

Review Article/Derleme Makale

Kahve lezzeti; Bileşim, işleme ve duyuşal özelliklerin etkisi

An overview of coffee flavour: Influence of process, composition and sensory properties

Yeşim Elmacı 

Gıda Mühendisliği Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

Article info

Anahtar Kelimeler:

Aroma, Duyusal, Kahve, Kahve Uçucu Bileşenleri, Lezzet

Keywords:

Coffee, Flavour, Aroma, Volatile Compounds of Coffee, Sensory

Received: 08.05.2024

Accepted: 23.07.2024

E-ISSN: 2979-9511

DOI: 10.58625/jfng-2672

Elmacı; Kahve lezzeti; Bileşim, işleme ve duyuşal özelliklerin etkisi

Available online at <https://jfng.toros.edu.tr>

Corresponding Author(s):

* Yeşim Elmacı, yesim.elmaci@ege.edu.tr

Özet

Dünyada yaygın olarak tüketilen içeceklerden biri olan kahve ekonomik olarak petrolden sonra en önemli tarımsal üründür. Dünyada günde ortalama 2.5 milyar fincan kahve tüketilmektedir. Kahve tüketiminin en önemli nedenlerinden biri kahvenin lezzetidir. İyi kalite kahve lezzeti, lezzet, gövde, aromanın dengeli karışımı ve kusur içermeyen hoş bir duygu olarak tanımlanmaktadır. Kahve lezzetine etki eden birçok faktör olması nedeniyle kahve lezzeti karmaşık bir olgu olarak nitelendirilmektedir. Kahve lezzeti ile ilgili bugüne kadar birçok çalışma yapılmış olmakla birlikte, lezzet oluşumuna etki eden faktörlerin değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Kahve lezzetine etki eden faktörlerden biyokimyasal etkiler kahve bitkisi ve kahve tanesinin gelişimi ile başlamakta, kahvenin işleme aşamaları ve hazırlama teknikleri ile devam etmektedir. Kahvenin bileşiminden kaynaklanan etkiler ise kavrulmuş tanedeki uçucu olmayan bileşenler ve uçucu bileşenler nedeniyle oluşmaktadır. Kahvenin bileşimi ile ilgili kimyasal veriler, lezzete etkisi olan temel bileşenlerin kahve lezzetine katkısını tam olarak açıklamaya yeterli değildir. Kahve lezzetine katkısı olduğu düşünülen bileşenlerin neden olduğu duyuşal özelliklerin belirlenmesi duyuşal değerlendirme ile mümkündür. Kahvenin duyuşal özellikleri ve kahve bileşenleri ile ilgili verilerin birlikte değerlendirilmesi kahve lezzetinin tanımlanması açısından ve hangi bileşenin nasıl bir lezzet özelliğine neden olduğunu



belirlenmesi açısından önem taşımaktadır. Kahve çekirdeği, işleme koşulları ve kahvenin bileşimi farklı duyuşsal karakteristikalere neden olmakta, hepsi birlikte kahve lezzetini oluşturmaktadır. Bu çalışmada, kahve lezzetine etkisi olan işleme, bileşim ve duyuşsal özelliklere genel bir bakış sağlanması amaçlanmıştır.

Extended Abstract

Coffee is one of the most widely consumed beverages in the world, and it began to take its place as a culture among consumers since the mid-16th century. While the first coffee houses became common in Turkey, Iran, Syria and Arabia in the 15th century, Europe was introduced to coffee in the 16th century (1). According to 2023/24 data the coffee consumption of the regions is as follows: Europe 53.7, Asia & Pacific 45.7, North America 30.9, South America 28.0, Africa 12.5 and Caribbean, Central America & Mexico 6.1 million 60-kg bags (2). The countries that consume the most coffee per capita are the Scandinavian countries, and according to 2023 data, Finland (12 kg) ranks first in the world in per capita consumption, followed by Norway (9.9 kg), Iceland (9 kg), Denmark (8.7 kg), the Netherlands (8.4 kg), Sweden (8.1 kg), Belgium (6.8 kg), Luxembourg (6.5 kg), Canada (6.5 kg) (3).

The fact that coffee taste is the most important parameter for the consumer, requires detailed investigation of coffee taste. Coffee flavour and distinctive sensory quality are affected by bean type, geographical location, climate, different agricultural practices, and process parameters. Studies on coffee flavour are mostly limited to determining the basic flavour compounds depending on a single coffee type, style, or geographical origin, and depending on the type of coffee studied and the basic flavour components obtained from one study differ from the data obtained from another study (4). In addition, the effect of the flavour compounds on sensory properties has not been fully determined. Starting from the cultivation of coffee beans, the processing, roasting, grinding, brewing methods and presentation of coffee to the consumer are important factors that affect the taste of coffee. In order to understand the taste of coffee, it is important to examine it from a broad perspective.

Although the sensory properties of coffee have been studied for many years, the importance of coffee flavour in terms of industry and science has increased with the increase in coffee consumption around the world. A sensory language describing coffee flavour has been used in many studies. Some of these sensory attributes were determined as; astringent, body, bitter

taste, burnt smell, burnt taste (5), sweet caramel, earthy, roasted, sooty (6), roasted/burnt, spicy, bitter, sour, sweet, salty, astringent, woody, fermented, earthy and tobacco-like (7). Attributes such as coffee, brown, bean-like, hazelnut, cocoa, floral, fruity, green, ashy, sweet aromatic, sour aromatic and pungent have also been used as different aroma terms (8). Studies have shown that brewing enhances the sweet-caramel aroma in *Coffea arabica*, while it highlights the spicy, sharp and earthy aromas in *Coffea robusta*. It has been determined that different roasting degrees applied to *C. arabica* and *C. robusta* cause differences in astringency, body, bitter taste, and burnt odour (5).

In addition to aroma and taste, texture, mouthfeel and chemesthesia (sensitivity of the mucosa) are other components that affect the perception of flavour and are changed by the interaction of the food structure with its mouth-coating feature (9). While the texture and mouthfeel characteristics of coffee are defined as full-bodied, astringent, round, smooth, thick, coarse, granular, hard, oily, and sticky, the overall impression is pure, non-persistent, clear, sharp, moderate, round, soft, balanced, strong. Characters such as, heavy, hard, light, plain, simple, ripe, winey, rich, sharp, astringent, alkaline, easy to swallow were also used (10, 11). In another study conducted in Italy, espresso coffee was described with thick, lingering, fluid, resistant to tongue movement, syrupy, viscous, velvety, pasty, creamy, mouth-covering, smooth, round, granular, full-bodied and rich in character (12).

