



Kahve Demlemede Suyun Kimyasal Bileşiminin Ekstraksiyon ve Duyusal Profil Üzerindeki Etkisi^A

Tuğçe BOĞA DEMİREL^{1*}, Kübra TOPALOĞLU GÜNAN²,
Seda ÇAKMAK KAVSARA³, Asrın Furkan YABANCI⁴

Öz: Bu çalışma, kahve demleme sürecinde kullanılan suyun kimyasal bileşiminin, ekstraksiyon verimi ve duyusal kalite üzerindeki etkilerini incelemektedir. Kahve içeceği kütlece %98 oranında sudan oluşmasına rağmen, suyun kimyasal yapısı çoğu zaman göz ardı edilmekte ve demleme sürecinde pasif bir taşıyıcı olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada, aynı kahve çekirdeği ve beş farklı şişelenmiş içme suyu (A, B, C, D ve E kodlu) kullanılarak Clever Dripper ekipmanı ile demleme yapılmıştır. Demlemenin ardından kahvelerde ekstraksiyon verimi (%), toplam çözünmüş madde (TDS), pH değeri belirlenmiştir. Ayrıca aroma, lezzet, asidite, tatlılık, denge, gövde ve genel beğeni parametreleri duyusal analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Duyusal analiz, 30 yarı eğitimli panelist ile 9'lu hedonik ölçek kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bulgular, suyun yalnızca ekstraksiyon verimliliğini değil, aynı zamanda kahvenin duyusal profilini de önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. En yüksek ekstraksiyon verimi, yüksek kalsiyum ve bikarbonat içeren örnekte gözlemlenmiş; ancak bu örnek en yüksek duyusal puanlara ulaşamamıştır. En yüksek genel beğeni puanları, daha dengeli mineral profile sahip A ve D numunelerinde kaydedilmiştir. Özellikle Ca^{2+} ve Mg^{2+} iyonları gövde ve asiditeyi olumlu etkilerken; yüksek Na^{+} ve Cl^{-} seviyeleri aroma yoğunluğunu azaltarak tat dengesini bozmuştur. Bu sonuçlar, kahve kalitesinin sadece çözünebilen madde miktarına değil, çözünmüş bileşiklerin türü ve suyun

^A Yapılan bu çalışmanın etik kurul izni alınmıştır. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Tuğçe BOĞA, Maltepe Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları, İstanbul, Türkiye. tugceboga@maltepe.edu.tr, [OrcID 0000-0003-2539-4176](https://orcid.org/0000-0003-2539-4176)

² Kübra TOPALOĞLU GÜNAN, Maltepe Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları, İstanbul, Türkiye. kubratopaloglu@maltepe.edu.tr, [OrcID 0000-0001-9384-6862](https://orcid.org/0000-0001-9384-6862)

³ Seda ÇAKMAK KAVSARA, Maltepe Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları, İstanbul, Türkiye. sedacakmak@maltepe.edu.tr, [OrcID 0000-0002-8854-359X](https://orcid.org/0000-0002-8854-359X)

⁴ Asrın Furkan YABANCI, Maltepe Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları, İstanbul, Türkiye. ozasrin35@gmail.com, [OrcID 0009-0008-6699-2643](https://orcid.org/0009-0008-6699-2643)

iyonik kompozisyonuna da bağlı olduğunu ortaya koymaktadır. Elde edilen veriler, nitelikli kahve hazırlığında su bileşiminin bilinçli biçimde optimize edilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ekstraksiyon verimi, duyu analizi, kahve, kahve demleme, toplam çözünmüş madde.

The Effect of Water's Chemical Composition on Extraction and Sensory Profile in Coffee Brewing

Abstract: This study investigates the effects of the chemical composition of water used in the coffee brewing process on extraction yield and sensory quality. Although coffee consists of approximately 98% water by weight, the chemical structure of water is often overlooked and regarded as a simple medium in the brewing process. In this research, the same coffee beans and five different bottled drinking waters (coded A, B, C, D, and E) were used for brewing with a Clever Dripper equipment. Following the brewing process, extraction yield (%), total dissolved solids (TDS), and pH values of the coffees were measured. Additionally, aroma, flavor, acidity, sweetness, balance, body, and overall acceptability were evaluated using sensory analysis. Sensory evaluation was conducted with 30 semi-trained panelists using a 9-point hedonic scale. The findings demonstrate that water significantly affects not only extraction efficiency but also the sensory profile of coffee. The highest extraction yield was observed in the sample with high calcium and bicarbonate content; however, this sample did not receive the highest sensory scores. The highest overall acceptability scores were recorded for samples A and D, which had more balanced mineral profiles. Specifically, Ca^{2+} and Mg^{2+} ions positively influenced body and acidity, while high levels of Na^+ and Cl^- reduced aroma intensity and disrupted flavor balance. These results reveal that coffee quality depends not only on the amount of dissolved compounds but also on their nature and the ionic composition of the water. The data obtained indicate that the chemical composition of water should be consciously optimized in specialty coffee preparation.

Keywords: Coffee, coffee brewing, extraction yield, sensory analysis, total dissolved solids.

Giriş

Kahve, yalnızca fizyolojik etkileriyle değil, aynı zamanda tarihsel süreçte edindiği kültürel, ekonomik ve sosyal rollerle çok boyutlu biçimde incelenmesi gereken bir içecektir. *Rubiaceae* (kökboyasgiller) familyasının *Coffea* cinsine ait olan kahve bitkisinin, M.S. 700–800 yılları arasında Etiyopya’da bir çiftçi tarafından keşfedildiği tahmin edilmektedir (Alves ve ark., 2017). Zamanla başlıca iki ana türü (*Coffea arabica* ve *Coffea canephora*) ön plana çıkmıştır. Bunlar birçok alt varyantla birlikte günümüz kahve endüstrisinin temelini oluşturmaktadır (Boğa ve Dertli, 2021). Arabica türü, daha yüksek rakımlarda (>1000 m.) yetişmekte ve karmaşık tat profili

sunması nedeniyle nitelikli kahve üretiminde tercih edilmektedir. Robusta türü ise alçak rakımlarda yetişebilmesi ve yüksek kafein içeriği ile daha dayanıklı bir yapıya sahiptir ve daha ekonomik çözümler sunmaktadır (Herrera & Lambot, 2017). Uluslararası Kahve Organizasyonu'nun (ICO) 2025 yılı verilerine göre, Eylül 2025 döneminde küresel yeşil kahve çekirdeği ihracatı 9.94 milyon çuval olarak bildirilmektedir. Dünya kahve tüketiminin ise 2025 yılı itibarıyla yaklaşık 175.07 milyon çuvala ulaşacağı öngörülmektedir. Ayrıca ICO, 2024/25 kahve yılı için dünya kahve üretimini 177.513 milyon çuval olarak tahmin etmektedir (Anonim, 2025).

