

Kardinal Üzümü, Napolyon Kirazı, Mürdüm Eriği, Kivi ve Şeftali Meyvelerinden Doğal Fermantasyonla Sirke Üretim Potansiyeli: Fizikokimyasal ve Duyusal Özellikler

Hale İnci Öztürk  

Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya

Geliş Tarihi (Received): 13.03.2021, Kabul Tarihi (Accepted): 20.01.2022

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): inci.ozturk@gidatarim.edu.tr (H.İ. Öztürk)

☎ 0 332 223 53 50 📠 0 332 223 54 90

ÖZ

Bu çalışmada, sirke üzerine artan tüketici talebini karşılamak amacıyla farklı meyve kaynaklarından geleneksel yöntemle üretilen sirkelerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Kardinal üzümü (KU), Napolyon kirazı (KR), mürdüm eriği (ER), kivi (KW) ve şeftali (SF) kullanılarak geleneksel yöntemle beş farklı meyve sirkesi üretilmiştir. Örneklerin bazı fizikokimyasal özellikleri (asetik asit içeriği, pH'sı, toplam çözünür kuru madde içeriği ve renk değerleri) ve duyusal özellikleri incelenmiştir. Sirke örneklerinin asetik asit içeriği %0.53-3.23 arasında belirlenmiş olup, pH değerleri ise 2.93-3.63 arasında tespit edilmiştir. En yüksek asetik asit içeriği KU sirkesinde gözlemlenirken, KR sirkesinin ise en düşük asetik asit içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, örneklerin 2.50-3.70°Brix arasında toplam çözünür kuru madde içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. En düşük Brix değeri ER sirkesinde iken KU ve SF sirkelerinde en yüksek tespit edilmiştir. Renk profili analizi sonuçlarına göre, en parlak sirkeler KW, KU ve ER sirkeleri olmuş, örneklerin sarılık değeri 13.19-26.60 arasında bulunmuş ve en yüksek kırmızılık değeri ise 17.60 ile KR sirkesinde belirlenmiştir. Duyusal değerlendirme sonucuna göre örnekler arasında en yüksek genel izlenim skoru KW sirkesinde belirlenmiş olup bunu SF ve ER sirkeleri izlemiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğal fermantasyon, Meyve sirkeleri, Renk analizi, Fizikokimyasal özellikler, Duyusal değerlendirme

Vinegar Production Potential of Cardinal Grape, Napoleon Cherry, Damson Plum, Kiwi, and Peach Fruits by Natural Fermentation: Physicochemical and Sensorial Properties

ABSTRACT

Vinegars are produced from different fruit sources to meet their increasing consumer demand. In this study, five different fruit vinegars were produced by natural fermentation using Cardinal grape (KU), Napoleon cherry (KR), damson plum (ER), kiwi (KW), and peach (SF). Some physicochemical properties of vinegars such as their acetic acid content, pH, total soluble dry matter content, and color values and sensory characteristics were determined. The acetic acid content of fruit vinegars was between 0.53-3.23%, and their pH values were between 2.93-3.63. While the highest acetic acid content was found in KU vinegar, KR vinegar had the lowest acetic acid content. Besides, vinegars had a total soluble dry matter content between 2.50-3.70°Brix. While the lowest Brix value was determined in ER vinegar, KU and SF vinegars had the highest Brix value. Results of color profile analysis indicated that the brightest vinegars were KW, KU, and ER vinegars, and samples had a yellowness value between 13.19-26.60, and the highest redness value of 17.60 was found for KR vinegar. Based on the sensory evaluation test, the highest overall impression score among the samples was determined in KW vinegar, followed by SF and ER vinegars.

Keywords: Natural fermentation, Fruit vinegars, Color analysis, Physicochemical properties, Sensory evaluation

GİRİŞ

Sirke, karakteristik tat ve aroma sağlayan yaklaşık %5 asetik asit ve değişen miktarlarda diğer meyve asitlerini, renklendirici maddeleri, tuzları ve diğer çeşitli fermantasyon ürünlerini içeren bir gıda olarak tanımlanmaktadır [1]. Ayrıca, Uluslararası Gıda Standartları'na (Codex Alimentarius) [2] göre sirke; nişasta, şeker veya nişasta ve şeker içeren uygun bir tarımsal hammaddenin önce alkol ve sonra asetik asit fermantasyonu olmak üzere çift fermantasyona uğratılması ile üretilen insan tüketimine uygun bir sıvı olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla sirke üretiminde hem anaerobik hem de aerobik fermantasyonlar yer almaktadır.

