2-vinyl-5-methylfuran, 2-(methoxymethyl) furan, dihydro-2-methyl-3 (2H)-furanone, 2-ethyl-3-methyl-pyrazine, 3-ethyl-2,5-dimethyl-pyrazine, 2-furancarboxaldehyde, benzaldehyde, 2,2'-bifuran and 2,2'-methylenebisfuran volatile compounds. Aroma characters (roasted coffee (2.77), roasted hazelnuts (2.35), almonds (0.96), raw vegetables (2.69), soil (0.96)) were perceived in low intensity in filter coffee prepared with hard water. Bitter taste (3.63) was the most perceived taste character in the filter coffee prepared with hard water, while hazelnut (0.40), spice (0.63), lemon peel (0.58), sweet (1.04) and sour (1.52) taste characters were perceived at the lowest level. In filter coffee prepared with medium hard water, the characters of hazelnut (1.63), spice (1.96), lemon peel (3.21) and sweet taste (2.23) were intensely perceived. While sourness was perceived most intensely in samples prepared with soft water (3.55), the intensity of sourness decreased in coffees prepared with medium hard water (2.55), and the lowest sourness was detected in samples prepared with hard water (1.52). According to the results of this study, it was determined that the water hardness affects the flavor of filter coffee, and it is advised to use medium hard water in the preparation of filter coffee to obtain filter coffee containing more volatile compounds.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 9(2): 312-320, 2021

## Su Sertliğinin Filtre Kahvenin Uçucu Bileşenlerine ve Lezzetine Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 13/09/2020 Kabul : 17/12/2020</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Filtre kahve Su sertliği Uçucu bileşen Lezzet SPME</p>	<p>Su kahve hazırlamada kahve çeşidinden sonra ikinci önemli bileşen olup kahve kalitesini etkilemektedir. Bu çalışmada filtre kahve hazırlamada kullanılan dört farklı sertliğe sahip suyun (şişelenmiş, arıtma, orta sert ve sert su) filtre kahvenin uçucu bileşenlerine ve lezzetine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. En fazla sayıda uçucu bileşen orta sertlikteki su kullanılarak hazırlanan filtre kahvede (12 furan, 7 pirazin, 3 pirol, 2 aldehit, 1 furanon, 1 keton, 1 piridin ve 1 tiyofen grubundan olmak üzere toplam 28 uçucu bileşen) belirlenmiştir. Filtre kahve hazırlamada kullanılan suyun sertliğinin 2-metilfuran, 2-metilbutanal, 5-metil-3-hegzanon, 1-metil-1H-pirol, 2-vinil-5-metilfuran, 2-(metoksimetil) furan, dihidro-2-metil-3(2H)-furanon, 2-etil-3-metil-pirazin, 3-etil-2,5-dimetil-pirazin, 2-furankarboksaldehit, benzaldehit, 2,2'-bifuran ve 2,2'-metilenbisfuran uçucu bileşenlerinin alan yüzdesini etkilediği tespit edilmiştir. Koku karakterleri (kavrulmuş kahve (2,27), kavrulmuş fındık (2,35), badem (0,96), çiğ sebze (2,69), toprak (0,96)) sert suyla hazırlanan filtre kahvelerde düşük yoğunlukta algılanmıştır. Sert suyla hazırlanan filtre kahvede tat karakterlerinden acı (3,63) en fazla algılanırken, en az algılanan karakterler fındık (0,40), baharat (0,63), limon kabuğu (0,58), tatlı (1,04), ekşi (1,52) tat olmuştur. Orta sert suyla hazırlanan filtre kahvede ise fındık (1,63), baharat (1,96), limon kabuğu (3,21), tatlı (2,23) tat karakterleri yoğun algılanmıştır. Ekşilik yumuşak suyla hazırlanan örneklerde en yoğun algılanırken (3,55), orta sert suyla hazırlanan kahvelerde ekşiliğin yoğunluğu azalmış (2,55), en düşük ise sert suyla hazırlanan örneklerde (1,52) algılanmıştır. Çalışma sonucunda su sertliğinin filtre kahvenin lezzetini etkilediği belirlenmiş olup, daha fazla uçucu bileşen içeren filtre kahve elde edilmesi için filtre kahve hazırlanmada orta sertlikte suyun kullanılması önerilmektedir.</p>

<sup>a</sup> [ceyda.dadali@gmail.com](mailto:ceyda.dadali@gmail.com)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2102-8582>

<sup>b</sup> [yesim.elmaci@ege.edu.tr](mailto:yesim.elmaci@ege.edu.tr)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7164-838X>



## Giriş

Kahve dünya çapında yaygın olarak tüketilen içeceklerden biri olup, tüketici tarafından hoş giden lezzeti sebebiyle tüketimi her geçen gün artmaktadır (ICO, 2020). Kahvenin duyuşal özellikleri kahve çeşidi, kavrulma derecesi, öğütülme derecesi, depolama koşulları, hazırlama tekniği, ekstraksiyon sıcaklığı, ekstraksiyon süresi ve kahve hazırlamada kullanılan sudan etkilenmektedir (Decazy ve ark., 2003; Nebesny ve Budryn, 2006; Ross ve ark., 2006).

Hazırlanmış kahve yaklaşık olarak %1,35 çözünmüş kahve bileşenlerini içerirken %98,65 oranında su içermektedir (Sinnott, 2011). Kahvenin çoğunluğunu oluşturan suyun kalitesi kahveden bileşen ekstraksiyonunu ve kahvenin duyuşal özelliklerini etkilemektedir (Fibrianto ve ark., 2018). Amerika Uzman Kahve Birliği (SCAA) tarafından hazırlanan rehberde iyi kalitede kahve hazırlamak için sudaki çözünmüş toplam madde (TDS) oranının 150 mg/L olduğu, 75-250 mg/L aralığında çözünmüş toplam madde içeren suyun da kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir (SCAA, 2009).

Yapılan önceki çalışmalarda kahve hazırlamada kullanılan suyun kahvenin kalitesine etkisi değerlendirilmiş olup, sudaki iyonların kahve bileşenlerinin ekstraksiyonuna etki ettiği belirlenmiştir (Gardner ve ark., 1958; Pangborn ve ark., 1971; 1982; Navarini ve Rivetti, 2010; Hendon ve ark., 2014; Fibrianto ve ark., 2018). Ancak önceki çalışmalarda filtre kahve hazırlamada kullanılan suyun sertliğinin filtre kahvenin uçucu bileşenleri ile lezzetine etkisi araştırılmamıştır. Bu çalışmada ise farklı sertlikteki suların filtre kahvenin uçucu bileşenlerine ve lezzetine etkisinin değerlendirilmesi ile aynı zamanda literatürde yer alan bu açığa katkı sağlanması amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Bu çalışmada kullanılan Malavi menşei arabika kahve (*Coffea arabica* L.) (Black Ivory) örnekleri İzmir'deki yerel marketten temin edilmiştir. Orta derecede kavrulmuş (aydınlık değeri (Y):6,43) ve orta derecede öğütülmüş kahve örnekleri 24 saat içerisinde analizde kullanılmıştır. Filtre kahvenin hazırlanmasında şişelenmiş su (Nestle), arıtma su, orta sert şebeke suyu ve sert şebeke suyu kullanılmıştır. Kahvenin uçucu bileşenlerinin ekstrakte edilmesi için 50/30 µm Divinilbenzen/Karboksen/Polidimetilsiloksan (DVB/CAR/PDMS) fiberi (Supelco, USA), Kovats indeksinin belirlenmesi için C7-C30 alkan karışımı (Supelco, USA) kullanılmıştır.

### Yöntem

#### Su Sertliğinin Belirlenmesi

Filtre kahve hazırlamada kullanılan suyun sertliğinin belirlenmesi için 973.52 numaralı EDTA titrimetrik metodu kullanılmış, sonuçlar mg/L CaCO<sub>3</sub> olarak ifade edilmiştir (AOAC, 1990). Su örneklerinin değerlendirilmesinde ayrıca toplam çözünmüş katı madde (Total Dissolved Solids-TDS) oranı TDS metre (TDS-3) kullanılarak belirlenmiştir.