The formation of coffee flavour begins with the development of the fruit in the coffee plant. Green coffee beans contain over 1000 substances with different chemical and physical properties. Insoluble (cellulose, hemicellulose) and soluble (arabinose, fructose, galactose, glucose, sucrose, raffinose, stachyose, etc.) carbohydrates, lipids, chlorogenic acids and nitrogen-containing compounds are considered as basic aroma precursors (13). Sucrose, glucose, and fructose are responsible for the formation of acids and other volatile compounds during roasting, as Maillard reaction takes place between carbohydrates and amino acids (14). Polysaccharides are responsible for the retention of volatiles and contribute to flavour formation. Nitrogen-containing compounds such as alkaloids (caffeine and trigonelline) and proteins, non-volatile aliphatic acids (citric, malic and quinic acids), volatile acids (acetic, butanoic, decanoic, formic, hexanoic, isovaleric, propanoic acids) are broken down by roasting to form important flavour active metabolites such as pyridines and pyrroles (15). Differences in chemical composition of coffee types affect the taste and aroma obtained from these types. For example, *C. arabica* and *C. robusta* are quite different in terms of taste. The caffeine content of *C. robusta* beans is higher

than *C. arabica*, and their volatile component contents are also different. 2-methylisborneol, determined in Robusta coffee, causes the typical earthy flavour (16). Differences have been founded even among *C. arabica* varieties due to environmental conditions. It has been stated that environmental factors such as geographical origin, climate, altitude and temperature rise, and shading are effective on coffee quality (17).

The development of complex coffee flavour continues with various coffee processing and preparation techniques. In the processing of green coffee beans, dry processing, wet processing, or semi-wet processing methods are used (17). The results obtained by the fermentation and washing process are main differences of mentioned methods and affect the taste of the coffee. While "hard" coffee with a medicinal taste is obtained with dry processing, better quality, less bodied, high acidity, and aromatic coffee is obtained with wet processing. It has been stated that coffees obtained by the half-wet method have a medium body (18).

Roasting, grinding, and brewing applied to green coffee beans are important processes that affect the taste of the coffee drink. Chemical reactions related to the colour, taste and aroma of coffee occur during roasting (17). During the roasting process, coffee flavour is formed by Maillard reactions, Strecker degradation, pyrolysis reactions, and the breakdown of trigonelline, quinic acid, pigments, and lipids (19).

The coffee flavour is revealed through the grinding process applied for extraction or infusion in the preparation of the coffee drink (8). The degree of grinding and particle size affect the extraction and therefore the quality of the coffee drink. A very finely ground coffee causes bitter coffee due to excessive extraction, while a coarsely ground coffee reduces extraction due to the decrease in surface area, resulting in a weak coffee (20).

Coffee brewing is a crucial step in transferring coffee aromas from the ground beans to the beverage. Extraction time, water temperature, applied pressure, particle size, coffee/water ratio and water quality affects the volatile substances extracted from coffee (21).

Non-volatile compounds found in roasted coffee beans are alkaloids (caffeine, trigonelline), chlorogenic acids, carboxylic acids, carbohydrates and polymeric polysaccharides, lipids, protein, melanoidins and minerals, and these compounds are important for coffee aroma. Variations in coffee growing and processing conditions affect the presence of these components in roasted coffee beans. Compared to *C. arabica*, *C. robusta* has been stated to contain higher

amounts of caffeine as green or roasted beans (22, 23).

Volatile compounds formed during roasting of coffee beans are decisive in coffee quality. The mechanism of coffee aroma formation is quite complex and is formed by the interaction of many reactions during coffee beans and roasting. Mechanisms that are effective in the formation of important aroma volatiles during roasting include the Maillard reaction, Strecker degradation, degradation of sulfur amino acids, hydroxy amino acids, proline and hydroxyproline, trigonelline, chlorogenic acid and quinic acid, degradation of pigments and lipids (19).

The key compounds found in coffee are not enough to explain coffee flavour. Similarly, sensory determination of aroma attributes of coffee is insufficient to explain what causes a specific sensory property without chemical data. Evaluating sensory data and physicochemical measurements together is possible with chemometrics, known as multiple data analysis tools. Principal component analysis (PCA) and partial least squares (PLS) regression analysis are used to determine the components that cause specific aroma differences in complex matrices such as coffee (15).

Coffee flavour is affected by differences in the processing and preparation stages, starting from the cultivation of coffee. Differences in these factors cause changes in the flavour and aroma components of green and roasted coffee beans and brewing stages. The effect of volatile and non-volatile components on flavour perception of coffee, consumer preference and coffee pleasure are important. Although information about the chemical composition of coffee flavour is important, the reliable sensory data regarding the aroma composition of coffee is insufficient to explain the importance and contribution of these components to flavour. Matching sensory data with the components that make up coffee flavour will provide a better understanding of coffee flavour. Although studies on coffee flavour have been ongoing for nearly 100 years, detailed studies are needed to understand formation of coffee flavour.

GİRİŞ

Kahve dünyada yaygın olarak tüketilen içeceklerden biri olup, 16. yy'ın ortalarından itibaren tüketiciler arasında bir kültür olarak yerini almaya başlamıştır. İlk kahve evleri 15.yy'da Türkiye, İran, Suriye ve Arabistan'da yaygın hale gelirken, Avrupa 16. yy'da kahve ile tanışıyor ancak kafir içecek olarak düşünülmediğinden yaygınlaşmıyor. Papa VII. Clement'in onay vermesi ile içecek Avrupa ve Amerika'da tüketilmeye başlıyor. 17. yy ortalarında sadece Londra'da 300'ün üzerinde kahve evi olduğu ve bilim insanları, sanatçılar, tüccarlar ve politikacıların kahve içmek için buralarda toplandıkları belirlenmiş ve ilerleyen zaman içinde kahve tüketimi tüm dünyaya yayılmış (1). 2023/24 verilerine göre dünyada en fazla kahve tüketen bölgeler; Avrupa 53.7, Asya & Pasifik 45.7, Güney Amerika 30.9, Kuzey Amerika 28.0, Afrika 12.5 ve Karayip, Orta Amerika & Meksiko 6.1 milyon 60-kg torba olarak sıralanmaktadır (2). Kişi başına en fazla kahve tüketen ülkeler ise İskandinav ülkeleri olup, 2023 verilerine göre dünyada kişi başına tüketimde Finlandiya (12 kg) ilk sırayı almakta, Finlandiya'yı Norveç (9.9 kg), İzlanda (9 kg), Danimarka (8.7 kg), Hollanda (8.4 kg), İsveç (8.1 kg), İsviçre (7.9 kg), Belçika (6.8 kg), Lüksemburg (6.5 kg), Kanada (6.5 kg) izlemektedir (3).

Ticari mal olarak görülen kahve son yıllarda bir dönüşümden geçerek özel bir ürün olarak kabul görmeye başlamış ve üçüncü dalga kahve tüketimi yaygınlaşmıştır. 1960'larda giderek artan tüketime bağlı kitlesel pazarın büyümesi ve yaygınlaşması ile birinci dalga olarak nitelendirilen kahve tüketimi başlamıştır. İkinci dalga kahve tüketimi 1990'larda kahve zincirleri ile ortaya çıkmış, kahve zincirleri kaliteli kahveye ilgi gösteren yeni tüketiciye özel kahveler sunmaya başlamış ve kahve lüks bir ürün olarak görülmeye başlamıştır (24). Üçüncü dalga kahve ise küçük kavurma evlerinin spesifik bölge kahveleri ve yeni demleme tekniklerini kullanmaları ile gündeme gelmiştir. Günümüzde kahve yüksek kalite artizan gıda olarak kabul edilmekte ve şarap ile kıyaslanmaktadır (25). Kahve içme eylemi sadece bir içecek tüketmekten çok daha fazla

anlam içermekte, zevk, deneyim, hayat tarzı ve sosyal statü ile ilişkilendirilmektedir (26). Kahve tüketiminin nedenleri araştırıldığında tüketicilerin %83'ünün kahveyi lezzeti nedeniyle tükettiği ve bunu enerji verme (%67), üretimi artırma (%43), sağlık yararları (%29) ve açlığı bastırma (%0) gibi nedenlerin izlediği belirlenmiştir (27).