Sirke, etil alkolün asetik asit bakterileri tarafından asetik aside dönüştürülmesiyle elde edilen fermente bir ürün olduğu için alkol-su karışımlarından çeşitli meyve şaraplarına kadar her türlü alkollü malzemeden üretilebilir [1]. Asetik asit bakterileri olarak da adlandırılan sirke bakterileri, *Acetobacter*, *Gluconobacter* ve *Gluconacetobacter* cinslerinin üyeleridir ve etil alkolü oksidasyon yoluyla asetik aside dönüştürme yetenekleriyle karakterize edilmektedirler [3]. Sirke üretiminin ilk aşamasında, fermente edilebilir şekerler mayanın (özellikle *Saccharomyces* sınıfına ait) etkisiyle etanole dönüştürülmektedir. İkinci aşamada ise, asetik asit bakterileri etanolü aerobik koşullar altında asetik aside okside etmektedir [1]. Doğal fermantasyon ile üretilen sirkelerin fermantasyonlarında yer alan mikrobiyal flora, çeşitli mayalardan ve asetik asit bakterilerinden çeşitli laktik asit bakterilerine ve küflere kadar değişiklik gösterebilmektedir [4, 5]. Ancak, sirke üretiminde rol alan mikroorganizmalar esas olarak mayalar ve asetik asit bakterileridir.

Sirke üretiminde kullanılan hammaddeler arasında pirinç, üzüm, malt, elma, şeker kamışı, bal, patates, peynir altı suyu veya diğer şekerli gıdalar bulunmaktadır [6]. Sirke çeşitleri ülkeden ülkeye büyük farklılıklar göstermektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde beyaz veya damıtılmış sirkeler, İngiltere'de malt sirkeleri, Filipinler'de şeker kamışı sirkeleri, Japonya'da pirinç sirkeleri, Tayland yemeklerinde Hindistan cevizi sirkeleri ve Türkiye'de ise beyaz sirkeler ile birlikte elma ve üzüm sirkeleri yaygın olarak kullanılmaktadır [1]. Asetik asit sirkede bulunan baskın aroma olmasına rağmen, sirkenin genel lezzet profiline katkıda bulunan diğer uçucu aroma bileşikleri de bulunmaktadır [1]. Genel olarak, sirkenin tadı ve aroması işleme yöntemine, olgunlaştırma süresine ve kullanılan hammaddeye bağlı olarak değişmektedir [7].

Sirke üretim yöntemleri, yüzey kültürü metodu ve açık fiçı metodu olarak da bilinen ahşap fiçuların kullanıldığı Orleans metodu gibi geleneksel metotları, jeneratör metodunu ve derin kültür (submers) metodunu kapsamaktadır [7]. Bu metotlar arasında derin kültür metodunun hem daha ekonomik hem de daha hızlı olması nedeniyle ticari olarak sirke üretiminde çoğunlukla bu metot tercih edilmektedir [1, 7]. Derin kültür metodu ile sirke üretiminde asetik asit bakterileri kullanılmaktadır. Çoğu ticari sirke, alkol

fermantasyonunu takiben asetik asit verimliliğini arttıran ve alkol içinde dağılan ince gaz kabarcıklarının oluşturulması için bir fermentör içine havanın girişinin sağlandığı bir işlem kullanılarak üretilmektedir [8]. Ayrıca, hammadde olarak doğrudan alkol veya şarabın asetik asit bakterileri kullanılarak fermente edilmesiyle de sirke üretimi mümkün olmaktadır. Sirkenin endüstriyel olarak üretimini iyileştirmek için birçok teknik cihaz geliştirilmiştir ve genel olarak, bu iyileştirmeler, asetik asit bakterilerinin varlığında etanolün asetik aside dönüşüm hızını arttırmaktadır [9]. Geleneksel olarak sirke üretimi ise, şeker içeren hammaddenin doğal olarak sırasıyla alkol ve asetik asit fermantasyonuna uğratılması ile üretilmektedir [10, 11]. Geleneksel yöntemde fermantasyon, sirke üretimde kullanılan hammaddelerin doğal mikrobiyotasından faydalanılarak ya da daha önce üretilen sirke veya önceki sirkeden elde edilen sirke anası kullanılarak gerçekleştirilmektedir [4, 12]. Asetik asit bakterilerini içeren sirke anası etil alkolün asetik aside dönüşümünde rol almaktadır. Geleneksel yöntemde sirke üretim süresi uzun olmaktadır, ancak, üretilen sirkenin kalitesi oldukça yüksektir [11].

Sirke tüketiminin son yıllarda artış gösterdiği bildirilmiştir [1]. Muhtemelen, yine son yıllarda tüketicinin daha sağlıklı ve koruyucu gıdalar üzerinde artan bilgisinin ve talebinin bu durumu etkilediği düşünülebilir [13]. Asidik ve keskin tadı ile karakterize edilen sirke; salatalarda, soslarda, turşularda ve yemeklerde tat ve aroma verici bir bileşen olarak, seyreltilerek doğrudan bir içecek olarak, gıda koruyucusu olarak ve sağlık üzerindeki etkilerinden yararlanmak amacıyla dünya çapında kullanılmaktadır [1, 14]. Gıda endüstrisinde ise sirke esas olarak bir asit düzenleyici ve aroma verici olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla, salata sosları, mayonez, hardal, ketçap, konserve yiyecekler vb. gibi çoğu yiyeceğin formülasyonunda sirke yer almaktadır [1]. Sirke; fenolik bileşikler, C ve E vitaminleri ve organik asitler de dahil olmak üzere yüksek doğal antioksidan bileşik içeriği nedeniyle sağlıklı ve işlevsel bir gıda olarak kabul edilmektedir [14, 15]. Yapılan araştırmalar sirkede bulunan fenolik bileşiklerin, çeşitli kanser türleri ve kardiyovasküler hastalıklar gibi farklı kronik rahatsızlıkların meydana gelmesini önlediğini ortaya koymaktadır [16]. Bunlara ek olarak, Leeman ve ark. [17] sirkenin yemeklerle birlikte alındığında hem sağlıklı hem de diyabetik hastalar için antiglisemik etkiye sahip olduğunu ve dolayısıyla glisemik indeksi düşürdüğünü ileri sürmüştür.