### Filtre Kahvenin Hazırlanması

Filtre kahve örneklerinin hazırlanmasında Donfrancesco ve ark. (2014) tarafından tavsiye edildiği şekilde 6 g kavrulmuş ve öğütülmüş kahve için 100 ml su oranından faydalanılmıştır. Kâğıt filtre ile beraber filtre kahve makinesi (Moulinex) filtre kahve hazırlamak için kullanılmıştır. Hazırlanan örnekler bekletilmeden analize alınmıştır.

### Uçucu Bileşenlerin Analizi

#### Uçucu Bileşenlerin Ekstraksiyonu

HS-SPME yöntemi ile kahvedeki uçucu bileşenlerin ekstrakte edilmesi için yeni hazırlanmış 20 ml filtre kahve örneği 40 ml'lik vialle transfer edilmiş ve PTFE kaplı silikon septa kullanılarak kapağı kapatılmıştır. Vial 60°C'deki blok ısıtıcıya konulmuş ve DVB/CAR/PDMS fiberi vialin tepe boşluğuna yerleştirilmiştir. Fiber 30 dakika boyunca vialin tepe boşluğunda tutularak fiberin uçucu bileşenleri adsorbe etmesi sağlanmıştır. Süre tamamladığında uçucu bileşenleri adsorbe eden fiber vialden çıkarılıp gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) cihazına enjekte edilmiştir. Fiber GC-MS'in enjeksiyon bölümünde tutularak adsorbe olan uçucu bileşenlerin desorpsiyonu sağlanmıştır (Kıvançlı ve Elmacı, 2016).

#### Uçucu Bileşenlerin Tanımlanması

Filtre kahveden SPME yardımıyla izole edilmiş uçucu bileşenlerin analizi GC-MS (HP 6980 GC/HP-5973MS, Agilent Technologies) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uçucu bileşenlerin ayrımı DB-WAX (60 m x 0.25 mm, 0.50 µm film kalınlığı, Agilent Technologies) kapiler kolanda gerçekleştirilmiştir. Uçucu bileşenlerin termal desorpsiyonu 250°C'de tutulan GC enjeksiyon bölümünde, bölünmesiz olarak gerçekleştirilmiştir. Taşıyıcı gaz olarak Helyum kullanılmış olup akış hızı 1,6 ml/dk olarak ayarlanmıştır. Fırın sıcaklık programı 50°C sıcaklıkla başlamış ve 50°C'de 2 dakika tutulmuştur. Ardından sıcaklık 5°C/dk artışla 90°C'ye, 2°C/dk artışla ise 90°C'den 220°C'ye yükseltilmiş ve 220°C'de 10 dakika tutulmuştur (Akiyama ve ark., 2008). Filtre kahvedeki uçucu bileşenler WILEY ve NIST kütüphaneleri (eşleşme oranı en az %85) kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca aynı kromatografik koşullarda enjekte edilen C7-C30 alkan karışımı yardımıyla uçucu bileşenlerin Kovats indeksi hesaplanmıştır.

#### Tanımlayıcı Duyusal Değerlendirme

Su sertliğinin filtre kahve lezzeti üzerine etkisini belirlemek amacıyla tanımlayıcı duyuşal değerlendirme yöntemi kullanılmıştır (Altuğ Onoğur ve Elmacı, 2015). Tanımlayıcı duyuşal değerlendirme yaşları 22 ile 55 arasında değişen 10 eğitimli panelist (3 erkek, 7 kadın) katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Panelist eğitimleri 1 saat süren 6 oturumda gerçekleştirilmiştir. Panelist eğitimlerinde farklı sertliğe sahip su örnekleri ile hazırlanan filtre kahveler panelistlere sunulmuştur. Panelist eğitimleri sırasında filtre kahve örneklerinin duyuşal değerlendirmesinde kullanılacak terimler geliştirilmiştir. Geliştirilen duyuşal terimler ve kullanılan referanslar Çizelge 1'de yer almaktadır.

Çizelge 1. Filtre kahvenin değerlendirilmesinde kullanılan duyuşal karakterler ve referanslar

Table 1. Sensory characters and references used in the evaluation of filter coffee

	Duyusal karakterler	Kullanılan Referanslar
Koku	Kavrulmuş kahve	Kavrulmuş kahve
	Kavrulmuş fındık	Kavrulmuş fındık
	Badem	Çiğ badem
	Çiğ sebze	Çiğ mantar
	Toprak	Toprak
Tat	Fındık	Çiğ fındık
	Baharat	Muskat
	Limon kabuğu	Limon kabuğu
	Tatlı	%1,00'lik sakkaroz çözeltisi
	Ekşi	%0,15'lik sitrik asit çözeltisi
	Acı	%0.02'lik kafein çözeltisi

Çizelge 2. Farklı sertlikteki sulara ait sertlik ve TDS değerleri<sup>1</sup>

Table 2. Hardness and TDS values of water having different hardness<sup>1</sup>

Su	Sertlik (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	TDS Değeri (mg/L TDS)
Yumuşak su (şişelenmiş)	37,33±3,06 <sup>b</sup>	59,67±0,58 <sup>b</sup>
Yumuşak su (arıtma)	9,33±1,15 <sup>a</sup>	24,00±1,73 <sup>a</sup>
Orta sert su (şebeke)	71,67±2,08 <sup>c</sup>	141,33±1,16 <sup>c</sup>
Sert su (şebeke)	157,50±3,12 <sup>d</sup>	424,33±3,79 <sup>d</sup>

<sup>1</sup>: Sonuçlar aritmetik ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. Farklı küçük harfler satırlar arasında olmak üzere istatistiksel farklılığı göstermektedir (P<0,05).

Panelde filtre kahve beyaz porselen fincanlarda panelistlere sunulmuştur. Her panelde en fazla 2 örnek değerlendirilmiş olup tüm oturumlar 10:30-11:00 ve/veya 14:30-15:00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. Filtre kahve örnekleri 65°C'de panelistlere sunulmuştur. Filtre kahve için eğitim aşamasında geliştirilen duyuşal terimlerin yoğunluğu 0-50 mm'lik grafik skala kullanarak oybirliği metodu ile değerlendirilmiştir.

### İstatistiksel Değerlendirme

Bu çalışmada gerçekleştirilen analiz sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi SPSS 16.0 programı (SPSS 16.0 for Windows) ile yapılmıştır. Üç tekrarlı gerçekleştirilen analiz ortalamaları arasındaki farklılık ANOVA (Analyses of Variance) ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak incelenmiştir. Filtre kahve örnekleri arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla uçucu bileşen salınımı ve tanımlayıcı duyuşal analiz sonuçları Cluster analizi kullanılarak elde edilen dendrogramlar ile değerlendirilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi için Pearson korelasyon matrisi bazlı Temel Bileşen Analizi (PCA) kullanılmıştır. Cluster ve PCA analizleri için XLSTAT 2020 deneme sürümü kullanılmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

#### Su Sertliği Bulguları

Filtre kahve hazırlamada kullanılan su örneklerine ait sertlik ve TDS değerleri Çizelge 2'de yer almaktadır. Su örneklerinin toplam sertlik ve TDS değerleri istatistiksel olarak anlamlı seviyede birbirinden farklıdır (P<0,05). Arıtma suyunun sertliği ve TDS değeri istatistiksel olarak

diğer örneklerden daha düşüktür (P<0,05). Sert şebeke suyu ise sertliği ve TDS değeri en yüksek olan örnektir (P<0,05). Elde edilen verilerle uyumlu olarak Saphioğlu ve ark. (2017) bölgesel olarak su sertliğinde farklılaşma olduğunu, Akal Solmaz ve ark. (2004) ise arıtma işlemiyle su sertliğinin azaldığını saptamıştır.