Kahve lezzetinin tüketici açısından en önemli parametre olması kahve lezzetinin detaylı araştırılmasını gerektirmektedir. Kahve lezzeti ve ayırt edici duyu kalitesi çekirdek türü, coğrafi lokasyon, iklim, değişik tarım uygulamaları ve uygulanan işleme parametrelerinden etkilenmektedir. Kahve lezzeti ile ilgili çalışmalar daha çok tek bir kahve tipi, stili veya coğrafi yerine bağlı olarak temel lezzet bileşenlerinin belirlenmesi ile sınırlı kalmakta ve çalışılan kahve türüne bağlı olarak bir çalışmadan elde edilen temel lezzet bileşenleri ile başka bir çalışmadan elde edilen veriler birbirinden farklı olmaktadır. Ayrıca lezzete etkisi olan temel bileşenlerin duyu özellikleri üzerine etkisi de tam olarak belirlenmemiştir. Kahve çekirdeğinin tarımından başlayarak, işlenmesi, kavrulması, öğütülmesi, demleme yöntemleri ve tüketiciye sunulması aşamaları kahve lezzetini etkileyen önemli faktörlerdir. Kahve lezzetinin anlaşılması için bu konunun geniş bir bakış açısı ile incelenmesi önem taşımaktadır. Bu çalışmada kahvenin bileşimi, işlenmesi ve duyu özelliklerinin kahve lezzeti üzerine etkisi ile ilgili bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

Kahvede Lezzet Algısı

Lezzet, aroma, tat, doku, ağız hissi ve kemestezi özelliklerinin karışımı olup kimyasal ve sinirsel uyarıları da kapsayan kompleks bir duygudur (Şekil 1). Ancak kahve lezzeti söz konusu olduğunda aroma (koku) en önemli özelliktir. Birçok tüketici lezzeti algıladıkları koku olarak tanımlamaktadır. Bunun nedeni retronazal algıdır. Retronazal algı, gıdanın uçucu bileşenlerinin ağızımızdan boğazın gerisine ve geniz boşluğuna gitmesi ile uçucu bileşenlerin olfaktori epitel ile reaksiyona girmesi ve beyne sinirler yoluyla uyarı göndermesi ile oluşmakta, beyin ise bu duyu bilgiyi koku olarak tanımlamaktadır. Ortanazal algı ise

uçucu bileşenlerin burun tarafından solunarak doğrudan olfaktori sistemle etkileşime girmesidir (28). Kahve gibi kompleks lezzete sahip ürünlerde lezzetin bileşeni olan aroma daha çok önem taşımaktadır.

Kahvenin duyuşsal özellikleri uzun yıllardır çalışılmış olmakla birlikte dünya genelinde kahve tüketiminin artması ile endüstri ve bilim açısından kahve lezzetinin önemi artmıştır. Kahve lezzetini tanımlayan duyuşsal bir dil pek çok çalışmada kullanılmıştır. Bu duyuşsal özelliklerin bir kısmı; buruk, gövde, acı lezzet, yanık koku, yanık tat (5), tatlı karamel, toprağımsı, kavruk, isimsi (6), kavrulmuş/yanık, baharatımsı, acı, ekşi, tatlı, tuzlu, buruk, odunumsu, fermente, toprağımsı ve tütünömsü (7) olarak belirlenmiştir. Farklı aroma terimleri olarak kahve, kahverengi, fasulyemsi, fındığımsı, kakao, çiçeğımsi, meyvemsi, yeşil, külümsü, tatlı aromatik, ekşi aromatik ve keskin gibi tanımlar da kullanılmıştır (8). Yapılan çalışmalarda demlemenin *C. arabica* kullanılan kahvede tatlı-karamel aromayı arttırdığı, *C. robusta*'da ise baharat, keskin ve toprağımsı aromaları öne çıkardığını göstermiştir. *C. arabica* ve *C. robusta* kahvelere uygulanan farklı kavurma derecelerinin karakteristik koku, burukluk, gövde, acı lezzet, yanık koku gibi duyuşsal özelliklerde farklılığa neden olduğu belirlenmiştir (5). Soğuk demleme yöntemi ile yapılan çalışmada ekşilik ve kahve lezzetinin *C. arabica*'da, acılık ve burukluğun ise *C. robusta* soğuk demlemede belirgin olduğu ifade

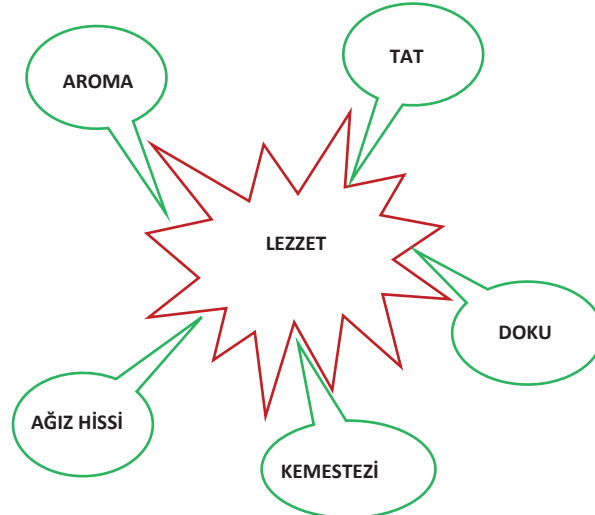
edilmiştir (29).

Aroma ve tat ile birlikte doku, ağız hissi ve kemestezi (mukozanın duyarlığı) lezzet algısını etkileyen ve gıda yapısının ağız kaplama özelliğı ile interaksiyonundan etkilenen diğere bileşenlerdir. Gevreklik, yağlılık, kumluluk, kıvam, yumuşaklık, sertlik gibi özelliklerle birlikte ağız ve dil yüzeyi ile gıda yapısı arasındaki interaksiyon sonucu mukus membranda kimyasal duyarlık ile ortaya çıkan yanma, gıdıklama, karıncalanma, soğukluk gibi daha kompleks algılar da söz konusudur (9). Kahvede doku ve ağız hissi özellikleri olarak gövdeli, buruk, yuvarlak, düzgün, kalın, kaba, taneli, sert, yağlı, yapışkan karakterler tanımlanırken, tüm izlenim ise saf, kalıcı olmayan, net, keskin, ılımlı, yuvarlak, yumuşak, dengeli, kuvvetli, ağır, sert, hafif, monoton, düz, basit, olgun, şarabımsı, zengin, keskin, iğneleyici, kekremesi, alkali, kolay yutulan gibi karakterler kullanılmıştır (10, 11). İtalya'da yapılan başka bir çalışmada espresso kahvede kalın, oyalanan, akıcı, dil hareketine direnç gösteren, şurubumsu, kıvamlı, kadifemsi, hamurumsu, kremamsı, ağız kaplayan, düzgün, yuvarlak, tanecikli, gövdeli ve zengin karakterler tanımlanmıştır (12).