Sirkenin sağlık üzerindeki faydaları ve üretimi için artan tüketici talebi hurma, kırmızı iğde, yaban mersini, ananas kabuğu, kızılıcık, incir, nar, kayısı, mandalina ve kuşburnu gibi çeşitli kaynaklardan sirke üretimi ile ilgili çalışmalara yol açmıştır [18-24] ve farklı kaynaklardan sirke üretimi ile ilgili çalışmalar halen devam etmektedir. Bu çalışmalarda, elde edilen sirkelerin kalite ve fonksiyonel özellikleri belirlenerek tüketici talebini karşılamak için çeşitli yeni sirke türlerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Ayrıca, geleneksel sirkelerin ticari sirkelere kıyasla antioksidan ve fenolik madde içeriklerinin daha iyi olduğunun ortaya konması ile geleneksel sirkeler sağlığı geliştirme arayışı nedeniyle

tüketiciler tarafından popülerlik kazanmıştır [25]. Üretim yöntemleri arasındaki bu farklılığın geleneksel yöntemdeki daha uzun fermantasyon süresi ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Fermantasyon sürecinin genellikle sebze ve meyvelerin biyoaktif bileşiklerini arttırdığı bildirilmiştir [26]. Dolayısıyla, bu çalışmada artan tüketicini talebini karşılamak için farklı meyve kaynaklarından geleneksel metotla sirke üretiminin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Yapılan literatür incelemelerinde Kardinal üzümü, Napolyon kirazı, mürdüm eriği, kivi ve şeftali kullanılarak geleneksel yöntemle sirke üretimine dair bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Buna dayanarak, bu çalışmada bahsi geçen meyvelerden geleneksel yöntemle üretilen sirkelerin bazı kalite özelliklerinin karşılaştırılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda, sirke örneklerinin toplam çözünür kuru madde ($^{\circ}$ Brix), pH, toplam titrasyon asitliği (% asetik asit) ve renk analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, duyu değerlendirmesi yapılarak araştırılan beş farklı sirke örneği üzerinde tüketici tercihleri ve algıları da değerlendirilmiştir.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Bu çalışmada, sirke yapımında kullanılan kivi (*Actinidia deliciosa*), şeftali (*Prunus persica*), mürdüm eriği (*Prunus insititia*), Napolyon kirazı (*Prunus avium* cv. Napoleon) ve Kardinal üzümü (*Vitis vinifera* cv. Cardinal) meyveleri Konya ilinin merkezinde faaliyet gösteren yerel pazarlardan 2020 yılının Haziran-Temmuz aylarında tedarik edilmiştir.

Metot

Sirke Üretimi

Bu çalışmada kullanılan sirkelerin üretimi geleneksel yöntemle gerçekleştirilmiştir [18]. Tedarik edilen meyveler yıkanarak temizlendikten sonra mürdüm eriği, şeftali ve Napolyon kirazı meyvelerinin çekirdekleri uzaklaştırılmış, kivi meyvesinin kabuğu soyulmuş ve Kardinal üzümü meyvesi ise herhangi bir ön işleme tabi tutulmamıştır. Sirke üretimi için hazırlanan meyveler, 5 L'lik cam kavanozlara kavanoz hacminin üçte biri oranında eklenmiş ve ardından meyveler meşe ağacından özel olarak üretilen yüzeyi pürüzsüz bir tahta sopa yardımı ile ezilerek meyve şıraları elde edilmiştir. Ayrıca, fermantasyon işlemine yardımcı olması amacıyla her örneğe %0.5 oranında bal ilavesi yapılmıştır. Bu işlemi takiben, kavanozlar içme suyu kullanılarak tamamlanmıştır ve kavanozların ağzı bir tülbent bez yardımıyla kapatılmıştır. Hazırlanan örnekler, meyvelerin doğal mikrobiyotasından faydalanılarak oda sıcaklığında ve karanlık bir ortamda doğal fermantasyona bırakılmıştır ve fermantasyon süresi boyunca örnekler her gün karıştırılmıştır. Kavanozların yüzeylerinde yeterli büyükte sirke anasının meydana geldiği (yaklaşık 0.5 cm) 60 gün boyunca fermantasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Fermantasyon işlemini takiben, meyve posalarını ayırmak amacıyla sirke örnekleri süzülümüş ve yeni cam kavanozlara aktarılmıştır. Bu işlemin ardından hızlı bir şekilde

kavanozların ağzı sıkıca kapatılmıştır ve sirke örnekleri analizleri yapıncaya kadar 25°C'de karanlık bir ortamda depolanmıştır. Sirke üretimleri iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Toplam Asitlik ve pH Değerlerinin Belirlenmesi