#### Su Sertliğinin Kahve Uçucu Bileşenlerine Etkisi

Filtre kahve örneklerinde tespit edilen uçucu bileşenler, uçucu bileşenlerin kimyasal grupları ve duyuşal tanımları Çizelge 3'te yer almaktadır. Filtre kahve örneklerinde furan, pirazin, pirol, aldehit, furanon, keton, piridin ve tiyofen grubundan uçucu bileşenler belirlenmiştir. Farklı sertlikteki sularla hazırlanan filtre kahveler arasında orta sertlikteki suyla hazırlanan filtre kahvede en fazla uçucu bileşen belirlenmiştir. Orta sertlikteki su kullanılarak hazırlanan filtre kahvede 12 furan, 7 pirazin, 3 pirol, 2 aldehit, 1 furanon, 1 keton, 1 piridin ve 1 tiyofen grubundan olmak üzere toplam 28 uçucu bileşen tespit edilmiştir. Arıtma yumuşak suyla hazırlanan filtre kahvede 27 uçucu bileşen (11 furan, 7 pirazin, 3 pirol, 2 aldehit, 1 furanon, 1 keton, 1 piridin ve 1 tiyofen), şişelenmiş yumuşak suyla hazırlanan filtre kahvede ise 26 uçucu bileşen (11 furan, 7 pirazin, 2 pirol, 2 aldehit, 1 furanon, 1 keton, 1 piridin ve 1 tiyofen) saptanmıştır. Tespit edilen uçucu bileşen sayısı en az olan örnek ise sert suyla hazırlanan filtre kahvedir. Söz konusu filtre kahvede 7 furan, 7 pirazin, 2 pirol, 1 aldehit, 1 piridin ve 1 tiyofen grubuna dahil olan 19 uçucu bileşen belirlenmiştir (Çizelge 4).

Farklı sertlikteki sularla hazırlanan filtre kahve örnekleri uçucu bileşen grupları açısından değerlendirildiğinde furan grubundan en fazla sayıda uçucu bileşen bulunduran örneğin orta sert suyla hazırlanan filtre kahve örnekleri olduğu görülmektedir. Şişelenmiş yumuşak suyla hazırlanan filtre kahvede 2-vinil-5-metilfuran tespit edilmezken, arıtma yumuşak suyla hazırlanan filtre kahvede 2,2'-bifuran saptanmamıştır. Sert su kullanılarak hazırlanan filtre kahve ise en az sayıda furan grubundan uçucu bileşen bulunduran örnek olup 2-metilfuran, 2-vinil-5-metilfuran, 2-(metoksimetil) furan, 2,2'-bifuran ve 2,2'-metilenbisfuran uçucu bileşenlerini içermemektedir. Filtre kahve hazırlamada kullanılan suyun sertliği 2-vinilfuran, furfural format, 1-(2-furanil) etanon, 2-furanmetanol asetat, 5-metil-2-furankarboksaldehit ve 2-furanmetanol uçucu bileşenlerinin alan yüzdelere etki etmezken (P>0,05), 2-vinil-5-metilfuran, 2-(metoksimetil) furan ve 2,2'-metilenbisfuran bileşenlerinin alan yüzdelere orta sert suyla hazırlanan filtre kahvede en yüksek olduğu tespit edilmiştir. 2-furankarboksaldehit alan yüzdesi sert suyla hazırlanan filtre kahvede en düşükken diğer örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark belirlenmemiştir (P>0,05). Kahvede en fazla bulunan uçucu bileşenler furan grubuna dahildir (Grosch, 2001). Furan grubu bileşenlerin kahvenin kavrulması sırasında karbonhidratların, askorbik asidin ya da doymamış yağ asitlerinin termal degradasyonu sonucu oluştuğu ifade edilmektedir (Crews ve Castle, 2007; Ribeiro ve ark., 2009). Kahvede tatlı, yanık, kavrulmuş, fındığımsı, karamel karakterlerinin oluşmasında furan grubu bileşenlerin etkili olduğu bilinmektedir (Akiyama ve ark., 2007; Burdock ve ark., 2010; Gloes ve ark., 2013).

Çizelge 3. Filtre kahve örneklerinde tespit edilen uçucu bileşenlerin kimyasal grupları ve duyuşsal tanımları  
Table 3. Chemical groups and sensory definitions of volatile compounds detected in filter coffee samples

Kovats indeksi	Uçucu bileşen	Kimyasal grup	Duyusal tanım <sup>1</sup>
878	2-Metilfuran	Furan	Çikolata, kahve, fındığımsı, badem
927	2-Metilbutanal	Aldehit	Meyvemsi, karamel, fındığımsı, kahve
1075	2-Vinilfuran	Furan	Fenolik, kahve
1083	5-Metil-3-hegzanon	Keton	Meyvemsi
1134	1-Metil-1H-pirol,	Pirol	Fındığımsı, eterik, odunumsu, dumanımsı
1149	2-Vinil-5-metilfuran	Furan	
1221	Piridin	Piridin	Amin benzeri, is
1247	2-(Metoksümetil)furan	Furan	Kavrulmuş kahve, badem
1270	Dihidro-2-metil- 3(2H)-furanon	Furanon	Fındığımsı, ekmeğimsi, karamel
1302	Metilpirazin	Pirazin	Fındığımsı, kakao, toprağımsı, kavrulmuş
1358	2,5-Dimetil-pirazin	Pirazin	Kavrulmuş fındık, çikolata, toprağımsı, fıstık
1372	Etilpirazin	Pirazin	Kahve, fındığımsı, kavrulmuş, kakao
1421	2-Etil-6-metil-pirazin	Pirazin	Kavrulmuş fındık, kızartılmış patates
1429	2-Etil-5-metil-pirazin	Pirazin	Fındığımsı, kavrulmuş, kimyon
1440	2-Etil-3-metil-pirazin	Pirazin	Kavrulmuş, fındığımsı, patates, toprağımsı, ekmeğimsi
1478	3-Etil-2,5-dimetil-pirazin	Pirazin	Kavrulmuş, fındığımsı, kakao, patates
1493	2-Furankarboksaldehit	Furan	Karamelimsi, yanık, tatlı, odunumsu, badem
1520	Furfuril format	Furan	Eterimsi
1542	1-(2-Furanil)etanon	Furan	Tatlı, badem, meyvemsi, karamelimsi, kavrulmuş, kakao
1557	Benzaldehit	Aldehit	Acı badem, vişne, meyvemsi
1562	2-Furanmetanol asetat	Furan	Tatlı, meyvemsi, muz, eterik
1610	5-Metil- 2-furankarboksaldehit	Furan	Baharatımsı, karamel, vişne, badem, kahve
1623	2,2'-Bifuran	Furan	Etimsi, sülfürümsü, soğan, sarımsak, yumurta
1632	2,2'-Metilenbisfuran	Furan	Kavrulmuş, acı
1665	1-Metil-1H-pirol-2-karboksaldehit	Pirol	Kahve
1693	2-Furanmethanol	Furan	Tatlı, karamel, ekmeğimsi, küfümsü, yanık, kahve
1743	3-Etil-2-formiltiofen	Tiyofen	Sülfür
1869	N-furfuril pirol	Pirol	Sebzemsi, plastik, yeşil, meyvemsi, kahve

<sup>1</sup>: Acre ve Arn, 2020; Caporaso ve ark., 2018; Pherobase 2020; Sunarharum ve ark., 2014; The Good Scents Company, 2020

Analiz edilen bütün filtre kahvelerde aynı sayıda pirazin grubundan uçucu bileşen tespit edilmiştir. Filtre kahvede kullanılan suyun sertliğinin pirazinler üzerine istatistiksel olarak etkisi bulunmamaktadır ( $P>0,05$ ). Örneklerin metilpirazin, 2,5-dimetil-pirazin, etilpirazin, 2-etil-6-metil-pirazin, 2-etil-5-metil-pirazin alan yüzdeleri arasında istatistiksel olarak fark saptanmamıştır ( $P>0,05$ ). Ancak 2-etil-3-metil-pirazin ve 3-etil-2,5-dimetil-pirazin alan yüzdeleri arasında fark tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). Arıtma yumuşak su kullanılan filtre kahvede 2-etil-3-metil-pirazin alan yüzdesi daha düşükken 3-etil-2,5-dimetil-pirazin alan yüzdesi sert su kullanılan filtre kahvede daha düşüktür ( $P<0,05$ ). Pirazinler kahvenin de dahil olduğu birçok kavrulmuş gıdanın yapısında bulunurlar. Karbonhidratlarla  $\alpha$ -amino asitlerin kompleks interaksyonu sonucunda pirazinler oluşmaktadır (Caporaso ve ark., 2014). Kahvede yüksek seviyede bulunan pirazinlerin kahve lezzetinin oluşmasında önemli yere sahip olduğu bilinmektedir. Pirazinler kahvede fındığımsı, kavrulmuş, toprağımsı karakterleri sağlamaktadır (Akiyama ve ark., 2007; Baggenstoss ve ark., 2008; Czerny ve ark., 2008; Belitz ve ark., 2009; Caporaso ve ark., 2014).