Kahve, kimyasal açıdan son derece zengin yapısı sayesinde kendine özgü duyuşsal özellikler sergileyen kompleks bir içecektir. Çekirdeklerin bileşimi tür, yetiştirilme koşulları ve genetik yapı gibi etmenlere bağlı olarak farklılık gösterir; polisakkaritler, proteinler, lipitler, klorojenik asitler, kafein, mineraller ve çeşitli organik asitler kahvede bulunan temel bileşenler arasında yer alır (Alves ve ark., 2017). Bu bileşenlerin miktarı ve dağılımı, kahve bitkisinin botanik özellikleri, yetiştiği çevrenin ekolojisi ve işleme aşamalarındaki uygulamalar tarafından belirlenir (Girginol, 2018). Duyuşsal nitelikler ise çekirdeğin içerdiği uçucu aromatik bileşikler (aldehit, keton, ester ve pirazin grupları), klorojenik asitler, karbonhidratlar ve lipit fraksiyonları gibi kimyasal bileşenlerin yanı sıra, kavurma sürecinde gerçekleşen Maillard reaksiyonları ve karamelizasyon gibi kimyasal dönüşümlerle şekillenir; kavurma derecesi arttıkça acılık, gövde ve kavrulmuş tatlar öne çıkarken, daha hafif kavruumlarda meyvemsi ve tatlı notalar belirgin hale gelir (Caporaso ve ark., 2022; Yıldız, 2022; Fabella-Garcia ve ark., 2025). Ayrıca öğütme inceliği, su sıcaklığı, demleme yöntemi ve ekstraksiyon süresi gibi demlemeye ilişkin parametreler de çözünür maddelerin geçişini etkileyerek kahvenin tat, aroma, gövde ve asidite algısını doğrudan belirlemektedir (Santanatoglia ve ark., 2023). Tüm bu unsurlar birlikte değerlendirildiğinde, kahvenin duyuşsal karakterinin kimyasal bileşimi ile işleme ve demleme süreçlerinin bütüncül etkileşimi sonucunda ortaya çıktığı görülmektedir.

Günümüzde kısıtlı ve giderek kirlenen su kaynakları, yalnızca çevresel açıdan değil, aynı zamanda gıda ve içeceklerin kalitesi açısından da önem arz etmektedir (Dorak ve ark., 2019). Su, kahvenin bir içecek haline gelmesinde temel bileşenlerden biridir ve kullanılan suyun özellikleri, kahvenin tat, aroma ve genel kalitesini doğrudan etkilemektedir. Demleme sonucunda ortaya çıkan kahve içeceğinin duyuşsal özellikleri birden fazla değişkene bağlıdır. Bu değişkenler arasında suyun kimyasal bileşimi, genellikle göz ardı edilmesine rağmen, ekstraksiyon üzerinde kritik bir role sahiptir. Kahve içeceği, kütlece yaklaşık %98 oranında sudan oluştuğundan, kullanılan suyun kimyasal ve fiziksel yapısı; ekstraksiyon süreci, tat profili ve duyuşsal bütünlük üzerinde doğrudan belirleyici olmaktadır. Özellikle ev baristaları ve kahveye yeni ilgi duyan tüketiciler, kahve çekirdeği kalitesine ve ekipmana yoğunlaşmaktadır. Ancak suyun mineral dengesi, pH değeri, toplam çözünmüş madde miktarı ve sıcaklığı gibi özelliklerinin etkisi sıklıkla göz ardı edilmektedir (Haviz ve ark., 2024; Kang ve ark., 2022). Ancak içme suyunda çözünmüş olarak bulunan katyonlar (Kalsiyum: Ca^{+2} , Magnezyum: Mg^{+2} , Sodyum: Na^{+}) ve anyonlar (Bikarbonat: HCO_3^{-} , Klorür: Cl^{-} , Sülfat: SO_4^{-2}) gibi iyonlar, kahve çekirdeğindeki çözünür bileşiklerin ekstraksiyon sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin Ca^{+2} ve Mg^{+2} gibi iki değerlikli iyonlar, asidik bileşenlerin çözünmesini kolaylaştırırken, yüksek HCO_3^{-} seviyeleri kahvenin parlak asiditesini baskılayabilmektedir. Su kalitesine ilişkin parametreler, yalnızca ekstraksiyon verimini değil, duyuşsal profili de

belirlemekte ve nihai ürünün tüketici beğenisi üzerinde doğrudan etkili olabilmektedir (Hendon ve ark., 2014; Illy & Viani, 2005; Bratthäll ve ark., 2024).