Toplam asitlik titrimetrik metotla belirlenmiştir [27]. Bu amaçla, sirke örnekleri 0.1 N NaOH çözeltisi kullanılarak titre edilmiştir ve pH 8.1'e ulaşıncaya titrasyon sonlandırılmıştır. Titrasyonda harcanan 0.1 N NaOH çözeltisinin miktarına bağlı olarak % asetik asit cinsinden toplam asitlik hesaplanmıştır. Sirke örneklerin pH değerleri ise Ohaus Starter 3100 pH metre (MA, ABD) kullanılarak ölçülmüştür.

$^{\circ}$ Brix Değerlerinin Belirlenmesi

Toplam çözünür kuru madde ($^{\circ}$ Brix) değerleri distile su ile kalibre edilen Krüss DR6300-T (Hamburg, Almanya) refraktometresi kullanılarak 20°C'de ölçülmüştür. Örnekler kaba filtre kağıdından geçirilerek analize hazırlanmıştır.

Renk Analizi

Sirke örneklerinin renk analizi CR400 renk ölçüm cihazı (Konica Minolta, Inc., Osaka, Japonya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. CIELAB renk aralığına göre L*, a* ve b* değerleri belirlenmiştir. L* değeri parlak/koyu (beyaz:100, siyah:0), a* değeri kırmızı/yeşil (kırmızı: +, yeşil: -) ve b* değeri ise sarı/mavi (sarı: +, mavi: -) aralığını temsil etmektedir [21].

Duyusal Analiz

Sirke örneklerinin duyu olarak değerlendirilmesi Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde deneyimi olmayan ancak belirli özellik tanımlarına tartışıldığı ve netleştirildiği önceki eğitim oturumlarına katılan 11 yarı eğitimli panelist tarafından gerçekleştirilmiştir. Sirke örneklerinin organoleptik değerlendirilmesinde daha önceki çalışmalarda bildirilen duyu özellikler modifiye edilerek kullanılmıştır [28, 29]. Örnekler; genel izlenim, aromatik yoğunluk, aromada zenginlik, etil asetat kokusu, keskinlik hissi, şarap karakteri, meyve kokusu ve tadı, maya kokusu ve tadı, acılık, tatlılık, ekşilik ve akışkanlık özellikleri bakımından değerlendirilmiştir. Sirke örneklerinin duyu analizinde, her değerlendiricinin belirtilen özelliklerin yoğunluğunu bildirdiği 9 puanlı bir skala kullanılmıştır (1: çok düşük/9: çok yüksek).

İstatistiksel Analizler

Sonuçlar, Minitab yazılım versiyonu 17'de (State College, ABD) tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur. Tüm veriler, iki tekerrürün ortalama \pm standart sapması olarak ifade edilmiştir. Sirke örnekleri arasındaki önemli farklılıkları belirlemek için sonuçların ortalamaları %95 güven aralığında Tukey testi ile karşılaştırılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Sirke Örnekleri

İki ay fermantasyon işlemine tabi tutularak üretilen sirkeler fizikokimyasal ve duyu analizlerde kullanılmıştır (Şekil 1). Kivi, Napolyon kirazı, Kardinal üzümü, şeftali ve erik kullanılarak üretilen sirke örnekleri sırasıyla KW, KR, KU, SF ve ER olarak belirtilmiştir.



Şekil 1. Sırasıyla Napolyon kirazı, şeftali, Kardinal üzümü, mürdüm eriği ve kivi sirke örneklerinin görünüşleri (soldan sağa)

Figure 1. Views of Napoleon cherry, peach, Cardinal grape, damson plum, and kiwi vinegar samples, respectively (from left to right)

Fizikokimyasal Analizler

Toplam Asitlik ve pH

Fermantasyon sonrasında sirkede asetik asit, oksalik asit, malik asit, laktik asit gibi çeşitli organik asitlerin bulunduğu, ancak bunlar arasında asetik asidin baskın olduğu ve sirkelerin tadı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bildirilmiştir [30]. Dolayısıyla, bu çalışmada toplam asitlik, asetik içeriği (%) cinsinden hesaplanmıştır ve sirke örneklerinin toplam asitlik değeri %0.53-3.23 arasında bulunmuştur (Tablo 1). SF ve ER örneklerinin toplam asitlik değerlerinin benzer olduğu ($p>0.05$) ve diğer sirke örneklerinin toplam asitlik değerlerinin istatistiksel olarak birbirlerinden farklılık gösterdiği ($p<0.05$) belirlenmiştir. En yüksek toplam asitlik KU örneğinde (%3.23) belirlenirken, en düşük toplam asitlik