Kahve Lezzetinin Biyokimyasal Oluşumu

Kahve lezzetinin oluşumu kahve bitkisinde meyvenin gelişimiyle başlamaktadır. Yeşil kahve çekirdeğinde değışik kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip 1000'in üzerinde madde yer almaktadır. Çözünmeyen (sellüloz, hemisellüloz)

Şekil 1. Lezzeti oluşturan özellikler



ve çözünen (arabinoz, fruktoz, galaktoz, glukoz, sakkaroz, rafinoz, stakioz vb.) karbonhidratlar, lipitler, klorojenik asitler ve azot içeren bileşikler temel aroma öncülleri olarak sayılmaktadır (13). Düşük moleküler ağırlığa sahip sakkaroz, glukoz, fruktoz gibi karbonhidratlar kavurma sırasında, karbonhidratlar ve amino asitler arasında oluşan Maillard reaksiyonu ile asitlerin oluşumu ve diğer uçucu bileşenlerin oluşumuna katkıda bulunmaktadır (14). Polisakkaritler, uçucuların tutulması ve lezzet oluşumunda önem taşımaktadır. Alkoloidler (kafein ve trigonellin) ve proteinler gibi azot içeren bileşikler, uçucu olmayan alifatik asitler (sitrik, malik ve kinik asitler), uçucu asitler (asetik, butanoik, dekanıoik, formik, hegzanoik, isovalerik, propanoik asitler) kavurma prosesi ile parçalanarak piridinler ve piroller gibi önemli lezzet aktif metabolitlere dönüşmektedir (15). Kahve cinsleri arasındaki kimyasal bileşim farklılıkları bu cinslerden elde edilen kahvenin lezzetini etkilemektedir. *C. arabica* ve *C. robusta* lezzet açısından oldukça farklıdır. *C. robusta* çekirdeğinin kafein içeriği *C. arabica*'ya göre daha yüksek olup uçucu bileşenleri de farklılık göstermektedir. *C. robusta*'da belirlenen 2-metilisoborneol tipik toprağımsı lezzete neden olmaktadır (16). *C. arabica* çeşitleri arasında dahi çevresel koşullar nedeniyle farklılıklar belirlenmiştir. Coğrafi köken, iklim, yükseklik ve sıcaklık yükselmesi, gölgelenme gibi çevresel faktörlerin kahve kalitesi üzerine etkili olduğu ifade edilmiştir (17).

Kompleks kahve lezzetinin gelişimi çeşitli kahve işleme ve hazırlama teknikleri ile devam etmektedir. Yeşil kahve çekirdeğinin işlenmesinde, kuru işleme, yaş işleme veya yarı-yaş işleme yöntemleri kullanılmaktadır (17). Fermantasyon ve yıkama işlemi arasındaki farklar bu yöntemler arasındaki temel farklar olup kahve lezzetini etkilemektedir. Kuru işleme ile ilacimsi lezzete sahip "sert" kahve elde edilirken yaş işleme ile daha iyi kalitede, az gövdeli, yüksek asiditeye ve aromaya sahip kahve elde edilmektedir. Yarı yaş yöntemle elde edilen kahvelerin ise orta derecede gövdeli olduğu belirtilmiştir (18). Bu yöntemler dışında özel stil olarak ifade edilen "sindirimsel biyo-proses" ve "musionlama" yöntemleri de yaygın olmamakla birlikte kullanılmaktadır (30, 31). Kahve

çekirdeklerinin Misk kedisinin bağırsaklarında fermente olması işlemi sindirimsel biyo-proses olarak adlandırılırken, musionlama ise gemilerde nemli ortamda uzun süre seyahat eden kahve çekirdeklerinin lezzetinin fark edilmesi ile Hindistan'da geliştirilmiştir (32).

Yeşil kahve çekirdeğine uygulanan kavurma, öğütme ve demleme aşamaları kahve içeceğinin lezzetini etkileyen önemli aşamalarıdır. Kahvenin rengi, tadı ve aroması ile ilgili kimyasal reaksiyonlar kavurma aşamasında ortaya çıkmaktadır. Kavurma işlemi 180-300 °C sıcaklıkta 3-20 dakika arasında yapılmaktadır (17). Kavurma işlemi sırasında Maillard reaksiyonları, Strecker degradasyonu, piroliz reaksiyonları, trigonellin, kinik asit, pigment ve lipidlerin parçalanması ile kahve lezzeti oluşmaktadır (19). Maillard reaksiyonu sonucunda piridinler, pirazinler, dikarboniller, diasetil, oksazoller, tiazoller, piroller ve imidazoller, enolonlar (furaneol, maltol, sisloten) ile formik ve asetik asitler oluşmaktadır (33, 34). Strecker degradasyonu ile α -amino asitler kahvenin kompleks aromasına katkıda bulunan aldehit ve sülfür bileşiklerine dönüşmektedir (34). Kavurma işlemi sonucunda kahvede en yüksek oranda pirazinlerin olduğu, furan, keton ve aldehitlerin pirazinleri izlediği belirlenmiştir (Tablo 1). Kavurma ile yeşil kahvenin bezelyemsi, yeşil kokusu aroma bileşenlerinin artmasıyla kavrulmuş hoş kahve kokusuna dönüşmektedir. Hafif kavrulmuş kahvede kavrulmuş bisküvi, fıstık, karamel, kızarmış ekmek, tahılsız, tatlı, kakao ve fındığımsı karakterler belirlenmiştir (8, 35). Orta kavurma derecesinde daha kompleks aromalar oluşurken, koyu kavrulmuş kahvede ise yanık, isli, külümsü, keskin ve kavruk karakteristikler oluşmaktadır (8). Akiyama et al. (36), duman/kavruk, fenolik, tatlı/karamel ve yeşil özelliklerin kavurma ile pozitif ilişkili olduğunu, tatlı/meyvemsi ve asidik karakterlerin ise negatif ilişkili olduğunu ifade etmiştir. Kavurma derecesi kişisel tercih olmakla birlikte belirli kavurma koşulları istenen aroma özelliklerinin elde edilmesi amacıyla farklı çeşit, farklı coğrafi kökenden kahveler için kullanılabilir. Örneğin orta kavrulmuş kahve coğrafyadan kaynaklanan yöresel lezzetleri koyu kavrulmuş kahveden

daha iyi ortaya çıkarmaktadır. Kavurmanın *C. arabica* ve *C. robusta* üzerindeki etkilerinin de farklı olduğu bilinmektedir. Kavurma ile *C. arabica*'da yüksek oranda asit, piridin, furan ve aldehit içeriğine bağlı olarak karamel, tatlı kavruk aroma gözlenirken, *C. robusta*'da yüksek oranda pirazin ve türevleri nedeniyle toprağımsı ve baharatımsı kavruk aroma saptanmıştır (16).