Son yıllarda yapılan çalışmalar, suyun kimyasal bileşiminin yalnızca ekstraksiyon verimi üzerinde değil, aynı zamanda kahvenin duyuşal karakteristiğinde belirleyici rol oynadığını ortaya koymaktadır. Bratthäll ve ark. (2024), demleme suyuna eklenen Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının organik asit ekstraksiyonunu artırarak kahvede daha belirgin asidite ve meyvensi aromatik özellikler oluşturduğunu belirtmiştir. Diğer yandan, demir ve klorür gibi iyonlar metalik tat oluşumuna neden olabilmekte; suyun yüksek alkali değeri ise asidite algısını baskılayarak daha düşük aromatik belirginlik ve zayıflamış duyuşal özellikler gösteren bir tat profiline yol açabilmektedir (Lim ve ark., 2005). Suyun sıcaklık, viskozite, pH gibi özellikleri kahve demleme sürecinin başarı düzeyini doğrudan etkilemektedir. İdeal demleme sıcaklığı 90–96 °C aralığında tutulmalıdır. Bu aralığın altı düşük çözünürlükle, üstü ise istenmeyen acı bileşiklerin (klorojenik asit laktonları ve fenilindanlar) ortaya çıkmasıyla ilişkilendirilmektedir (Batali ve ark., 2020). Su sıcaklığı kadar suyun viskozitesi de önemlidir ve daha düşük viskoziteye sahip sular kahve katmanından daha kolay geçerek ekstraksiyonun homojenliğini artırmaktadır. Bu durum özellikle manuel demleme ve espresso demleme gibi yöntemlerde kritik hale gelmektedir (Lee ve ark., 2023). Suyun çözünürlük kapasitesi ise, TDS ile ilişkilidir. Düşük TDS seviyesine sahip sular, kahve çekirdeğindeki çözünür bileşiklerin (organik asitler, klorojenik asit türevleri, kafein ve trigonelline gibi alkaloidler, çözünür melanoidiner, vb.) yeterince ekstrakte edilememesine yol açmakta; bu da hem toplam ekstraksiyon verimini azaltmakta hem de duyuşal özellikler açısından yetersiz bir tat profili ortaya çıkarmaktadır (Hendon ve ark., 2014). Aynı zamanda suyun pH değeri, kahvenin duyuşal profilini şekillendiren kritik bir parametre olarak öne çıkmaktadır. Düşük pH değerine (asidik karakter) sahip sular, ekstraksiyon sırasında kahvede aşırı ekşilik algısına yol açabilirken, yüksek pH değerine (bazık karakter) sahip sular ise kahvenin parlak asiditesini, aromatik canlılığını ve meyvensi-asidik tatların belirginliğini azaltarak daha dengesi bozulmuş, ağır ve düşük canlılıkta bir tat profiline neden olabilmektedir (Liang ve ark., 2024). Bu nedenle, Nitelikli Kahve Birliği (Specialty Coffee Association, SCA), kahve demleme suyu için optimal pH aralığını 6.5–7.5 olarak önermektedir (Wellinger ve ark., 2018).

Bu çalışmanın amacı, kahve demlemede genellikle göz ardı edilen ancak duyuşal kaliteyi belirlemede kritik bir rol oynayan suyun kimyasal bileşiminin, aynı kahve çekirdeği ve sabit demleme koşulları altında ekstraksiyon verimi, çözünmüş madde profili ve duyuşal özellikler üzerindeki etkisini sistematik olarak ortaya koymak ve böylece suyun kahve kalitesini nasıl şekillendirdiğine ilişkin bilimsel bir çerçeve sunmaktır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada kahve demleme sürecinde farklı su profillerinin etkisini değerlendirmek amacıyla beş farklı marka şişelenmiş içme suyu kullanılmıştır. Su örnekleri, İstanbul'da yerel zincir marketlerden temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan su örneklerinin mineral ve pH değerleri, etiket bilgilerinden alınmıştır ve Çizelge 1'de verilmiştir. Deneysel sürecin standardizasyonu amacıyla tüm demlemelerde aynı kahve numunesi kullanılmıştır.

Kullanılan kahve, Kafein Kültür adlı nitelikli kahve işletmesinden temin edilen, El Salvador kökenli tek orijinli (single origin) bir kahve çekirdeğidir. Kahve, filtre kavrum profiline sahip olup, öğütme işlemi demleme yöntemi ile uyumlu şekilde yapılmıştır.

Çizelge 1. Farklı sulara ait mineral (mg L^{-1}) ve pH değerleri

Marka	Ca^{+2}	Cl^-	Na^+	HCO_3^-	Mg^{+2}	K^+	pH
A	17.3	2.6	5.7	48.6	6.1	0.0	7.1
B	60.3	27.9	20.2	153.18	11.3	1.3	7.8
C	32.2	1.2	5.4	104.92	4.2	0.2	8.2
D	22.0	1.95	6.0	85.4	3.0	0.0	6.7
E	22.7	1.5	2.2	146.4	2.4	0.0	8.0

Tüm örneklerde demleme işlemi Clever Dripper (Tayvan) ekipmanıyla gerçekleştirilmiştir. Demleme yapılırken Clever Dripper içerisine, Clever Dripper filtre kağıdı (Clever Filter Paper, 100'lük, Tayvan) yerleştirilmiş ve filtre kağıdı 96°C 'deki 100 ml su ile ıslatılmıştır. Her bir demlemede 20 g kahveye karşılık 320 ml su kullanılmış; su sıcaklığı 96°C 'de sabit tutulmuştur. Ayrıca kahve çekirdekleri Timemore Chestnut S3 (Çin) kahve değirmeni ile aynı öğütüm ayarında (4.5 klik, yaklaşık $700\ \mu\text{m}$) öğütülmüştür. Toplam demleme süresi 3 dakika 30 saniye olarak sınırlandırılmıştır. Böylece değişken olarak yalnızca kullanılan su profili ele alınmıştır.



Şekil 1: Clever Dripper ekipmanı ile gerçekleştirilen demleme süreci

Bu yöntemsel yaklaşım, su bileşiminin kahve ekstraksiyonuna etkisini izole biçimde değerlendiren önceki çalışmalarda da tercih edilmiştir (Bratthäll ve ark., 2024). Her bir demlemenin ardından fizikokimyasal ve duyu analizler gerçekleştirilmiştir. Kahve ekstraktlarının TDS değerleri, dijital kırılma indisli refraktometre ile ölçülmüş ve bu amaçla dijital bir refraktometre cihazı (Difluid R2, Shenzhen, Çin) kullanılmıştır. Ardından ekstraksiyon (%) değerleri Eşitlik 1'deki formül ile hesaplanmıştır (Frost ve ark., 2020).

$$\text{Ekstraksiyon (\%)} = \text{TDS (\%)} \times \frac{\text{İçecek miktarı (g)}}{\text{Kahve miktarı (g)}} \quad (1)$$