ise KR örneğinde (%0.53) tespit edilmiştir ($p<0.05$). Örneklerin toplam asitlik değerleri arasında tespit edilen değişikliklerin sirke üretiminde kullanılan hammaddelerin kompozisyonel ve mikrobiyal farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir [4, 24, 31]. TS 1880 EN 13188 Sirke Standardı'na ilaveten çıkarılan Nisan 2004 tarihli taddilde ülkemizde üretilen sirkelerin toplam asitlik içeriğinin (suda serbest asetik asit cinsinden) %4'ten az olmaması gerektiği bildirilmiştir [32]. Bu çalışmada üretilen beş sirkenin de toplam asitlik değeri TS 1880'de belirtilen değerlerin aşağısında bulunmuştur. Sonraki çalışmalar ile sirke örneklerinin fermantasyon koşulları optimize edilerek asetik asit içeriklerinin Türk Standardı'na uyarlanabileceği ve ayrıca mevcut sirke örneklerinin sulandırılarak içilebilir sirkelerin üretilmesinde kullanılabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada elde edilen toplam asitlik değerleri, Kang ve ark [27] tarafından ticari üzüm sirkeleri için bildirilen toplam asitlik değerlerinden (%4.20-6.63) düşük bulunmuştur. Bu farklılıkların, ticari sirkelere ilave asetik asit eklenmesinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir [20]. ER ve SF sirkelerinin toplam asitlik değerleri (sırasıyla %1.15 ve 1.05) Akarca ve ark. [18] tarafından mazafati İran hurması sirkesi için bildirilen toplam asitlik değerine (%1.19) yakın bulunurken, KW sirkesinin toplam asitlik değeri (%1.98) Tomar ve ark. [24] tarafından yaban mersini sirkesi için bildirilen toplam asitlik değerine (%1.96) yakın bulunmuştur. Bununla birlikte, KR örneği hariç, diğer tüm sirke örneklerinin toplam asitlik değerlerinin Selvanathan ve Masngut [22] tarafından üretilen ananas kabuğu sirkesinin toplam asitlik değerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ancak, tüm örneklerin toplam asitlik değerleri kızılıcik sirkesinin [21] ve üzüm, erik, mandalina vb. meyvelerin organik ticari sirkelerinin [23] toplam asitlik değerlerinden daha düşük bulunmuştur. Konu hakkında yapılan benzer çalışmalar arasındaki farklılıkların kullanılan hammaddeye, üretim şekline, fermantasyon koşullarına ve olgunlaştırma süresine bağlı olarak meydana geldiği düşünülmektedir [7, 18].

Tablo 1. Sirke örneklerin toplam titrasyon asitliği (% , asetik asit) ve pH değerleri
Table 1. Total titratable acidity (% , acetic acid) and pH values of vinegar samples

Örnekler ^a	Toplam titrasyon asitliği (% , asetik asit)	pH
KW	1.98±0.06 ^b	3.30±0.07 ^b
KR	0.53±0.02 ^d	2.77±0.01 ^d
KU	3.23±0.08 ^a	2.93±0.01 ^c
SF	1.05±0.93 ^c	3.63±0.03 ^a
ER	1.15±0.05 ^c	3.38±0.04 ^b

^a KW: kivi sirkesi, KR: Napolyon kirazı sirkesi, KU: Kardinal üzümü sirkesi, SF: şeftali sirkesi, ER: mürdüm eriği sirkesi; Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir.; Önemli farklılıklar Tukey testi ile $p<0.05$ güven aralığında belirlenmiştir.; Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır.

^a KW: kiwi vinegar, KR: Napoleon cherry vinegar, KU: Cardinal grape vinegar, SF: peach vinegar, ER: damson plum vinegar.; Values are expressed as mean ± standard deviation.; Significant differences are determined by Tukey's test at $p<0.05$ confidence level.; The difference between the means indicated by different letters in the same column is statistically significant.

Geleneksel yöntemlerle üretilen sirke örneklerinin pH değerleri Tablo 1'de verilmiştir. En yüksek pH değeri 3.63 olarak SF örneğinde belirlenirken, en düşük pH değeri ise 2.77 değeri ile KR örneğinde tespit edilmiştir

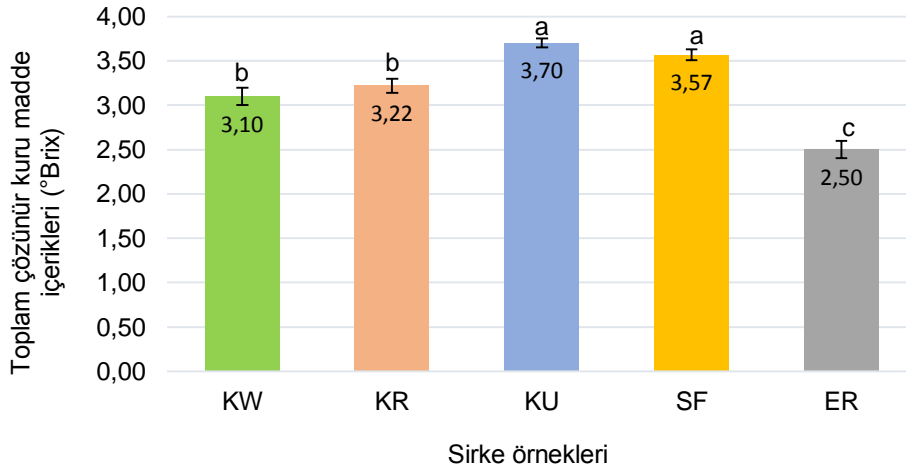
($p<0.05$). Çalışmada kullanılan sirkelerin pH değerleri ticari hurma [20] ve üzüm sirkelerinden daha yüksek bulunurken [27], yaban mersini [24] ve Trabzon hurma kabuğu [11] sirkelerinden daha düşük bulunmuştur.