Kahve ieeğinin hazırlanmasında ekstraksiyon veya infüzyon için uygulanan öğütme işlemi ile kahve lezzeti açığa çıkmaktadır (8). Öğütme derecesi ve partikül boyutu ekstraksiyonu ve dolayısıyla ieeğın kalitesini etkilemektedir. Çok ince öğütülmüş bir kahve aşırı ekstraksiyon nedeniyle acı kahveye neden olmakta, kaba öğütülmüş kahve, yüzey alanındaki azalma nedeniyle ekstraksiyonu azaltmakta sonuçta zayıf, yavan bir kahveye neden olmaktadır (20).

Kahve demleme, kahve aromalarının öğütülmüş çekirdekten ieeğē aktarılmasında çok önemli bir adımdır. Kahve ieeğē hazırlamak için dekoksasyon (kaynatma, Türk, filtre, vakumlu kahveler), infüzyon veya ıslatma (filtre- Napoletana), ve basınç (piston, moka, espresso) yöntemleri olarak çok sayıda demleme yöntemi vardır.

- Dekoksasyon: Öğütülmüş kahvenin belirli bir süre ve yüksek sıcaklıkta suyla temas etmesidir. Diğer yöntemlere göre daha yoğun ve hızlı ekstraksiyona neden olurken ısıyla direk kaynatma ve yüksek sıcaklık nedeniyle lezzet kayıpları oluşur.

- İnfüzyon: Kaba veya orta öğütülmüş kahvenin sıcak veya soğuk suyla belirli bir süre ıslatılması ve süzülmesi ile elde edilir. Dekoksasyon ile elde edilen kahveler daha yumuşak, asitliğı ve lezzeti daha yüksek kahvedir.

- Basınç yöntemi: Yüksek basınç ve ısı uygulaması ile gözenekli bir ortamdan veya filtreden geçirilerek süzülmesi ile elde edilir (37). Basınç yöntemi ile elde edilen kahvelerin uçucu bileşen profilinin diğer yöntemlere daha geniş olduğu belirlenmiştir (21).

Demleme ile klorojenik asit, kafein, nikotinik asit, melanoidinler gibi suda çözünen bileşenler ve uçucu hidrofilik bileşenler ekstrakte edilmektedir. Ekstraksiyon süresi, su sıcaklığı, uygulanan basınç, partikül büyüklüğü, kahve/su oranı ve su kalitesinin kahveden ekstrakte edilen uçucu bileşenler üzerinde etkili olduğu dolayısıyla kahve lezzetini etkilediğı saptanmıştır (12, 38, 39, 40, 41).

Bileşenlerin Kahve Lezzetine Etkisi

Uçucu Olmayan Bileşenlerin Etkisi

Kavrulmuş kahve çekirdeklerinde bulunan ve kahve aroması için önemli olan uçucu olmayan bileşikler arasında alkaloidler (kafein, trigonellin), klorojenik asitler, karboksilik asitler, karbonhidratlar ve polimerik polisakkaritler, lipitler, protein, melanoidinler ve mineraller sayılmaktadır. Bu bileşenlerin kavrulmuş kahve çekirdeklerinde bulunması, kahvenin

Tablo 1. Kavurma işlemi sonucunda kahvede oluşan temel uçucu bileşenler (Wang et al, 2021 (16)'dan uyarlanmıştır)

Bileşen adı	%
Pirazinler	24
Furanlar	20
Ketonlar	12
Aldehitler	11
Piroller	8
Fenoller	6
Furanonlar	6
Piridinler	5
Tiyoller	4
Terpenler	2
Diğer kükürtlü bileşikler	2

yetiştirme ve işleme koşullarındaki değişkenlik nedeniyle oldukça çeşitlidir. *C. arabica* ile karşılaştırıldığında, *C. robusta*'nın yeşil veya kavrulmuş çekirdek olarak daha yüksek oranda kafein ve klorojenik asit içerdiği ifade edilmiştir (22, 23, 29).

Kafein demlenmiş kahvede güç, gövde ve acılığa katkıda bulunmaktadır (19). Saf haldeyken acı bir tada sahip olan alkaloidlerin kahvede fizyolojik bir uyarıcı etki sağladığı bilinmektedir (42, 43). Trigonellin kafeinin aksine *C. arabica*'da yüksek oranda bulunmakta ve kavrulmuş kahve çekirdekleri ve demlenmiş kahvede genel lezzet algısına etkili olduğu düşünülmektedir (22, 23, 29).

Kahve çekirdeğinde bulunan klorojenik asitlerin kahvede burukluk ve acılığa katkıda bulunduğu ayrıca antioksidan etkisi olduğu bilinmektedir (19, 44). Klorojenik asit bitki ve bitki bazlı gıdalarda bulunan önemli polifenoller arasında olup kahve klorojenik açısından diğer içecekler arasında en zengin kaynaktır (45). Bir bardak demlenmiş *C. arabica* kahve (200 ml) 70-200 mg klorojenik asit içerirken, *C. robusta* 70-350 mg klorojenik asit içermektedir (46, 47). Sinamik, kafeik, ferulik, isoferulik ve sinapik asit ile degradasyon ürünü olan kinik asit kahvede acılığa neden olmaktadır (19). Orta derecede kavrulmuş kahvede klorojenik asidin %65'inin parçalandığı, kavurma derecesi arttıkça parçalanmanın da arttığı belirlenmiştir (48).

Asitlik ve ekşilik kahve kalitesinde tatlılık ve acılıkla birlikte önemli özelliklerdir. Asitlik genellikle tatlılıkla zıt ilişkilidir. Demlenmiş *C. arabica* *C. robusta*'ya göre daha asidiktir. Yeşil kahve çekirdeğinde asitlik %11 civarındayken kavrulmuş tanede asitlik sitrik, malik ve klorojenik asitlerdeki azalmaya bağlı olarak %6 olarak belirlenmiştir (15). Söz konusu asitler kavurma ile laktonlar, fenoller gibi kahve aromasını etkileyen uçucu bileşenlere dönüşmektedir. Orta ve çok kavrulmuş kahvede asetik, formik ve laktik asit miktarlarının arttığı saptanmıştır (48).

Arabinogalaktan, mannan, selüloz ve hemisellüloz gibi polisakkaritler yeşil ve kavrulmuş kahvenin temel bileşenleri olup

uçucu bileşenlerin tutulmasında etkili olup lezzet ve viskoziteyi etkilemektedir. Polisakkaritlerin kuru ağırlık bazında *C. arabica*'da %43, *C. robusta*'da %54'ünü oluşturduğu, sakkaroz miktarının ise *C. arabica*'da %9.32, *C. robusta*'da %6.10'unu oluşturduğu saptanmıştır. Glukoz ve fruktoz olgunlaşmamış çekirdekte saptanırken yüksek miktarda sakkarozun olgunlaşmış çekirdekte birikerek kahvede algılanan tatlılığa neden olduğu belirlenmiştir (44, 49).

Kahvede yüksek miktarda bulunan lipid fraksiyonunun %75'ini trigliseritler oluşturmaktadır. Kavrulma sırasında kahve yağı çekirdeğin yüzeyine çıkmakta ve lipid profilinde değişiklikler meydana gelmekte ancak trigliseritler ve steroller değişmemektedir. Lipid fraksiyonu demleme ile ekstrakte olmakta, espresso kahvede krema emülsiyon oluşturarak uçucuların ve yağda çözünen vitaminlerin taşınmasına ve algılanan doku ve ağız hissine katkıda bulunmaktadır (44).