Duyusal değerlendirmeler, 30 kişilik (16 kadın, 14 erkek; 18-45 yaş) yarı eğitilmiş bir panelist grubu tarafından, 9'lu hedonik test protokolü doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Değerlendirme, aroma, lezzet, asidite, tatlılık, denge, gövde ve genel beğeni olmak üzere yedi temel parametre üzerinden yapılmıştır. Her bir duyusal özellik, değerlendirme öncesinde panelistlere kısa bir bilgilendirme oturumunda tanımlanmış; böylece kavramsal uyum ve algı bütünlüğü sağlanmıştır (Altuğ Onoğur ve Elmacı, 2015). Katılımcılar, her bir örneği 9 puanlık hedonik skala (0 = hiç beğenmedim, 9 = çok beğendim) üzerinden değerlendirmiştir. Örnekler sabit sıcaklıkta, aynı tür bardaklarda ve rastgele kodlanmış numaralarla sunulmuş; su markalarına ilişkin herhangi bir bilgi verilmemiştir. Her tadım öncesinde panelistlere, tat duyusunu nötrlemek amacıyla içme suyu sunulmuştur. Bu yöntemle panelistlerin subjektif değerlendirmelerinde tutarlılık ve iç geçerlik sağlanması amaçlanmıştır. Duyusal analizler için Maltepe Üniversitesi'nden 20/02/2025 tarihli 2025/04-06 karar no'lu Etik Kurul Onayı alınmıştır.

İstatistiksel Analiz

Ekstraksiyon ve pH analizleri üç bağımsız paralel olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler SPSS 21.0 yazılımı ile analiz edilmiştir. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi, varyans homojenliği ise Levene testi ile değerlendirilmiştir. Gruplar arasındaki farklar tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiş ve anlamlı farklılıkların saptanmasında Tukey post-hoc testi uygulanmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir. Ayrıca fizikokimyasal ve duyusal parametreler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla Pearson korelasyon analizi yapılmıştır (Fibrianto ve ark., 2018).

Bulgular ve Tartışma

Kahve demleme sürecinde kullanılan suyun kimyasal bileşimi, ekstraksiyon verimliliği ve oluşan aromatik profilde belirleyici rol oynamaktadır. Bu çalışmada, aynı kahve örneği kullanılarak beş farklı şişelenmiş içme suyuyla demleme yapılmıştır. Her örnekte ekstraksiyon verimi, pH değeri ve yedi farklı duyusal özellik değerlendirilmiştir.

Fizikokimyasal bulgular değerlendirildiğinde, demlenen kahve örneklerinin pH değerleri 4.82 ile 4.89 arasında değişmiş olup bu değerlerin kahvenin doğal asidik yapısıyla uyumlu olduğu görülmüştür (Batali ve ark., 2021). En yüksek ekstraksiyon verimi %18.32 ile E kodlu su örneğinde gözlenmiştir (Çizelge 2). Buna karşılık en düşük ekstraksiyon verimi %16.15 ile C örneğinde kaydedilmiştir. Çizelge 1'de sunulan mineral değerlerine göre, B örneği yüksek düzeyde bikarbonat (HCO_3^- : 153.18 mg L⁻¹) ve kalsiyum (Ca^{2+} : 60.3 mg L⁻¹) içermektedir.

Çalışmanın bulguları, kahve demleme sürecinde kullanılan suyun yalnızca bir çözücü değil, aynı zamanda duyusal kaliteyi şekillendiren aktif bir bileşen olduğunu açık biçimde göstermektedir. Suyun mineral bileşimi, kahve çekirdeğinde bulunan çözünür maddelerin ekstraksiyonunu etkileyerek nihai içeceğin tat, aroma, asidite ve gövde gibi duyusal özelliklerini belirgin biçimde değiştirmektedir. Beş farklı su örneği karşılaştırıldığında, pH değerlerinin birbirine yakın olmasına rağmen ekstraksiyon verimi ve duyusal kalite bakımından anlamlı

farklılıkların ortaya çıktığı görülmüştür ($p<0.05$). Bu sonuç, suyun mineral kompozisyonunun ekstraksiyon süreçlerinde temel belirleyici olduğunu göstermektedir. Güncel çalışmalar da suyun pH'nın uçucu bileşik profili ve duyuşal özellikler üzerinde önemli bir değişken olduğunu; daha asidik suların parlak ve belirgin asidite algısını artırırken, daha bazik suların aromatik canlılığı ve asidite yoğunluğunu azalttığını bildirmektedir (Haviz ve ark., 2024; Kyroglou ve ark., 2022). Bu çalışmada en yüksek ekstraksiyon veriminin E numunesinde (%18.32) kaydedilmesi, bu suyun yüksek bikarbonat ve kalsiyum içeriğiyle ilişkili olabilir. Literatür, Ca^{2+} ve HCO_3^- iyonlarının fenolik bileşikler (klorojenik asit ve türevleri) ve organik asit türevlerinin (malik asit, sitrik asit, vb.) çözünürlüğünü artırarak ekstraksiyon sürecini destekleyebileceğini göstermektedir (Fibrianto ve ark., 2018).

Çizelge 2. Kahve demlemesinde su profilinin ekstraksiyon verimi, pH ve duyuşal değerlendirmeleri üzerindeki etkisi

Demlenmiş kahve	Ekstraksiyon verimi (%)	pH	Aroma	Lezzet	Asidite	Tatlılık	Denge	Gövde	Genel beğeni
AK	16.70±0.43 ^{bc}	4.84±0.03 ^a	7.78±1.79 ^a	6.78±1.30 ^a	6.67±1.58 ^a	6.11±1.69 ^a	6.89±1.45 ^a	6.78±1.09 ^a	7.00±1.22 ^a
BK	17.74±0.53 ^{ab}	4.82±0.01 ^a	5.00±1.58 ^c	4.56±1.74 ^c	6.00±2.24 ^a	5.22±1.79 ^b	5.00±1.58 ^b	5.78±1.56 ^b	5.22±1.56 ^c
CK	16.15±0.08 ^c	4.84±0.02 ^a	6.56±1.42 ^b	6.22±1.39 ^b	6.22±1.20 ^a	6.44±1.59 ^a	6.44±1.24 ^a	5.78±0.67 ^b	6.11±1.05 ^b
DK	16.82±0.52 ^{bc}	4.84±0.03 ^a	7.22±1.64 ^a	7.11±1.54 ^a	6.67±1.66 ^a	6.00±2.12 ^a	6.67±1.73 ^a	6.44±0.88 ^a	7.11±1.69 ^a
EK	18.32±0.07 ^a	4.89±0.03 ^a	6.33±1.32 ^b	6.22±1.09 ^b	6.22±1.30 ^a	5.67±1.22 ^b	6.44±1.24 ^a	6.22±0.67 ^a	6.22±1.09 ^b