Piroler Maillard reaksiyonu sonucunda oluşan uçucu bileşenler olup arıtma yumuşak su ve orta sert suyla hazırlanan örneklerde bu gruptan üç uçucu bileşen (1-metil-1H-pirol, 1-metil-1H-pirol-2-karboksaldehit, N-furfuril pirol) tespit edilirken, şişelenmiş su ve sert suyla hazırlanan filtre kahvelerde 1-metil-1H-pirol-2-

karboksaldehit ve N-furfuril pirol tespit edilmiştir. Orta sertlikteki suyla hazırlanan filtre kahvede 1-metil-1H-pirol alan yüzdesinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir ( $P<0,05$ ). Örneklerin hepsinde 1-metil-1H-pirol-2-karboksaldehit ve N-furfuril pirol alan yüzdesi arasında önemli fark tespit edilmemiştir ( $P>0,05$ ). Pirol uçucu bileşenlerinin kahveye uygulanan kavurma işleminden etkilenmekte olduğu, fazla kavrulan kahvelerde daha çok tespit edildiği ifade edilmiştir (Moon ve Shibamoto, 2009).

Analiz edilen bütün örneklerde aldehit grubundan 2-metilbutanal ve benzaldehit tespit edilmiştir. Arıtma yumuşak suyla ve orta sert suyla hazırlanan filtre kahvelerde 2-metilbutanal alan yüzdesi en yüksekken, şişelenmiş yumuşak suyla hazırlanan filtre kahvelerde benzaldehit alan yüzdesi en yüksektir ( $P<0,05$ ). Aldehit grubuna ait uçucu bileşenlerin kahvede meyvemsi karakterin oluşmasında etkili olduğu önceki çalışmalarda ifade edilmiştir (Sanz ve ark., 2002; Akiyama ve ark., 2007).

Furanon grubundan dihidro-2-metil- 3(2H)-furanon sert suyla hazırlanan kahve haricinde tüm örneklerde belirlenmiş olup alan yüzdesinin en fazla orta sert suyla hazırlanan filtre kahvede olduğu saptanmıştır ( $P<0,05$ ). Furanon grubu uçucu bileşenlerin Maillard reaksiyonu ve aldol konsendasyonu ile oluştuğu bilinmektedir (Grosch 2001). Kavrulmuş kahvenin tatlı, karamel karakterlerinin oluşmasında furanonların etkili olduğu ifade edilmiştir (Akiyama ve ark., 2003; 2007).

Çizelge 4. Farklı sertlikteki sularla hazırlanan filtre kahvelerde tespit edilen uçucu bileşenlerin alan yüzdeleri<sup>1</sup>  
Table 4. Area percentages of volatile compounds detected in filter coffees prepared with water having different hardness<sup>1</sup>

Uçucu bileşen	Yumuşak su (şişelenmiş)	Yumuşak su (arıtma)	Orta sert su (şebeke)	Sert su (şebeke)
2-Metilfuran	0,26±0,20 <sup>a</sup>	0,67±0,23 <sup>b</sup>	0,65±0,05 <sup>b</sup>	-
2-Metilbutanal	0,70±0,17 <sup>a</sup>	1,05±0,32 <sup>b</sup>	1,23±0,37 <sup>b</sup>	-
2-Vinilfuran	0,80±0,21 <sup>a</sup>	0,74±0,37 <sup>a</sup>	0,39±0,03 <sup>a</sup>	0,45±0,09 <sup>a</sup>
5-Metil-3-hegzanon	0,22±0,02 <sup>a</sup>	0,35±0,09 <sup>a</sup>	0,48±0,02 <sup>b</sup>	-
1-Metil-1H-pirol,	-	0,11±0,01 <sup>a</sup>	0,57±0,11 <sup>b</sup>	-
2-Vinil-5-metilfuran	-	0,35±0,23 <sup>a</sup>	0,75±0,05 <sup>b</sup>	-
Piridin	1,01±0,13 <sup>a</sup>	1,29±0,40 <sup>a</sup>	1,32±0,14 <sup>a</sup>	0,80±0,11 <sup>a</sup>
2-(Metoksümetil)furan	0,16±0,01 <sup>a</sup>	0,34±0,06 <sup>b</sup>	0,65±0,07 <sup>c</sup>	-
Dihidro-2-metil- 3(2H)-furanon	0,27±0,02 <sup>a</sup>	0,39±0,01 <sup>b</sup>	0,52±0,05 <sup>c</sup>	-
Metilpirazin	3,55±0,18 <sup>a</sup>	3,39±0,59 <sup>a</sup>	3,59±0,44 <sup>a</sup>	3,54±0,17 <sup>a</sup>
2,5-Dimetil-pirazin	1,91±0,03 <sup>a</sup>	1,52±0,27 <sup>a</sup>	1,62±0,11 <sup>a</sup>	1,97±0,27 <sup>a</sup>
Etilpirazin	3,16±0,37 <sup>a</sup>	3,22±0,50 <sup>a</sup>	3,61±0,26 <sup>a</sup>	4,67±0,46 <sup>a</sup>
2-Etil-6-metil-pirazin	2,25±0,04 <sup>a</sup>	1,91±0,11 <sup>a</sup>	2,03±0,06 <sup>a</sup>	2,48±0,52 <sup>a</sup>
2-Etil-5-metil-pirazin	1,83±0,07 <sup>a</sup>	1,48±0,15 <sup>a</sup>	1,76±0,12 <sup>a</sup>	1,96±0,36 <sup>a</sup>
2-Etil-3-metil-pirazin	1,00±0,19 <sup>c</sup>	0,23±0,08 <sup>a</sup>	0,50±0,11 <sup>ab</sup>	1,00±0,29 <sup>c</sup>
3-Etil-2,5-dimetil-pirazin	1,12±0,03 <sup>b</sup>	1,10±0,16 <sup>b</sup>	1,26±0,21 <sup>b</sup>	0,77±0,06 <sup>a</sup>
2-Furankarboksaldehit	28,20±0,12 <sup>b</sup>	26,85±1,92 <sup>b</sup>	26,17±2,79 <sup>b</sup>	22,09±2,05 <sup>a</sup>
Furfuril format	0,80±0,01 <sup>a</sup>	0,70±0,13 <sup>a</sup>	0,74±0,15 <sup>a</sup>	0,41±0,13 <sup>a</sup>
Tanımsız	1,06±0,15 <sup>ab</sup>	1,48±0,32 <sup>b</sup>	0,63±0,13 <sup>a</sup>	2,31±0,05 <sup>a</sup>
1-(2-Furanil) etanon	4,27±0,16 <sup>a</sup>	4,80±0,41 <sup>a</sup>	3,73±0,09 <sup>a</sup>	4,62±0,93 <sup>a</sup>
Tanımsız	0,57±0,01 <sup>a</sup>	0,48±0,01 <sup>a</sup>	0,56±0,12 <sup>a</sup>	0,63±0,13 <sup>a</sup>
Benzaldehit	1,15±0,10 <sup>c</sup>	0,47±0,01 <sup>a</sup>	0,71±0,07 <sup>b</sup>	0,75±0,18 <sup>b</sup>
2-Furanmetanol asetat	12,47±0,25 <sup>a</sup>	12,89±1,32 <sup>a</sup>	13,50±1,53 <sup>a</sup>	13,47±1,02 <sup>a</sup>
5-Metil- 2-furankarboksaldehit	21,43±1,23 <sup>a</sup>	19,32±0,75 <sup>a</sup>	17,92±2,04 <sup>a</sup>	22,94±1,47 <sup>a</sup>
2,2'-Bifuran	0,50±0,07 <sup>a</sup>	-	0,52±0,14 <sup>a</sup>	-
2,2'-Metilenbisfuran	0,52±0,10 <sup>a</sup>	0,58±0,01 <sup>a</sup>	0,99±0,01 <sup>b</sup>	-
1-Metil-1H-pirol-2-karboksaldehit	1,48±0,08 <sup>a</sup>	1,60±0,34 <sup>a</sup>	1,59±0,29 <sup>a</sup>	1,75±0,47 <sup>a</sup>
Tanımsız	-	-	0,45±0,05 <sup>a</sup>	2,01±0,23 <sup>b</sup>
Tanımsız	0,50±0,13 <sup>a</sup>	0,70±0,16 <sup>a</sup>	0,52±0,01 <sup>a</sup>	1,07±0,22 <sup>a</sup>
2-Furanmetanol	6,99±0,25 <sup>a</sup>	9,41±1,49 <sup>a</sup>	7,11±0,50 <sup>a</sup>	7,93±0,97 <sup>a</sup>
3-Etil-2-formiltiyofen	0,54±0,08 <sup>a</sup>	0,75±0,35 <sup>a</sup>	1,58±0,20 <sup>a</sup>	0,77±0,21 <sup>a</sup>
N-furfuril pirol	1,27±0,10 <sup>a</sup>	1,84±0,45 <sup>a</sup>	2,34±0,66 <sup>a</sup>	1,70±0,45 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>: Sonuçlar aritmetik ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