Yeşil kahve çekirdeğinin amino asit içeriği kavrulma sırasında Maillard reaksiyonu ile lezzet gelişimine katkıda bulunmaktadır (50). Maillard reaksiyonu sonucunda oluşan azot ve sülfür içeren heterosiklik bileşikler kahve lezzetini etkilemektedir.

Minerallerden potasyum, mangan, demir ve bakır kahvede lezzet bileşenlerinin üretimi ve salınımını etkileyen biyokimyasal proseslerde önemli katalistler olarak yer almaktadır (44).

Kahve çekirdeği ve demlenmiş kahvede bulunan uçucu olmayan bileşenlerin kahvenin duyu kalitesini olumlu etkilediği gibi olumsuz etkilerinin de olduğu belirlenmiştir. Karbonhidratlar tatlılığı etkilerken, şeker ve amino asitler arasındaki Maillard reaksiyonu sonucunda karakteristik kavrulmuş kahve rengi oluşmakta, klorojenik asit ve kafein acılığa katkıda bulunmaktadır. Yüksek klorojenik asit ise oksidasyon ürünleri ile ilişkilendirilmekte kötü lezzet, ilacımsı, fenolik veya iyot benzeri lezzete neden olmaktadır (51).

Uçucu Bileşenlerin Etkisi

Kahve çekirdeğinin kavrulması sırasında oluşan uçucu bileşenler kahve kalitesinde belirleyici olmaktadır. Kahvede 900'ün üzerinde uçucu bileşen belirlenmiş olmakla birlikte yaklaşık 20 kadar uçucu bileşenin kahve lezzeti üzerinde önemli etkisi olduğu ileri sürülmektedir. Kahve aromasının oluşum mekanizması oldukça kompleks olup kahve çekirdeği ve kavurma sırasındaki birçok reaksiyonun interaksiyonu ile oluşmaktadır. Kavurma sırasında önemli aroma uçucularının oluşmasında etkili olan mekanizmalar arasında Maillard reaksiyonu, Strecker degradasyonu, kükürlü amino asitler, hidroksi amino asitler, prolin ve hidroksiprolin parçalanması, trigonellin, klorojenik asit ve kinik asit, pigment ve lipidlerin degradasyonu sayılmaktadır (19). Belirlenen bileşenlerin %30-40'ının Maillard reaksiyonu, %12-16'sının Maillard reaksiyonu ve bileşenlerin termal dekompozisyonu, %16-18'inin amino asitlerin Strecker degradasyonu ve %30-37'sinin diğer mekanizmalarla oluştuğu ifade edilmektedir (4).

Aldehitler, asitler, esterler, furanlar, kükürt içeren bileşikler, tiyoller, tiyofenler, tiyazoller, furanonlar, ketonlar, fenolik bileşenler, pirazinler, piridinler ve terpenler kahvede bulunan uçucu bileşen gruplarıdır. Kantitatif olarak furanlar ve pirazinler yüksek miktarda bulunurken kükürlü bileşikler ve pirazinler kahve lezzetinde önem taşımaktadır (4). Duyusal olarak kahve lezzetine en fazla katkısı olan grupların furanlar, kükürt içeren bileşikler, pirazinler, furanonlar ve fenolik bileşenler olduğu saptanmıştır (14). Bu bileşenlerin konsantrasyonu ve duyusal etkisi kahve lezzetini kompleks hale getirmekte ve değişik kahve tiplerinin farklı, benzersiz ve spesifik lezzete sahip olmalarını açıklamaktadır.

Furanlar kavrulmuş kahvede önemli konsantrasyonda bulunan ve karbonhidratlar, askorbik asit ve doymamış yağ asitlerinin degradasyonu ile kavurma aşamasında oluşan maddelerdir. Tatlı kavrulmuş aromaya neden olan furanların sağlık üzerine olumsuz etkileri nedeniyle ticari kahve kavurma işlemi furan oluşumunu azaltmak amacıyla optimize edilmiştir. Pirazinler kahvede fazla miktarda bulunan ve kahve lezzetinde önemli

olan bileşiklerdir ve genel olarak fındığımsı, toprağımsı, kavrulmuş ve yeşil aromaya neden olmaktadır (5, 14). Aldehitlerin meyvemsi, ketonların karamel ve terayapımsı, esterlerin meyvemsi, alkollerin çiçeğımsi ve şarabımsı, piridinlerin ise çikolata benzeri hoşça giden aroma karakterleri verdikleri belirlenmiştir (14). Tiyoller gibi kükürt içeren bileşikler düşük konsantrasyonda bulunmakla birlikte kahve lezzetine etki eden en önemli bileşiklerdir. Bir kısmı kavrulmuş aroma, bir kısmı ise etimsi aroma vermektedir (5). Yeşil kahve çekirdeğinde bulunan klorojenik asitlerin ısıl degradasyonu ile oluşan fenolik bileşiklerin kavrulmuş kahvedeki konsantrasyonu kahve çekirdeğinin çeşidi ve coğrafi kaynağına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Klorojenik asitlerin *C. arabica*'ya göre *C. robusta* yeşil kahve çekirdeğinde anlamlı düzeyde yüksek miktarda bulunması nedeniyle söz konusu uçucuların iki çeşit arasındaki lezzet farklılığında anahtar rol oynadığı düşünülmektedir (5).

Duyusal Özellikler ve Kahve Bileşimi Arasındaki İlişki

Kahvede bulunan anahtar bileşikler kahve lezzetini açıklamak için yeterli değildir. Benzer olarak kahvenin aroma özelliklerinin duyusal olarak belirlenmesi de kimyasal veri olmadan spesifik duyusal özelliğe hangi bileşenin neden olduğunu açıklamada yetersizdir. Duyusal verilerle fizikokimyasal ölçümlerin birlikte değerlendirilmesi çoklu veri analiz araçları olarak bilinen kemometri ile mümkündür. Bu amaçla temel bileşen analizi (PCA), kısmi en küçük kareler (PLS) regresyon analizi kahve gibi kompleks matrislerde spesifik aroma farklılıklarına neden olan bileşenlerin belirlenmesinde kullanılmaktadır. *C. arabica* farklı kaynak ve farklı kavurma derecelerinde aroma farklılıkları, Kolombiya kahvesinde kullanılan katkıların duyusal özellikler üzerine etkisi PCA ile belirlenmiş, Brezilya *C. Arabica*'da duyusal veriler ile uçucu bileşenler arasındaki ilişki PLS ile belirlenmiş, Türk kahvesinde az, orta ve koyu kavrulmuş kahvenin uçucu bileşenleri ve duyusal özellikleri belirlendikten sonra PCA ile değerlendirilmiştir (8, 52, 53, 7). Kahvedeki temel bileşenler ve duyusal özelliklerin ayrı

ayrı belirlendikten sonra elde edilen verilerin istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi ile aralarındaki ilişkinin kurulması ve kompleks kahve lezzetinin ortaya konması mümkündür.