Tablodaki değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütundaki farklı harfler, istatistiksel olarak ortalamalar arasındaki önemli farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$). AK: A marka su ile demlenmiş kahve, BK: B marka su ile demlenmiş kahve, CK: C marka su ile demlenmiş kahve, DK: D marka su ile demlenmiş kahve, EK: E marka su ile demlenmiş kahve,

Ancak bu yüksek ekstraksiyon düzeyi, duyuşal kalite açısından en yüksek puanları beraberinde getirmemiştir. EK numunesi, özellikle aroma ve genel beğeni gibi parametrelerde AK ve DK numunelerinin gerisinde kalmıştır. Bu çelişkili durum, ekstraksiyon veriminin tek başına duyuşal kalite için yeterli bir gösterge olmadığını ortaya koymaktadır. Özellikle AK ve DK numuneleri, görece daha düşük ekstraksiyon yüzdelere sahip olmalarına rağmen; daha yüksek aroma, tat dengesi ve genel beğeni skorları almıştır. Bu bulgu, kahve kalitesini belirlemede çözünmüş toplam madde miktarından ziyade, hangi bileşiklerin çözöldüğünün ve bunların tat profiline nasıl katkıda bulunduğunun daha belirleyici olduğunu göstermektedir. Várady ve arkadaşları (2022), farklı öğütme derecelerinde elde edilen kahve örneklerinde TDS ve ekstraksiyon veriminin artışının, her zaman daha yüksek polifenol, flavonoid içeriği ya da antioksidan kapasiteyle sonuçlanmadığını, dolayısıyla duyuşal kalite açısından da her zaman olumlu bir etki yaratmadığını göstermiştir. Liang ve arkadaşları (2021) ise immersiyon esaslı demleme yöntemiyle hazırlanan kahve TDS ile duyuşal profiller arasındaki ilişkiyi analiz etmiş; yüksek TDS değerlerinin tat profiline çeşitlilik kattığını, ancak bunun her zaman duyuşal kalite artışıyla örtüşmediğini belirtmiştir.

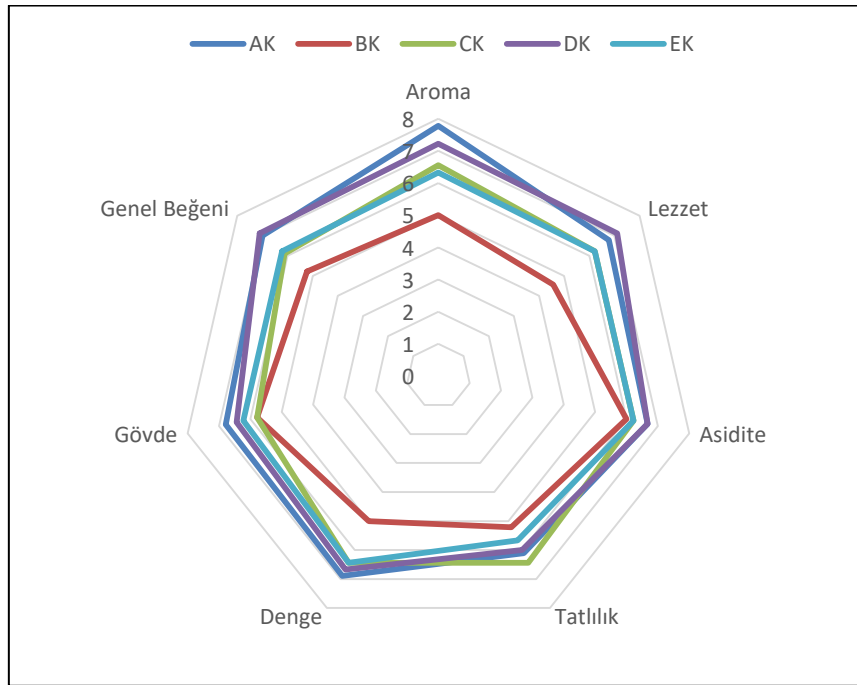
Beş farklı su örneğiyle demlenen kahvelerin duyu analizi sonuçları Çizelge 2’de sunulmaktadır. ANOVA sonuçlarına göre aroma, lezzet, tatlılık, denge, gövde ve genel beğeni parametrelerinde su örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($p < 0.05$). Aroma puanlarında AK örneği en yüksek değeri (7.78), BK örneği ise en düşük değeri (5.00) almıştır. Lezzet açısından DK numunesi 7.11 puan ile anlamlı derecede öne çıkarken, BK örneğinin düşük ortalaması (4.56) istatistiksel olarak ayrılmaktadır. Tatlılık değerlendirmesinde CK örneği 6.44 ile en yüksek puanı almış, BK numunesi ise 5.22 ile en düşük değeri göstermiştir. Gövde açısından AK numunesi en yüksek ortalamaya sahip olmuş, BK ve CK örnekleri daha düşük değerler göstermiştir. Genel beğeni parametresinde ise DK numunesi 7.11 puan ile en yüksek ortalamayı alırken, BK örneği 5.22 puan ile anlamlı biçimde ayrılmıştır.