Çizelge 5. Farklı sertlikteki sularla hazırlanan filtre kahvelerde tespit edilen uçucu bileşen gruplarının alan yüzdeleri<sup>1</sup>  
Table 5. Area percentages of volatile compound groups detected in filter coffee prepared with water having different hardness

Uçucu bileşen grubu	Yumuşak su (şişelenmiş)	Yumuşak su (arıtma)	Orta sert su (şebeke)	Sert su (şebeke)
Furan	76,40±0,20 <sup>a</sup>	76,65±1,54 <sup>a</sup>	73,12±0,18 <sup>a</sup>	71,81±3,02 <sup>a</sup>
Pirazin	14,82±0,62 <sup>a</sup>	12,85±1,38 <sup>a</sup>	14,36±1,19 <sup>a</sup>	16,40±2,69 <sup>a</sup>
Pirol	2,75±0,01 <sup>a</sup>	3,55±1,29 <sup>a</sup>	4,51±0,83 <sup>a</sup>	3,45±0,17 <sup>a</sup>
Aldehit	1,85±0,27 <sup>a</sup>	1,52±0,31 <sup>a</sup>	1,94±0,44 <sup>a</sup>	0,75±0,18 <sup>a</sup>
Furanon	0,27±0,02 <sup>a</sup>	0,39±0,01 <sup>b</sup>	0,52±0,05 <sup>c</sup>	-
Keton	0,22±0,02 <sup>a</sup>	0,35±0,09 <sup>a</sup>	0,48±0,02 <sup>b</sup>	-
Piridin	1,01±0,13 <sup>a</sup>	1,29±0,40 <sup>a</sup>	1,32±0,14 <sup>a</sup>	0,80±0,11 <sup>a</sup>
Tiyofen	0,54±0,08 <sup>a</sup>	0,75±0,35 <sup>a</sup>	1,58±0,20 <sup>a</sup>	0,77±0,21 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>: Sonuçlar aritmetik ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

Çizelge 6. Farklı sertlikteki sularla hazırlanmış filtre kahve örneklerinin koku karakteristiklerine ait yoğunluk puanları (0-5 skala)<sup>1</sup>

Table 6. Density scores of odor characteristics of filter coffee samples prepared with water having different hardness (0-5 scale)<sup>1</sup>

Kahvenin hazırlandığı su	Kavrulmuş kahve	Kavrulmuş fındık	Badem	Çiğ sebze	Toprak
Yumuşak su (şişelenmiş)	2,92±0,43 <sup>b</sup>	3,25±0,42 <sup>b</sup>	1,02±0,29 <sup>a</sup>	3,20±0,30 <sup>b</sup>	1,48±0,33 <sup>b</sup>
Yumuşak su (arıtma)	2,84±0,50 <sup>b</sup>	2,93±0,58 <sup>b</sup>	1,15±0,32 <sup>a</sup>	3,18±0,29 <sup>b</sup>	1,27±0,35 <sup>b</sup>
Orta sert su (şebeke)	3,09±0,18 <sup>b</sup>	2,18±0,33 <sup>a</sup>	1,13±0,31 <sup>a</sup>	3,07±0,51 <sup>b</sup>	1,46±0,45 <sup>b</sup>
Sert su (şebeke)	2,27±0,30 <sup>a</sup>	2,35±0,32 <sup>a</sup>	0,96±0,13 <sup>a</sup>	2,69±0,42 <sup>a</sup>	0,96±0,36 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>: Sonuçlar aritmetik ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

Çizelge 7. Farklı sertlikteki sularla hazırlanmış filtre kahve örneklerinin tat karakteristiklerine ait yoğunluk puanları (0-5 skala)<sup>1</sup>  
 Table 7. Density scores of the taste characteristics of filter coffee samples prepared with water having different hardness (0-5 scale)<sup>1</sup>

Kahvenin hazırlandığı su	Fındık	Baharat	Limon kabuğu	Tatlı	Ekşi	Acı
Yumuşak su (şişelenmiş)	1,00±0,37 <sup>b</sup>	1,85±0,37 <sup>c</sup>	2,89±0,41 <sup>b</sup>	2,14±0,34 <sup>b</sup>	2,88±0,43 <sup>c</sup>	1,55±0,39 <sup>a</sup>
Yumuşak su (arıtma)	1,94±0,33 <sup>c</sup>	1,17±0,36 <sup>b</sup>	3,35±0,39 <sup>c</sup>	2,08±0,21 <sup>b</sup>	3,35±0,35 <sup>c</sup>	1,30±0,32 <sup>a</sup>
Orta sert su (şebeke)	1,63±0,63 <sup>c</sup>	1,96±0,34 <sup>c</sup>	3,21±0,41 <sup>c</sup>	2,23±0,54 <sup>b</sup>	2,55±0,37 <sup>b</sup>	2,82±0,36 <sup>b</sup>
Sert su (şebeke)	0,40±0,34 <sup>a</sup>	0,63±0,29 <sup>a</sup>	0,58±0,42 <sup>a</sup>	1,04±0,15 <sup>a</sup>	1,52±0,43 <sup>a</sup>	3,63±0,23 <sup>c</sup>

<sup>1</sup>: Sonuçlar aritmetik ortalama±standart sapma olarak ifade edilmiştir. Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

Farklı sertlikteki sularla hazırlanan filtre kahvelerde sert suyla hazırlanan filtre kahve hariç keton grubundan 5-metil-3-hegzanon tespit edilmiştir. Orta sert suyla hazırlanan filtre kahvede ise 5-metil-3-hegzanon alan yüzdesi en yüksektir (P<0,05). Keton grubu uçucu bileşenlerin meyvemsi ve yağlı karakterlerin oluşmasında etkili olduğu belirlenmiştir. Aldehit grubuna göre keton grubu bileşenlerin kahvede oluşturduğu karakterin keskinliğinin daha düşük olduğu saptanmıştır (Lyman ve ark., 2003).