SONUÇ

Kahve lezzeti, kahvenin tarımından başlayarak işleme ve hazırlama aşamasındaki farklılıklardan etkilenmektedir. Bu etkenlerdeki farklılıklar yeşil ve kavrulmuş kahve çekirdeği ve demleme aşamalarında lezzet ve aroma bileşenlerinde değişikliğe neden olmaktadır. Uçucu ve uçucu olmayan bileşenlerin kahvenin lezzet algısı, tüketici tercihi ve kahve zevki üzerine etkisi önemlidir. Kahve lezzetinin kimyasal kompozisyonu ile ilgili bilgi önemli olmakla birlikte kahvenin aroma bileşimi ile ilgili güvenilir duyuşsal veri eksikliği bu bileşenlerin lezzet açısından önemini ve katkısını açıklamada yetersiz kalmaktadır. Kahve lezzetini oluşturan bileşenlerle duyuşsal verilerin eşleştirilmesi kahve lezzetinin daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. Yaklaşık 100 yıldır kahve lezzeti üzerine çalışmalar sürmekle birlikte kahve lezzetinin anlaşılması için detaylı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Etik Kurul Onayı

Etik kurul izni gerekli değildir.

Çıkar çatışması

Çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

- World Population Review. (n.d). *Coffe Consumption by Country 2024*. <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/coffee-consumption-by-country> adresinden 26 Nisan 2024 tarihinde alınmıştır.
- International Coffee Organization. (2023, December). *Coffee Report and Outlook (CRO)*. https://icocoffee.org/documents/cy2023-24/Coffee_Report_and_Outlook_December_2023_ICO.pdf adresinden 30 Haziran 2024 tarihinde alınmıştır.
- Awasti, P. (2023, October 1). *International Coffee Day: Countries With Highest Coffee Consumption*. <https://www.wionews.com/web-stories/entertainment/lifestyle/international-coffee-day-10-countries-with-highest-coffee-consumption-1696156097220>.
- Zakidou, P., Plati, F., Matsakidou, A., Varka, E. M., Blekas, G. & Paraskevopoulou, A. (2021). Single origin coffee aroma: From optimized flavor protocols and coffee customization to instrumental volatile characterization and chemometrics. *Molecules*, 26, 4609. <https://doi.org/10.3390/molecules26154609>
- Bicho, N. C., Leitão, A. E., Ramalho, J. C., de Alvarenga, N. B., & Lidon, F. C. (2013). Impact of roasting time on the sensory profile of Arabica and Robusta coffee. *Ecology of Food and Nutrition*, 52(2), 163–177. <http://dx.doi.org/10.1080/03670244.2012.706061>.
- Czerny, M., Mayer, F., & Grosch, W. (1999). Sensory study on the character impact odorants of roasted Arabica coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(2), 695–699. <http://dx.doi.org/10.1021/jf980759i>.
- 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. <https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1080726>.
- Buhumiratana, N., Adhikari, K. & Chambers IV, E. (2011). Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. *LWT-Food Science and Technology*, 44, 2185-2192. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.001>.
- Cliff, M. A., & Green, B. G. (1994). Sensory irritation and coolness produced by menthol: Evidence for selective desensitization of irritation. *Physiology & Behavior*, 56(5), 1021–1029. [http://dx.doi.org/10.1016/0031-9384\(94\)90338-7](http://dx.doi.org/10.1016/0031-9384(94)90338-7).
- Hayakawa, F., Kazami, Y., Wakayama, H., Oboshi, R., Tanaka, H. & Maeda, G. O. U. (2010). Sensory lexicon of brewed coffee for Japanese consumers, untrained coffee professionals and trained coffee tasters. *Journal of Sensory Studies*, 25(6), 917–939. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-459X.2010.00313.x>.
- Seo, H. S., Lee, M., Jung, Y. J., & Hwang, I. (2009). A novel method of descriptive analysis on hot brewed coffee: time scanning descriptive analysis. *European Food Research and Technology*, 228(6), 931–938. <http://dx.doi.org/10.1007/s00217-009-10063>.

12. Navarini, L. & Rivetti, D. (2010). Water quality for Espresso coffee. *Food Chemistry*, 122, 424-428. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.019>.
13. Fadai, N. T., Melrose, J., Please, C. P., Schulman, A. & Van Gorder, R. A. (2017). A heat and mass transfer study of coffee bean roasting. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 104, 787-799.
14. Cao, X., Wu, H., Viejo, C. G., Dunshea, F. R. & Suleria, H. A. R. (2023). Effects of postharvest processing on aroma formation in roasted coffee—a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 58, 1007-1027.
15. Sunarharum, W. B., Williams, D. J. & Smyth, H. E. (2014). Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. *Food Research International*, 62, 315-325. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.030>.
16. Wang, X., Wang, Y., Hu, G., Hong, D., Guo, T., Li, J., Li, Z. & Qui, M. (2021). Review on factors affecting coffee volatiles: from seed to cup. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 102, 1341-1352.
17. Pereira, G. V. M., Neto, D. P. C. & Junior, A. I. M. (2019). Exploring the impacts of postharvest processing on the aroma formation of coffee beans – A review. *Food Chemistry*, 272, 441-452. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.061>.
18. Mazzafera, P., & Padilha-Purcino, R. (2004, 11-15 Ekim). *Post harvest processing methods and physiological alterations in the coffee fruit*. (Sözlü sunum). 20th International Scientific Colloquium on Coffee, Bangalore, India.
19. Buffo, R. A., & Cardelli-Freire, C. (2004). Coffee flavour: An overview. *Flavour and Fragrance Journal*, 19(2), 99–104. <http://dx.doi.org/10.1002/ffj.1325>.
20. Andueza, S., de Peña, M. P., & Cid, C. (2003). Chemical and sensorial characteristics of espresso coffee as affected by grinding and torrefacto roast. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(24), 7034–7039. <http://dx.doi.org/10.1021/jf034628f>.
21. Caprioli, G., Cortese, M., Sagratini, G. & Vittori, S. (2015). The influence of different types of preparation (espresso and brew) on coffee aroma and main bioactive constituents. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 66(5), 505-513. <https://dx.doi.org/10.3109/09637486.2015.1064871>.
22. Casal, S., Oliveira, M. B. P. P., Alves, M. R. & Ferreira, M. A. (2000). Discriminate Analysis of Roasted Coffee Varieties for Trigonelline, Nicotinic Acid, and Caffeine Content. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 48, 8, 3420-3424. <https://doi.org/10.1021/jf990702b>.
23. Caprioli, G., Cortese, M., Maggi, F., Minnetti, C., Odello, L., Sagratini, G. & Vittori, S., (2014). Quantification of caffeine, trigonelline and nicotinic acid in espresso coffee: the influence of espresso machines and coffee cultivars. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65, 4, 465-469. <https://doi.org/10.3109/09637486.2013.873890>.
24. Carvalho, N. B., Minim, V. P. R., Nascimento, M., Vidigal, M. C. T. R., Ferreira, M. A. M., Gonçalves, A. C. A., & Minim, L. A. (2015). A discriminant function for validation of the cluster analysis and behavioral prediction of the coffee market. *Food Research International*, 77, 400–407. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.10.013>
25. Samoggia, A., & Riedel, B., (2018). Coffee consumption and purchasing behavior review: Insights for further research. *Appetite*, 129, 70-81. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.07.002>.
26. International Coffee Organization. (2015, October 1). *Global Coffee Forum, 2015*. <https://www.ico.org/global-coffee-forum.asp>.
27. Allen, L. (2023, July 17). *2024 Coffee Statistics: Consumption, Preferences, & Spending*. <https://www.driveresearch.com/market-research-company-blog/coffee-survey/>.
28. Petracco, M. (2001). Beverage preparation: brewing trends for the new millenium. In R. J. Clarke, & O. G. Vitzthum (Eds.), *Coffee: Recent Developments* (pp. 140–164). Oxford, Blackwell Science.
29. Da Silva Portela, C., de Almeida, I. F., dos Reis, T. A. D., Hickmann, B. R. & Benasi, M., T. (2022). Effects of brewing conditions and coffee species on physicochemical characteristics, preferences and Dynamics of sensory attributes perception in cold brews. *Food Research International*, 151, 110860.
30. Marcone, M. F. (2004). Composition and properties of Indonesian palm civet coffee (Kopi Luwak) and Ethiopian civet coffee. *Food Research International*, 37(9), 901–912. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2004.05.008>.
31. Ongo, E., Falasconi, M., Sberveglieri, G., Antonelli, A., Montevecchi, G. & Sberveglieri, V. (2012). Chemometric discrimination of Philippine civet coffee using electronic nose and gas chromatography mass spectrometry. *Procedia Engineering*, 47, 977–980. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.008>.