Bu bulgular, su bileşiminin duyu kalite üzerindeki etkisini vurgulayan güncel çalışmalarla da uyumludur. Örneğin, suyun Na^+ içeriğinin artması ile kahvede temiz tat (yabancı tat ve kusur içermeyen, aroması berrak ve net algılanan kahve) algısının azaldığı gösterilmiştir (Imamura, 2024). Mineral içeriğin infüzyon kalitesi üzerindeki etkisi, farklı demleme yöntemlerine göre incelenmiş ve mineral profili ile tat karakteri arasında anlamlı korelasyonlar bulunmuştur (Janda ve ark., 2020). Ayrıca, suda çözünmüş katyon ve anyonların mineralli su tadı ve tüketici tercihi üzerindeki etkisi literatürde detaylı şekilde ele alınmıştır (Honig ve ark., 2020). Bu sonuçlar, çalışmamızda AK ve DK örneklerinin yüksek aroma, denge ve genel beğeni puanları göstermesinin, bu suların daha uygun mineral kompozisyonuna sahip olabileceğini düşündürmektedir. Buna karşılık BK örneğinin düşük duyu puanları, yüksek Na^+ ve Cl^- içeriğiyle ilişkili olarak aromatik yoğunluğun baskılanabileceğini işaret etmektedir. Dolayısıyla, duyu analizi sonuçları su örnekleri arasında belirgin ve istatistiksel olarak desteklenen farklar bulunduğunu göstermekte; bu farklılıkların mineral kompozisyonundaki değişikliklerle ilişkilendirilebildiği literatür tarafından da doğrulanmaktadır.

BK numunesinin en düşük genel beğeni puanına sahip olması (%5.22), yüksek Na^+ (20.2 mg L^{-1}) ve Cl^- (27.9 mg L^{-1}) içeriğiyle ilişkilendirilebilir. AK ve DK numunelerinin öne çıkmasında ise düşük düzeyde sodyum ve klorür içermelerinin de önemli bir etken olabileceği düşünülmektedir. Na^+ ve Cl^- iyonlarının yüksek konsantrasyonlarda bulunması, kahvede metalik (demir benzeri tat, ağızda metal hissi), sert (yüksek iyonik yük nedeniyle ağızda keskinlik/büzüşme algısı) veya dengesiz (asidite-gövde uyumsuzluğu, aromada boğukluk) tatların oluşmasına neden olabilmektedir. Bu iyonların, aynı zamanda uçucu aromatik bileşiklerin algılanmasını baskılayarak aroma yoğunluğunu azalttığı bilinmektedir (Seninde ve Chambers, 2020). Su içindeki iyonik mineral kompozisyonlarının (örneğin tek-veya çift değerlikli iyonların) yüksek konsantrasyonlarının kahvenin duyu dengesi üzerinde etkili olabileceği önceki çalışmalarla da desteklenmektedir (Bratthall ve ark., 2024; Kang ve ark., 2022).

Kahve ekstraksiyonunda rol oynayan iyonların etkisi yalnızca miktarlarıyla değil, aynı zamanda aralarındaki dengeyle de ilgilidir. Kalsiyum (Ca^{2+}) ve magnezyum (Mg^{2+}) gibi iki değerlikli katyonların, kahve çekirdeğindeki çözünür bileşenlerin ekstraksiyonunu artırarak toplam çözünür madde miktarına katkı sağladığı bilinmektedir (Bratthall ve ark., 2024; Hendon ve ark., 2014). Öte yandan, bikarbonat (HCO_3^-) gibi anyonlar ise kahvenin doğal asiditesini tamponlayarak daha yumuşak bir tat profili oluşturabilmektedir. Ancak bu iyonların su içerisindeki konsantrasyonlarının belirli sınırları aşması durumunda, duyu dengesinin bozulması söz konusu

olabilmektedir. Özellikle yüksek bikarbonat düzeyleri, kahvedeki meyvemsi ve parlak asidik duyu özelliklerinin baskılanmasına neden olabilmektedir (Wellinger ve ark., 2017; Dadalı, 2021). Yüksek Ca^{2+} (60.3 mg L^{-1}) ve Mg^{2+} (11.3 mg L^{-1}) içeriğine sahip olmasına rağmen BK örneğinin aroma, lezzet ve genel beğeni açısından en düşük duyu puanları alması bu bağlamda dikkat çekicidir. Bu durum, HCO_3^- iyonunun yüksek konsantrasyonu (153.18 mg L^{-1}) nedeniyle kahvenin doğal asiditesinin bastırılmış olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, bu iyonik yapı duyu profilinde dengesizlik yaratmış; çözünmüş bileşiklerin miktarı yüksek olsa da kaliteyi artıracak aromatik ve asidik notaların algılanmasını engellemiş olabileceği düşünülmektedir. Sonuç olarak, BK örneği toplam ekstraksiyon potansiyeline sahip olsa da iyonlar arasındaki dengesizlik nedeniyle duyu açıdan zayıf bir profil sunmuştur.



Şekil 2. Duyusal analiz verilerinden elde edilen radar diyagramı

Çalışmanın bulguları, kahve kalitesinin yalnızca toplam çözünmüş madde miktarına değil, ekstrakte edilen bileşiklerin niteliğine ve oranına bağlı olarak şekillendiğini ortaya koymaktadır. Nitelikli bir demleme deneyiminin sağlanabilmesi için yalnızca yüksek ekstraksiyon düzeyine ulaşmak yeterli olmamakta; aynı zamanda bu ekstraksiyonun, tat ve aroma açısından olumlu etki yaratan bileşenleri kapsayacak şekilde gerçekleşmesi gerekmektedir. Bu durum, suyun kimyasal bileşiminin (özellikle iyonik içeriğinin) kahve ekstraksiyon sürecinde belirleyici bir parametre olduğunu göstermektedir. Kahve çekirdeğinde bulunan organik asitler, fenolik maddeler ve uçucu aromatik bileşikler gibi çözünür bileşenlerin ekstraksiyon oranı, suda bulunan iyonlarla olan seçici etkileşimlerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Hendon ve ark., 2014). Demlenen kahve örneklerinin pH değerleri 4.82 ile 4.89 arasında değişmiş olup, bu değerler kahvenin doğal asidik

yapısıyla uyumludur (Batali ve ark., 2021). Suların benzer kimyasal profilde olmasına rağmen duyuşal farklılıkların ortaya çıkması, bu farkların pH'tan ziyade suyun mineral kompozisyonu ve iyonik içeriğıyle ilişkili olabileceğini göstermektedir.