Örneklerin piridin alan yüzdesi arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır (P>0,05). Piridin yeşil kahve çekirdeğinde bulunan alkaloid olan trigonellinin dekompozisyon ürünü olarak tanımlanmıştır (Yeretian ve ark., 2002). Kahve çekirdeklerinin kavrulmaya başlamasıyla piridin konsantrasyonu artarken, kavurma süresi uzadıkça konsantrasyonun düştüğü bilinmektedir (Baggenstoss ve ark., 2008). Tiyofen grubuna dahil olan 3-etil-2-formiltiyofen uçucu bileşeni tüm örneklerde tespit edilmiş olup, kahve hazırlamada kullanılan su sertliğinin 3-etil-2-formiltiyofen alan yüzdesine etki etmediği saptanmıştır (P>0,05).

Farklı sertlikteki sularla hazırlanan filtre kahve örneklerinde uçucu bileşen gruplarının alan yüzdeleri karşılaştırıldığında furan, pirazin, pirol, aldehit, keton ve piridin grubundaki alan yüzdeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır (P>0,05). Furanon grubundan sadece dihidro-2-metil-3(2H)-furanon tespit edilmiş olup sert suyla hazırlanan filtre kahve hariç bütün örneklerde belirlenmiştir (Çizelge 5).

Uçucu bileşenler genel olarak değerlendirildiğinde sert suyla hazırlanan filtre kahvede tespit edilen uçucu bileşenler daha az olduğu görülmektedir. SCAA tarafından hazırlanan rehberde ideal kahve hazırlamak için TDS değerinin 250 mg/L'yi aşmaması gerektiği belirtilmiştir (SCAA, 2009). Sert suyun TDS değeri ortalama 424,33 mg/L olarak tespit edilmiştir. Filtre kahve hazırlamada kullanılan sert suyun TDS değerinin bu limitin üzerinde yer almaktadır. Sert su kullanılarak hazırlanan kahvede tespit edilen uçucu bileşen sayısının az olması TDS değerinin uygun olmamasıyla açıklanmaktadır. SCAA tarafından kahve hazırlamada kullanılacak su için hedef olarak 150 ppm TDS değeri belirtilmiştir. Bu değere en yakın TDS değerine 141,33 mg/L ile sahip olan orta sert suda tespit edilen uçucu bileşen sayısının en fazla olduğu saptanmıştır. İçerisinde çok yüksek seviye karbonat ve bikarbonat bulunduran suların kahveden uçucu bileşen ekstraksiyonunu azalttığı Gardner ve ark. (1958) tarafından yapılan çalışmada da belirlenmiştir.

Hazırlanışında farklı sertlikte su kullanılan filtre kahvelerin aralarındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla uçucu bileşen alan yüzdeleri kullanılarak Cluster ve PCA

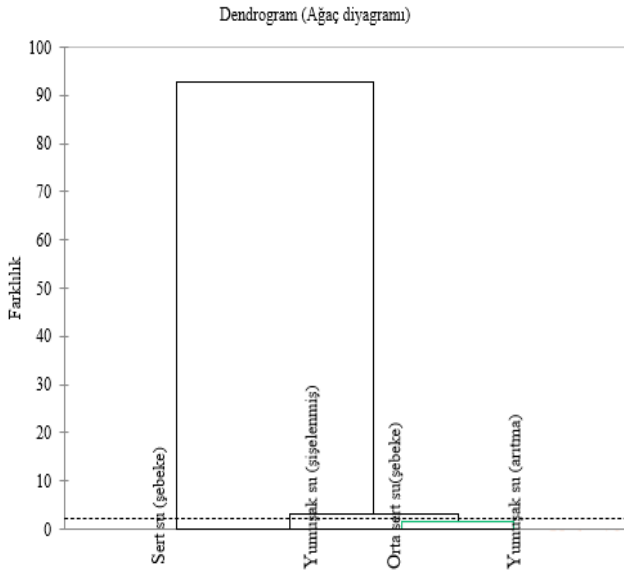
uygulanmıştır. Cluster analizi sonucunda iki ana grup olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1). Sert su kullanılarak hazırlanan filtre kahve bir grup; şişelenmiş yumuşak su, arıtma yumuşak su ve orta sert su kullanılarak hazırlanan filtre kahveler ise ikinci grubu oluşturmaktadır. Orta sert su ve arıtma yumuşak su kullanılarak hazırlanan filtre kahvelerin ayrıca bir alt grup oluşturduğu belirlenmiştir.

Bu grupların oluşmasında etkili olan uçucu bileşenlerin belirlenmesi amacıyla PCA uygulanmış ve toplam varyasyonun %64,29'unu oluşturan F1 ve %19,16'sını oluşturan F2 olmak üzere 2 temel bileşen elde edilmiştir (Şekil 2). Biplot diyagramına göre orta sert su ve arıtma yumuşak suyla hazırlanan filtre kahvelerin farklılaşmasında 1-metil-1H-pirol, 2-furankarboksaldehit, 3-etil-2,5-dimetil-pirazin, 2,2'-metilenbisfuran, 2-(metoksimetil)furan, dihidro-2-metil-3(2H)-furanon, 5-metil-3-hegzanon, 2-metilbüuanal, 2-vinil-5-metilfuran, 2-metilfuran uçucu bileşenleri etkili olmuştur.

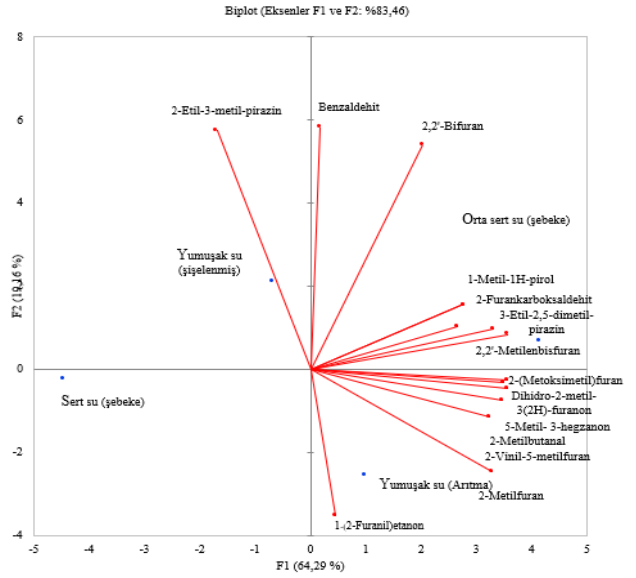
#### Tanımlayıcı Duyusal Değerlendirme

Farklı sertlikteki sularla hazırlanmış filtre kahve örneklerinin koku karakteristiklerine ait yoğunluk puanları Çizelge 6'da yer almaktadır. Kahve örneklerinde kavrulmuş kahve, kavrulmuş fındık, badem, çiğ sebze ve toprak kokuları algılanmıştır. Duyusal değerlendirme sonucuna göre örneklerde algılanan kavrulmuş kahve, kavrulmuş fındık, çiğ sebze ve toprak kokusu arasında istatistiksel olarak önemli fark saptanmıştır (P<0,05). En yoğun kavrulmuş kahve, çiğ sebze ve toprak kokusu şişelenmiş yumuşak su, arıtma yumuşak su ve orta sert suyla hazırlanan filtre kahvelerde algılanmıştır. En yoğun kavrulmuş fındık kokusu şişelenmiş yumuşak su ve arıtma yumuşak su ile hazırlanan filtre kahvede algılanmıştır. Örneklerin badem kokusu arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmamaktadır (P>0,05). Genel olarak sert suyla hazırlanan filtre kahvelerde koku karakteristiklerinin yoğunluğu en düşük olarak algılanmıştır. Bu durum sert su kullanılarak hazırlanan filtre kahvede tespit edilen uçucu bileşenlerin daha düşük olmasıyla açıklanabilmektedir.