Ayrıca, bu çalışmadaki mürdüm eriği sirkesinin pH değerinin (3.38), Sengun ve ark. [23] tarafından ticari organik erik sirkesi için bildirilen pH değerine (3.56) yakın olduğu görülmüştür. Ancak, aynı araştırmacılar tarafından organik üzüm sirkesi için bildirilen pH değeri (3.22), Kardinal üzümü sirkesinin pH değerinden (2.93) daha yüksek bulunmuştur. Sirke örneklerinin pH değerinin tespit edilen toplam asit içeriği ile ters korelasyon göstermediği gözlemlenmiştir. Benzer sonuç, Kang ve ark. [27] tarafından ticari üzüm sirkelerinde de tespit edilmiştir. Bu durum, pH'nın mevcut asitlerin konsantrasyonu ile ilişkili olmaması, ancak, bu asitlerin dissosiyasyonuna yani iyonlaşma yeteneklerinden etkilenmesi ile açıklanabilir [33].

Toplam Çözünür Kuru Madde İçerikleri

Brix değerleri, sulu bir numunedeki toplam çözünür katı içeriğinin yüzdesini göstermektedir ve sirke türüne bağlı olarak değişen bir özelliktir [23]. Bu çalışmada, sirke örneklerinin Brix değerleri 2.50 ile 3.70°Brix arasında değişiklik göstermiştir (Şekil 2). En yüksek Brix değerleri KU (3.70°Brix) ve SF (3.57°Brix) örneklerinde belirlenirken, en düşük Brix değeri ise ER (2.50 °Brix) örneğinde tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Önceki çalışmalarda meyve sirkeleri için Brix değerleri 1.20 ve 6.63°Brix arasında tanımlanmıştır [11, 18, 23, 24, 27]. Bu çalışmalarda özellikle ticari sirkelerin Brix değerleri daha yüksek bulunmuştur. Çünkü tüketici tercihlerini arttırmak

amacıyla ticari sirkelere sükröz, sıvı früktoz ve meyve konsantreleri eklenerek şeker içeriklerinin yükseltildiği bildirilmiştir [27, 34]. Bununla ilgili olarak, Kore'de üretilen ticari sirkeler üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, bazı üzüm sirkelerine %9.9 oranında sükröz eklendiği, balzamik sirkeye ise sıvı früktoz ile beraber yaklaşık %23-25 arasında çeşitli üzüm konsantrelerinin eklendiği belirtilmiştir [27]. Bu çalışmada, Kardinal üzümü ve mürdüm eriği sirkeleri için belirlenen Brix değerleri (sırasıyla 3.70 ve 2.50°Brix) gerçekten de ticari üzüm ve ticari organik erik sirkelerinde tespit edilen Brix değerlerinden (sırasıyla 5.91-38.67 ve 5.00°Brix) oldukça düşük bulunmuştur [23, 27]. Sirkedeki çözünür katılar; glikoz, früktoz ve sükröz gibi serbest şekerler, organik asitler ve serbest amino asitlerden oluşmaktadır [27]. Sirke üretiminde kullanılan meyve türüne bağlı olarak sirkelerde farklı seviyelerde serbest şeker içeriklerinin bulunduğu bildirilmiştir [14]. Ancak, sirkelerdeki toplam çözünür kuru madde içeriklerinin serbest şeker içeriği ile istatistiksel olarak anlamlı korelasyon göstermediği ve bunun organik asitler ve serbest amino asitler gibi bileşenlerin varlığından kaynaklandığı bildirilmiştir [27]. Dolayısıyla, sirke örneklerinin Brix değerleri arasında gözlemlenen farklılıkların üretimde kullanılan meyvenin bileşiminden, fermantasyonun etkinliğinden, fermantasyon sırasında oluşan bileşenlerden ve dolayısıyla suda çözünen kuru madde miktarındaki değişimden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 2. Sirke örneklerinin toplam çözünür kuru madde içerikleri (°Brix). KW: kivi sirkesi, KR: Napolyon kirazı sirkesi, KU: Kardinal üzümü sirkesi, SF: şeftali sirkesi, ER: mürdüm eriği sirkesi
Figure 2. Total soluble solid contents of vinegar samples (°Brix). KW: kiwi vinegar, KR: Napoleon cherry vinegar, KU: Cardinal grape vinegar, SF: peach vinegar, ER: damson plum vinegar