Çalışmadan elde edilen bulgular ile gerçekleştirilen korelasyon analizi, suyun kimyasal özellikleri ile kahvenin duyuşal parametreleri arasında belirgin ilişkiler olduğunu göstermiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Kahve örneklerinin fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları (değişkenler 1'den 9'a kodlanmıştır).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Ekstraksiyon verimi (%)	1	0,344	-0,471	-0,423	-0,191	-0,551*	-0,406	-0,224	-0,393
2. pH		1	0,108	0,174	-0,032	0,045	0,391	0,211	0,133
3. Aroma			1	0,865**	0,471	0,685**	0,809**	0,575*	0,814**
4. Lezzet				1	0,497	0,690**	0,822**	0,615*	0,931**
5. Asidite					1	0,496	0,518*	0,619*	0,539*
6. Tatlılık						1	0,749**	0,275	0,588*
7. Denge							1	0,528*	0,839**
8. Gövde								1	0,682**
9. Genel beğeni									1

*: Korelasyon 0.05 anlamlılık düzeyinde önemlidir (çift yönlü).

** : Korelasyon 0.01 anlamlılık düzeyinde önemlidir (çift yönlü).

Korelasyon analizimizde aroma-lezzet ($R^2 = 0.865$; $p < 0.01$) ve lezzet-genel beğeni ($R^2 = 0.931$; $p < 0.01$) arasındaki yüksek pozitif ilişkiler, kahve içeceğinde duyuşal bütünlüğün aroma ve tat komponentlerine büyük ölçüde bağımlı olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, suyun sahip olduğu iyonların kahve ekstraksiyon sürecini nasıl şekillendirdiğini gösteren önceki çalışmalarla da uyumludur (Hendon ve ark., 2014). Asidite ile gövde ($R^2 = 0.619$; $p < 0.05$) ve genel beğeni ($R^2 = 0.539$; $p < 0.05$) arasındaki pozitif bağlantılar ise, Ca^{2+} ve Mg^{2+} gibi iki değerlikli katyonların çözünür bileşenlerin ekstraksiyonunu artırarak duyuşal kalitenin yükselmesine katkı sağladığını düşündürmektedir. Buna karşılık, ekstraksiyon verimi ile tatlılık ($R^2 = -0.551$; $p < 0.05$) ve genel beğeni ($R^2 = -0.393$) arasındaki negatif ilişkiler, yüksek ekstraksiyonun duyuşal olarak daha iyi bir sonuç vermeyebileceğini göstermektedir. Bu bulgu, su kompozisyonunun yalnızca maksimum ekstraksiyon miktarını değil, duyuşal profilin niteliğini de şekillendirdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle suyun iyonik dengesinin (örneğin Na^+/Cl^- oranlarının) aroma yoğunluğu ve tat dengesini olumsuz etkileyebileceğine ilişkin bulgular, bu konuda yapılan duyuşal ve kimyasal analiz odaklı çalışmalar tarafından da desteklenmektedir (Navarini ve Rivetti, 2010). Bu bakımdan, nitelikli kahve demlemelerinde suyun yalnızca fiziksel taşıyıcı değil, duyuşal kalite üzerinde aktif rol oynayan bir bileşen olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Sonuç

Bu çalışma suyun kimyasal etkileşimler yoluyla lezzet profilini şekillendiren aktif bir unsur olduğunu ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, özellikle üçüncü dalga kahvecilik yaklaşımında, suyun önemsiz bir unsur

olarak değerlendirilmemesini; duyuşal kaliteyi belirleyen temel bir parametre olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir. Nitelikli kahve deneyiminin, yalnızca çekirdek kalitesi veya demleme tekniğıyle değil, aynı zamanda uygun mineral dengesi ve iyonik yapıya sahip doğru su profiliyle mümkün olabileceğı anlaşılmaktadır. Bu bulgular doğrultusunda, hem ev kullanıcıları hem de profesyonel baristalar için suyun kimyasal bileşimi konusunda daha fazla eğitim ve farkındalık oluşturulması gerekmektedir. Suyun bileşimiyle ilgili bilinçli seçimler, kahve kalitesinin artırılmasına önemli katkılar sağlayacaktır. Gelecekte yapılacak çalışmaların, farklı minerallerin spesifik duyuşal parametrelerle olan ilişkisini daha ayrıntılı biçimde incelemesi beklenmektedir. Bu tür araştırmalar, kahveye özgü optimum su profilinin bilimsel temellerinin oluşturulmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca, doğal mineralli sular ile arıtılmış su sistemlerinin karşılaştırıldığı, geniş ölçekli duyuşal analizlerin yapılmasıyla tüketici tercihlerini yönlendiren temel faktörler daha net biçimde ortaya konabilecektir.

Teşekkür

Araştırma ve yayın etik ilkelerine uygun olarak yürütölmüş ve bu makaleyi hazırlayan yazarlar araştırmaya eşit katkıda bulunmuştur. Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır. Duyuşal analizler için Maltepe Üniversitesi'nden 20/02/2025 tarihli 2025/04-06 karar no'lu Etik Kurul Onayı alınmıştır.

Kaynakça

- Alves, R.C., Rodrigues, F., Nunes, M.A., Vinha, A.F. and Oliveira, M.B.P.P. 2017. *State of the art in coffee processing by-products*: Handbook of Coffee Processing By-Products, Ed.: Galanakis, C.M., Academic Press, London, UK, 1-26.
- Anonim 2025. Coffee Market Report October 2025. International Coffee Organization. Erişim tarihi: 10.11.2025.
- Batali, M.E., Cotter, A.R., Frost, S.C., Ristenpart, W.D. and Guinard, J.X. 2021. Titratable acidity, perceived sourness, and liking of acidity in drip brewed coffee. *ACS Food Science & Technology*, 1(4): 559-569.
- Batali, M.E., Ristenpart, W.D. and Guinard, J.X. 2020. Brew temperature, at fixed brew strength and extraction, has little impact on the sensory profile of drip brew coffee. *Scientific Reports*, 10(1). doi: 10.1038/s41598-020-73341-4.
- Boğa, T. ve Dertli, E. 2021. Kullanılmış kahve telvesinin lif kaynağı olarak değerlendirilme potansiyeli. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 31: 114-120.
- Bratthäll, T., Figueira, J. and Nording, M.L. 2024. Influence of divalent cations on the extraction of organic acids in coffee determined by GC-MS and NMR. *Heliyon*, 10(5). doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e26625.
- Caporaso, N., Whitworth, M.B. and Fisk, I.D. 2022. Prediction of coffee aroma from single roasted coffee beans by hyperspectral imaging. *Food Chemistry*, 371: 131159.