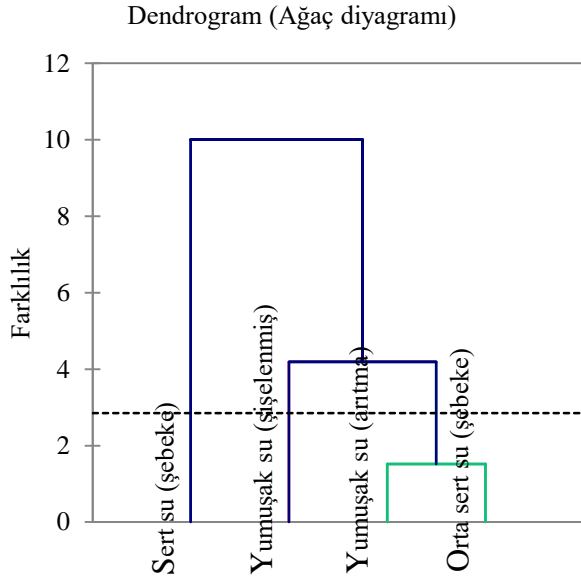
Farklı sertlikteki sularla hazırlanmış filtre kahve örneklerinin tat karakteristiklerine ait yoğunluk puanları Çizelge 7'de yer almaktadır. Kahve örneklerinde fındık, baharat, limon kabuğu, tatlı, ekşi, acı tat algılanmıştır. Duyusal değerlendirme sonucuna göre örneklerde algılanan fındık, baharat, limon kabuğu, tatlı, ekşi ve acı tadı arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmamaktadır (P<0,05). En yoğun fındık ve limon kabuğu tadı arıtma yumuşak su ve orta sert su ile hazırlanmış örneklerde algılanmıştır. Baharat tadı şişelenmiş yumuşak su ve orta sert su ile hazırlanan örneklerde diğerlerine kıyasla daha yoğun algılanmıştır. Sert su ile hazırlanan filtre kahvede tatlı ve ekşi tat en az algılanırken, acı tat en yoğun şekilde algılanmıştır (P<0,05).



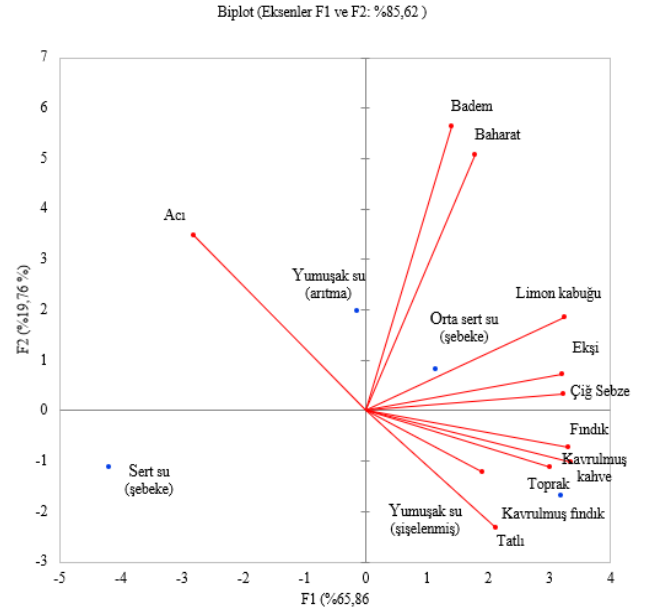
Şekil 1. Farklı sertlikteki sularla hazırlanmış filtre kahvelerin uçucu bileşenlerine göre Cluster analizi ile gruplandırılması  
Figure 1. Classification of filter coffees prepared with water having different hardness according to their volatile compounds by Cluster analysis



Şekil 2. Farklı sertlikteki sularla hazırlanmış filtre kahve örneklerinin uçucu bileşenlerine ait biplot diyagramı  
Figure 2. Biplot diagram of volatile compounds of filter coffee samples prepared with water having different hardness



Şekil 3. Farklı sertlikteki sularla hazırlanmış filtre kahvelerin duysal karakterlerine göre Cluster analizi ile gruplandırılması  
Figure 3. Classification of filter coffees prepared with water having different hardness according to their sensory characteristics by Cluster analysis



Şekil 4. Farklı sertlikteki sularla hazırlanmış filtre kahve örneklerinin duysal karakterlerine ait biplot diyagramı  
Figure 4. Biplot diagram of the sensory characteristics of filter coffee samples prepared with water having different hardness.

Farklı sertlikteki sular ile hazırlanan filtre kahveler arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla duysal karakterlerine ait yoğunluk ortalamaları kullanılarak Cluster ve PCA uygulanmıştır. Cluster analizi sonucunda iki ana grup oluştuğu görülmüştür (Şekil 3). Sert su ile hazırlanan filtre kahveler birinci grubu, şişelenmiş yumuşak su kullanılarak hazırlanan filtre kahveler ikinci grubu oluşturmaktadır. Şişelenmiş yumuşak su kullanılarak hazırlanan kahvelerin kendi içerisinde ayrıca arıtma yumuşak su ile hazırlanan kahveler olmak üzere bir alt grup, orta sert su ile hazırlanan kahveler olmak üzere ikinci bir alt grup oluşturduğu tespit edilmiştir.

Kahve hazırlamada yüksek sertlikte su kullanıldığında içerisindeki karbonat ve bikarbonatlardan dolayı acı bir kahve elde edildiği belirlenmiştir. Kahvenin biraz ekşi olması istenen bir duysal özellik olmakla birlikte kahve hazırlamada yumuşak su kullanıldığında aşırı ekşi kahve elde edilmiştir. Suyun alkaliliği kahvenin asitliğini nötralize ettiğinden yumuşak su ile hazırlanan kahvede algılanan ekşilik azalmaktadır. Bu sebeple yumuşak su kullanılan kahvelerin ekşiliğinin fazla olduğu ifade edilmektedir (Navarini ve Rivetti, 2010). Benzer olarak Fibrianto ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada da



kahvede alkali su kullanıldığında kahvelerin acılığının fazla, ekşiliğinin az olduğu belirlenmiştir.

Bu grupların oluşmasında etkili olan kahve karakterlerinin belirlenmesi amacıyla uygulanan PCA sonucunda toplam varyasyonun %65,86'sını oluşturan F1 ve %19,76'sını oluşturan F2 olmak üzere 2 temel bileşen elde edilmiştir (Şekil 4). F1 ve F2 bileşenleri kullanılarak çizilen biplot diyagramına göre sert su ile hazırlanan filtre kahvenin farklılaşmasında acı karakteri etkili olmuştur. Orta sert su ile hazırlanan filtre kahve ve yumuşak su (arıtma) ile hazırlanan filtre kahveler badem kokusu ve baharat tadı açısından farklılık göstermiştir.

## Sonuç

Bu çalışmada filtre kahve hazırlamada kullanılan suyun kahvenin uçucu bileşenlerine ve duyuşal özelliklerine etki ettiği tespit edilmiştir. Orta sertlikte su kullanılarak hazırlanan filtre kahvelerin en fazla uçucu bileşen (28 uçucu bileşen) içeren filtre kahve olduğu belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular ile findık, baharat, limon kabuğu, tatlı karakteri yoğun kahve için orta sert su, acı karakteri fazla olan kahve için sert su, ekşiliği fazla olan kahve için yumuşak su, ekşiliği az olan kahve için sert su kullanılması önerilmektedir.

Genel anlamda uçucu bileşen sayısı fazla aynı zamanda findık, baharat, limon kabuğu karakterleri yoğun olan filtre kahve elde edilmesi amacıyla endüstriyel ve ev tipi filtre kahve hazırlanırken orta sertlikteki su kullanımının önemli olduğu saptanmıştır. Bu çalışmayla filtre kahvenin uçucu bileşenlerine ve lezzetine su sertliğinin etkisiyle ilgili olarak literatürde yer alan açığa katkı sağlanmış olup, sonraki çalışmalarda su sertliğinin farklı kahve hazırlama teknikleriyle elde edilen kahvelerin uçucu bileşenlerine ve lezzete etkisinin araştırılması önerilmektedir.