Renk Değerleri

Tüketici tercihi bakımından sirke için en önemli faktörlerden biri rengidir ve bu nedenle tüketicilerin ilgisini çekici renkte sirke üretmek çok önemlidir [15]. Bu çalışmadaki sirke örneklerinin renk karakteristikleri Tablo 2'de belirtilmiştir. Sonuçlar a* değerlerinin KW ve ER sirkelerinde sırasıyla -2.82 ve -1.49 olduğunu gösterirken, KR, SF ve KU sirkelerinde ise a* değerleri sırasıyla +17.60, +2.39 ve +0.60 olarak bulunmuştur. Sirke örneklerinin renkleri arasındaki farklılıklar Şekil

1'den de görülmektedir. En yüksek kırmızılık değeri Napolyon kirazından üretilen sirkede belirlenmiş olup en yüksek yeşillik değeri ise kividenden üretilen sirkede tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Bu çalışmada Kardinal üzümü sirkesi için belirlenen pozitif a* değerinin aksine, Sengun ve ark. [23] ticari organik üzüm sirkesinin a* değerini negatif olarak belirlemişlerdir. Gözlemlenen bu farklılık muhtemelen sirke üretiminde kullanılan üzüm türünün değişiminden kaynaklanmaktadır. Diğer taraftan her iki çalışmada da erik sirkelerinin a* değerleri negatif olarak tespit edilmiştir.

Tablo 2. Sirke örneklerin renk değerleri (L*, a*, b*)
 Table 2. Color values of vinegar samples (L*, a*, b*)

Örnekler ^a	L*	a*	b*
KW	53.75±1.57 ^a	-2.82±0.06 ^e	14.23±0.39 ^c
KR	35.45±1.08 ^c	17.60±0.26 ^a	26.60±0.36 ^a
KU	52.18±0.38 ^a	0.60±0.13 ^c	13.19±0.40 ^d
SF	41.39±2.04 ^b	2.39±0.39 ^b	20.37±0.34 ^b
ER	52.40±0.86 ^a	-1.49±0.02 ^d	14.01±0.13 ^{cd}

^a KW: kiwi sirkesi, KR: Napolyon kirazı sirkesi, KU: Kardinal üzümü sirkesi, SF: şeftali sirkesi, ER: mürdüm eriği sirkesi.; Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir.; Önemli farklılıklar Tukey testi ile p<0.05 güven aralığında belirlenmiştir.; Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır.

^a KW: kiwi vinegar, KR: Napoleon cherry vinegar, KU: Cardinal grape vinegar, SF: peach vinegar, ER: damson plum vinegar.; Values are expressed as mean ± standard deviation.; Significant differences are determined by Tukey's test at p<0.05 confidence level.; The difference between the means indicated by different letters in the same column is statistically significant.

Tüm sirke örneklerin sarı rengi ifade eden pozitif b* değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Örneklerin b* değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş olup, en yüksek sarılık değeri KR örneğinde belirlenirken, en düşük sarılık değeri ise KU örneğinde bulunmuştur (p<0.05). Sirke örneklerin parlaklık değeri olan L* değerlerinin ise 35.45 ve 53.75 arasında olduğu tespit edilmiştir. En yüksek L* değeri 53.75, 52.40 ve 52.18 olarak sırasıyla KW, ER ve KU örneklerinde belirlenmiştir (p<0.05). Bununla birlikte, en düşük parlaklık değeri ise KR örneğinde gözlemlenmiştir (p<0.05). En yüksek b* değerine sahip KR örneğinin en düşük L* değerine sahip olmasının fenolik içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü Cruz ve ark. [35] yüksek fenolik içerikli sirkelerin daha düşük parlaklık eğiliminde olduğunu, ancak daha yüksek kırmızılık değerlerine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmanın bulguları, üretimde farklı hammaddelerin kullanılmasının sirkelerin renk karakteristiklerinde önemli farklılıklara neden olduğunu göstermektedir.

Duyusal Değerlendirme

Sirke örneklerinin duyusal analiz skorları Tablo 3'te gösterilmiştir. Örneklerin aromatik yoğunluk skorları 4.18 ve 6.36 arasında belirlenmiştir. KU örneğinin en yoğun aromaya sahip olduğu tespit edilmiş olup bunu ER örneği takip etmiştir (p<0.05). Aromatik zenginlik açısından ise SF örneğinin en yüksek skoru (6.18) aldığı gözlemlenirken, en düşük skoru (4.82) ise KR örneği almıştır. Bu çalışmada, KR örneği dışındaki sirke örneklerinin hepsinin aroma skorları geleneksel yöntemle üretilen mazafati İnan hurması sirkesinin (5.25) [18] ve *Vaccinium arctostaphylos* L. ve *Vaccinium uliginosum* L. türlerinin kullandığı yaban mersini sirkelerinin (4.25-5.40) [24] aroma skorlarından daha yüksek bulunmuştur. Etil asetatın sirke üretimindeki ilk fermantasyon olan alkol fermantasyonu sırasında yüksek oranda meydana geldiği önceki çalışmalarda bildirilmiştir [29, 36]. Örneklerin etil asetat kokusu bakımından değerlendirme skorları 3.18 ve 4.64 arasında belirlenmiş olup en yüksek etil asetat kokusu ER örneğinde ve bu özellik bakımından en düşük skor SF örneğinde saptanmıştır (p<0.05). Geleneksel olarak üretilen sirkelerde en çok bulunan uçucu bileşenler arasında etil asetatın yer aldığı bildirilmiştir [26]. Bu çalışmada incelenen sirkelerde belirlenen etil asetat kokusunun narenciye sirkelerinde belirlenenden daha düşük olduğu belirlenmiştir [37]. Bu farklılığın, narenciye