- Dadalı, C. 2021. Influence of water hardness on volatile compounds and sensory properties of Turkish coffee. *Gıda*, 46(5): 1183-1194.
- Dorak, S., Aşık, B.B. ve Özsoy, G. 2019. Tarımda su kalitesi ve su kirliliğinin önemi: Bursa Nilüfer çayı örneği. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(1): 155-166.
- Fabella-Garcia, J.M.A., Patel, P. and Liu, L. 2025. From green bean to brewed coffee: A lipidomic perspective on coffee lipid composition. *Food Chemistry*, 146606.
- Fibrianto, K., Ardianti, A.D., Pradipta, K. and 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(1). doi: 10.1088/1755-1315/102/1/012095.
- Frost, S.C., Ristenpart, W.D. and Guinard, J.X. 2020. Effects of brew strength, brew yield, and roast on the sensory quality of drip brewed coffee. *Journal of Food Science*, 85(8): 2530-2543.
- Girginol, C. 2018. Kahve – Topraktan Fincana. A7 Kitap, İstanbul, Türkiye.
- Haviz, M., Djana, M., Nandini, N.P.A., Eltri, A.P., Fahrani, N.A. and Rina, O. 2024. Influence of water quality on CO₂ degassing and sensory attributes in lampung robusta espresso. *Coffee Science*, 19. doi: 10.25186/v19i.2209.
- Hendon, C.H., Colonna-Dashwood, L. and Colonna-Dashwood, M. 2014. The role of dissolved cations in coffee extraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(21): 4947-4950.
- Herrera, J.C. and Lambot, C. 2017. The coffee tree – Genetic diversity and origin: The Craft and Science of Coffee, Ed.: Folmer, B., Academic Press, London, UK, 1-16.
- Honig, V., Procházka, P., Obergruber, M. and Roubík, H. 2020. Nutrient effect on the taste of mineral waters: Evidence from Europe. *Foods*, 9(12): 1875.
- Illy, A. and Viani, R. 2005. Espresso Coffee: The Science of Quality. Academic Press, London, UK.
- Imamura, K. 2024. The clean taste of coffee depends on the sodium content of its extraction water. *Food Science and Technology Research*, 30(2): 213-221.
- International Coffee Organization. 2023. Coffee Report & Outlook – December 2023. (Erişim tarihi: 21.07.2025).
- International Coffee Organization. 2024. Monthly Coffee Market Report – June 2024 (Erişim tarihi: 21.07.2025).
- Janda, K., Jakubczyk, K., Baranowska-Bosiacka, I., Kapczuk, P., Kochman, J., Rębacz-Marón, E. and Gutowska, I. 2020. Mineral composition and antioxidant potential of coffee beverages depending on the brewing method. *Foods*, 9(2): 121.
- Kang, G.W., Piao, Z.Z. and Ko, J.Y. 2022. Effects of water types and roasting points on consumer liking and emotional responses toward coffee. *Food Quality and Preference*, 101: 104631.
- Kyroglou, S., Laskari, R. and Vareltzis, P. 2022. Optimization of sensory properties of cold brew coffee produced by reduced pressure cycles and its physicochemical characteristics. *Molecules*, 27(9): 2971.

- Lee, W.T., Smith, A. and Arshad, A. 2023. Uneven extraction in coffee brewing. *Physics of Fluids*, 35(5). doi: 10.1063/5.0138998.
- Liang, J., Batali, M.E., Routt, C., Ristenpart, W.D. and Guinard, J.X. 2024. Sensory analysis of the flavor profile of full immersion hot, room temperature, and cold brewed coffee over time. *Scientific Reports*, 14(1): 19298.
- Liang, J., Chan, K.C. and Ristenpart, W.D. 2021. An equilibrium desorption model for the strength and extraction yield of full immersion brewed coffee. *Scientific Reports*, 11(1): 6904.
- Lim, J. and Lawless, H.T. 2005. Oral sensations from iron and copper sulfate. *Physiology & Behavior*, 85(3): 308-313.
- Navarini, L. and Rivetti, D. 2010. Water quality for espresso coffee. *Food Chemistry*, 122(2): 424-428.
- Onoğur, T.A. ve Elmacı, Y. 2015. Gıdalarda duyuusal değerlendirme. Sidas Medya, İzmir, Türkiye, 135s.
- Santanatoglia, A., Caprioli, G., Cespi, M., Ciarlantini, D., Cognigni, L., Fioretti, L. ... and Vittori, S. 2023. A comprehensive comparative study among the newly developed Pure Brew method and classical ones for filter coffee production. *LWT*, 175: 114471.
- Seninde, D.R. and Chambers, E. 2020. Coffee flavor: A review. *Beverages*, 6(3): 44.
- Várady, M., Tauchen, J., Klouček, P. and Popelka, P. 2022. Effects of total dissolved solids, extraction yield, grinding, and method of preparation on antioxidant activity in fermented specialty coffee. *Fermentation*, 8(8): 375.
- Wellinger, M., Smrke, S. and Yeretizian, C. 2017. Water for extraction—Composition, recommendations, and treatment: The Craft and Science of Coffee, Ed.: Folmer, B., Academic Press, London, UK, 381-398.
- Wellinger, M., Smrke, S. and Yeretizian, C. 2018. The SCA Water Quality Handbook. Specialty Coffee Association, London, UK, 90s.
- Yıldız, E. 2022. Espresso içeren kahve içeceklerinin antioksidan kapasite, toplam fenolik bileşen ve in-vitro biyoerişilebilirliğinin karşılaştırılması. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 12(2): 791-805.