## Kaynaklar

Acree T, Arn H. 2020. Flavournet. Erişim adresi: <http://www.flavornet.org/flavornet.html> [Erişim tarihi: 25.06.2020].

Akal Solmaz SK, Yonar T, Üstün GE, Kestioğlu K, Ölmez R. 2004. Yeraltı suyunun su temini amaçlı kullanımında sertlik giderimi için kimyasal arıtma ve iyon değiştirme yöntemlerinin karşılaştırılması Bursa Ulaştırma Okulu. *Ekoloji*, 13: 17-22.

Akiyama M, Murakami K, Hirano Y, Ikeda, M, Iwatsuki M, Wada A, Tokuna K, Onishi M, Iwabuchi H. 2008. Characterization of headspace aroma compounds of freshly brewed arabica coffees and studies on characteristic aroma compounds of ethiopian coffee. *Journal of Food Science*, 73: 335-346.

Akiyama M, Murakami K, Ikeda M, Iwatsuki K, Wada A, Tokuno K, Onishi M, Iwabuchi H. 2007. Analysis of the headspace volatiles of freshly brewed arabica coffee using solidphase microextraction. *Journal of Food Science*, 72: C388-C396.

Akiyama M, Murakami K, Ohtani N, Iwatsuki K, Sotoyama K, Wada A, Tokuno K, Iwabuchi H, Tanaka K. 2003. Analysis of volatile compounds released during the grinding of roasted coffee beans using solid-phase microextraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(7): 1961-1969.

Altuğ Onoğur T, Elmacı Y. 2015. *Gıdalarda Duyusal Değerlendirme*. İzmir: Sidas Medya. ISBN:978-9944-5660-8-7.

AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis*. Virginia: AOAC.

Baggenstoss J, Poisson L, Kaegi R, Peren R, Escher F. 2008. Coffee roasting and aroma formation: application of different time-temperature conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 5836-5846.

Belitz HD, Grosch W, Schieberle P. 2009. *Food Chemistry*, Berlin Heidelberg: Springer. ISBN: 978-3-540-69934-7.

Burdock GA. 2010. *Fenaroli's handbook of flavor ingredients*. Boca Raton: CRC Press/Taylor and Francis. ISBN: 9780429150838.

Caporaso N, Genovese A, Canela, MD, Civitella A, Sacchi R. 2014. Neapolitan coffee brew chemical analysis in comparison to espresso, moka, and american brews. *Food Research International*, 61: 152-160.

Caporaso N, Whitworth MB, Cui C, Fisk ID. 2018. Variability of single bean coffee volatile compounds of Arabica and robusta roasted coffees analysed by SPME-GC-MS. *Food Research International*, 108:628-640.

Crews C, Castle L. 2007. A review of the occurrence, formation and analysis of furan in heat-processed foods. *Trends in Food Science & Technology*, 18: 365-372.

Czerny M, Christlbauer M, Christlbauer M, Fischer A, Granvogl M, Hammer M, Hartl C, Hernandez NM, Schieberle P. 2008. Re-investigation on odour thresholds of key food aroma compounds and development of an aroma language based on odour qualities of defined aqueous odorant solutions. *European Food Research and Technology*, 228: 265-273.

Decazy F, Avelino J, Guyot B, Perriot JJ, Pineda C, Cilas C. 2003. Quality of different honduran coffees in relation to several environments. *Journal of Food Science*, 68: 2356-2361.

Donfrancesco BD, Gutierrez Guzman N, Chambers IV E. 2014. Comparison of results from cupping and descriptive sensory analysis of Colombian brewed coffee. *Journal of Sensory Studies*, 29: 301-311.

Fibrianto K, Ardianti AD, Pradipta K, Sunarharum WB. 2018. The influence of brewing water characteristic on sensory perception of pour-over local coffee. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 102:012095.

Gardner DG. 1958. Effect of certain ion combinations commonly found in potable water on rate of filtration through roasted and ground coffee. *Food Research*, 23: 76-84.

Gloss AN, Schönbachler B, Klopprogge B, D'Ambrosio L, Chatelain K, Bongartz A, Strittmatter A, Rast M, Yeretian C. 2013. Comparison of nine common coffee extraction methods: instrumental and sensory analysis. *European Food Research and Technology*, 236: 607-627.

Grosch W. 2001. Evaluation of the key odorants of foods by dilution experiments, aroma models and omission. *Chemical Senses*, 26(5): 533-545.

Hendon CH, Colonna-Dashwood L, Colonna-Dashwood M. 2014. The role of dissolved cations in coffee extraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62:4947-4950.

ICO, 2020. International coffee organisation. World coffee consumption. Erişim adresi: <http://www.ico.org/prices/new-consumption-table.pdf> [Erişim tarihi: 11.08.2020]

Kıvançlı J, Elmacı Y. 2016. Characterization of Turkish-style boiled coffee aroma by gas chromatography and mass spectrometry and descriptive analysis techniques. *International Journal of Food Properties*, 19: 1671-1686.

Lyman DJ, Benck R, Dell S, Merle S, Murray-Wijelath J. 2003. FTIR-ATR analysis of brewed coffee: Effect of roasting conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 3268-3272.

Moon JK, 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(13):5823-5831.

Navarini L, Rivetti D. 2010. Water quality for Espresso coffee. *Food Chemistry*, 122: 424-428.

Nebesny E, Budryn B. 2006. Evaluation of sensory attributes of coffee brews from robusta coffee roasted under different condition *Europe Food Research Technology*, 224: 159-165.



- Pangborn RM, Trabue IM, Little AC. 1971. Analysis of coffee, tea and artificially flavoured drinks prepared from mineralized waters. *Journal of Food Science*, 36: 355-362.
- Pangborn RM. 1982. Influence of water composition, extraction procedures, and holding time and temperature on quality of coffee beverage. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie*, 15: 161–168.
- Pherobase, 2020. Erişim adresi: <https://www.pherobase.com/> [Erişim tarihi: 25.06.2020].
- Ribeiro JS, Augusto F, Salva TJG, Thomaziello RA, Ferreira, MMC. 2009. Prediction of sensory properties of Brazilian Arabica roasted coffees by headspace solid phase microextraction–gas chromatography and partial least squares. *Analytica Chimica Acta*, 634:172–179.
- Ross CF, Pecka K, Weller K. 2006 Effect of storage conditions on the sensory quality of ground arabica coffee. *Journal of Food Quality*, 29: 596-606.
- Sanz C, Maeztu L, Zapelena MJ, Bello J, Cid C. 2002. Profiles of volatile compounds and sensory analysis of three blends of coffee: influence of different proportions of Arabica and Robusta and influence of roasting coffee with sugar. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82: 840-847.
- Saplıoğlu K, Küçükerdem TS, Alqaysi RSD. 2017. Akdeniz Bölgesi akarsularının su kalitesi sınıflarının ve trendlerinin belirlenmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 8: 33-42.
- SCAA, 2009. Specialty Coffee Association of America. Water for Brewing Specialty Coffee. Erişim adresi: <http://www.scaa.org/?d=water-standards&page=resources> [Erişim tarihi 12.06.2020].
- Sinnott K. 2011. The art and craft of coffee: an enthusiast's guide to selecting, roasting, and brewing exquisite coffee. Quarry Book. ISBN: 978-1592535637.
- Sunarharum WB, Williams DJ, Smyth HE. 2014. Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. *Food Research International*, 62: 315-325
- The Good Scents Company, 2020. Erişim adresi: <http://www.thegoodscentscompany.com/> [Erişim tarihi: 25.06.2020].
- Yeretzian C, Jordan A, Badoud R., Lindinger W. 2002. From the green bean to the cup of coffee: investigating coffee roasting by on-line monitoring of volatiles. *European Food Research and Technology*, 214:92-104.