- org/10.1016/j.proeng.2012.09.310.
32. Ahmad, R., Tharappan, B., & Bongirwar, D. R. (2003). Impact of gamma irradiation on the monsooning of coffee beans. *Journal of Stored Products Research*, 39(2), 149–157. [http://dx.doi.org/10.1016/s0022-474x\(01\)00043-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0022-474x(01)00043-1).
 33. Lee, K. H., Bonn, M.A. & Cho, M. (2015). Consumer motives for purchasing organic coffee. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 27(6), 1157-1180. <https://doi.org/10.1108/IJCHM-02-2014-0060>.
 34. Poisson, L., Auzanneau, N., Mestdagh, F., Blank, I., & Davidek, T. (2017). New insight into the role of sucrose in the generation of α -diketones upon coffee roasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66, 2422–2431. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04849>.
 35. Sarrazin, C., Le Quere, J. L., Gretch, C., & Liardon, R. (2000). Representativeness of coffee aroma extracts: a comparison of different extraction methods. *Food Chemistry*, 70, 99-106. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(99\)00116-4](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(99)00116-4).
 36. Akiyama, M., Murakami, K., Hirano, Y., Ikeda, M., Iwatsuki, K. & Wada, A. (2008). Characterization of headspace aroma compounds of freshly brewed arabica coffees and studies on a characteristic aroma compound of Ethiopian coffee. *Journal of Food Science*, 73(5), C335–C346. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00752.x>.
 37. Petraco, M. (2005). Our everyday cup of coffee: the chemistry behind its magic. *Journal of Chemical Education*, 82(8), 1161-1167.
 38. Hendon, C.H., Colonna-Dashwood, L., Colonna-Dashwood, M. (2014). The role of dissolved cations in coffee extraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, 4947-4950. <https://doi.org/10.1021/jf501687c>.
 39. Fibrianto, K., Ardianti, A. D., Pradipta, K. & Sunarharum, W.B. (2018). The influence of brewing water characteristic on sensory perception of pour-over local coffee. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 102, 012095. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/102/1/012095>.
 40. Cordoba, N., Fernandez-Alduenda, M., Moreno, F. I. & Ruiz, Y. (2020). Coffee extraction: A review of parameters and their influence on the physicochemical characteristics and flavour of coffee brews. *Trends in Food Science & Technology*, 96, 45-60. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.004>.
 41. Dadalı, C. & Elmacı, Y. (2021). Su Sertliğinin Filtre Kahvenin Uçucu Bileşenlerine ve Lezzetine Etkisi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi*, 9(2), 312-320. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i2.312-320.3885>.
 42. Higdon, J. V., & Frei, B. (2006). Coffee and health: A review of recent human research. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(2), 101–123. <http://dx.doi.org/10.1080/10408390500400009>.
 43. Lean, M. E., & Crozier, A. (2012). Coffee, caffeine and health: What's in your cup? *Maturitas*, 72(3), 171–172. <http://dx.doi.org/10.1016/j.maturitas.2012.04.005>.
 44. Oestreich-Janzen, S. (2010). 3.25-Chemistry of coffee. M. Lew, & L. Hung-Wen (Eds.), *Comprehensive Natural Products II, Vol. 3*. (pp. 1085–1117) In. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-008045382-8.00708-5>.
 45. Clifford, M. N. (2000). Chlorogenic acids and other cinnamates – Nature, occurrence, dietary burden, absorption and metabolism. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(7), 1033–1043. [http://dx.doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0010\(20000515\)80:7<1033::aid-jsfa595N3.0.co;2-t](http://dx.doi.org/10.1002/(sici)1097-0010(20000515)80:7<1033::aid-jsfa595N3.0.co;2-t).
 46. Farah, A., de Paulis, T., Trugo, L. C., & Martin, P. R. (2005). Effect of roasting on the formation of chlorogenic acid lactones in coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(5), 1505–1513. <http://dx.doi.org/10.1021/jf048701t>.
 47. Ginz, M., & Engelhardt, U. (2001). Identification of new diketopiperazines in roasted coffee. *European Food Research and Technology*, 213(1), 8–11. <http://dx.doi.org/10.1007/s002170100322>.
 48. Diviš, P., Pořízka, J. & Kříkala, J. (2019). The effect of coffee beans roasting on its chemical composition. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 13(1), 344-350. <https://doi.org/10.5219/1062>.
 49. Portillo, O. R. & Arevalo, A. C. (2022). Coffee's carbohydrates. A critical review of scientific literature. *Revis Bionatura*, 7(3) 11. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2022.07.03.11>
 50. Liu, Y., & Kitts, D. D. (2011). Confirmation that the Maillard reaction is the principle contributor to the antioxidant capacity of coffee brews. *Food Research International*, 44(8), 2418–2424. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.037>.
 51. Spadone, J. C., Takeoka, G., & Liardon, R. (1990). Analytical investigation of Rio off-flavor in green coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38(1), 226–233. <http://dx.doi.org/10.1021/jf00091a050>.
 52. Pérez-Martínez, M. N., Sopolana, P., de Peña, M. P., & Cid, C. N. (2008). Application of multivariate

analysis to the effects of additives on chemical and sensory quality of stored coffee brew. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(24), 11845–11853. <http://dx.doi.org/10.1021/jf802146v>.

53. Ribeiro, J. S., Augusto, F., Salva, T. J. G., & Ferreira, M. M. C. (2012). Prediction models for Arabica coffee beverage quality based on aroma analyses and chemometrics. *Talanta*, 101(15), 253–260. <http://dx.doi.org/10.1016/j.talanta.2012.09.022>.