sirkelerinin üretiminde *Saccharomyces cerevisiae* ve *Lactobacillus plantarum* kültürlerinin kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sirke örneklerinin keskinlik hissi skorları 4.55 ve 8.18 arasında belirlenmiştir. En yüksek keskinlik hissi toplam asitlik değerinin de en yüksek olduğu KU örneğinde belirlenirken, en düşük keskinlik hissi toplam asitlik değerinin en düşük olduğu KR örneğinde tespit edilmiştir (p<0.05). Örneklerin keskinlik hissi, toplam asitlik değerleri tutarlılık göstermiştir. Bu çalışmanın bulguları ile benzer şekilde, Turhan ve Canbaş [29] Dimrit üzümü sirkesinin ve Kang ve ark. [27] ticari üzüm sirkelerinin keskinlik hissini duyusal olarak oldukça yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Sirke üretiminde alkol fermantasyonunu takiben asetik asit fermantasyonu gerçekleşmektedir. Alkol fermantasyonu ile fermente olabilir şekerlerden meydana gelen alkolün, asetik asit fermantasyonunda asetik aside oksitlenmesiyle sirke meydana gelmektedir [1]. Dolayısıyla asetik asit fermantasyonunun etkinliğine bağlı olarak üretilen sirkelerde alkol kalıntıları olabilmektedir ve bu durum sirkelere şarap karakteri vermektedir [28]. Sirke örnekleri şarap karakteri bakımından incelendiğinde, duyusal değerlendirme skorları 3.75 ve 4.78 arasında bulunmuştur. En yüksek şarap karakteri ER örneğinde belirlenirken, KU örneği bu özellik bakımından en düşük skoru göstermiştir (p<0.05). Sirke örnekleri arasında görülen bu istatistiksel farklılıkların üretimde kullanılan meyve ve fermantasyonun etkinliğine bağlı olarak meydana geldiği düşünülmektedir. Bu çalışmada sirke örneklerin şarap karakteri skorları, Turhan ve Canbaş [29] tarafından batık ve yüzey fermantasyon yöntemleri ile üretilen Dimrit üzümü sirkelerinde belirlenen şarap karakteri skorlarından daha düşük bulunurken, *Saccharomyces cerevisiae* kültürü kullanılarak üretilen narenciye sirkelerinin skorlarına yakın bulunmuştur [37]. Sirkeler arasındaki bu farklılıkların asetik asit fermantasyonundaki farklılardan kaynaklandığı düşünülmektedir. En yüksek meyve kokusu ve tadı 6.64 skoru ile SF örneğinde belirlenirken, bu duyusal parametre açısından en düşük skor 4.82 ile KU örneğinde tespit edilmiştir (p<0.05). Sirke örneklerinin maya kokusu ve tadı değerlendirildiğinde ise genellikle düşük skorlar elde edilmiş olup KR örneğinde en yüksek maya kokusu ve tadı skoru (4.71) tespit edilmiştir (p<0.05). Bu farklılığın, KR sirkesinin üretiminde kullanılan meyvenin maya yükünün farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 3. Sirke örneklerinin duyuşsal özellikleri
 Table 3. Sensory attributes of vinegar samples

Duyuşsal karakteristikler	Örnekler ^a				
	KW	KR	KU	SF	ER
Genel izlenim	6.46±0.01 ^a	5.28±0.02 ^d	6.10±0.01 ^c	6.35±0.01 ^b	6.36±0.03 ^b
Aromatik yoğunluk	5.74±0.01 ^c	4.18±0.03 ^e	6.36±0.06 ^a	5.55±0.05 ^d	6.18±0.05 ^b
Aromada zenginlik	5.27±0.07 ^{bc}	4.82±0.02 ^c	5.64±0.05 ^{ab}	6.18±0.02 ^a	5.36±0.62 ^{ab}
Etil asetat kokusu	3.81±0.04 ^b	3.63±0.02 ^c	3.82±0.03 ^b	3.18±0.09 ^d	4.64±0.04 ^a
Keskinlik hissi	7.27±0.03 ^b	4.55±0.03 ^e	8.18±0.10 ^a	6.09±0.02 ^d	6.27±0.08 ^c
Şarap karakteri	4.42±0.11 ^b	4.23±0.03 ^{bc}	3.75±0.02 ^d	4.13±0.03 ^c	4.78±0.10 ^a
Meyve kokusu ve tadı	5.73±0.03 ^b	5.35±0.05 ^c	4.82±0.03 ^e	6.64±0.03 ^a	5.00±0.08 ^d
Maya kokusu ve tadı	3.25±0.04 ^d	4.71±0.10 ^a	3.73±0.05 ^b	3.82±0.03 ^b	3.46±0.03 ^c
Acılık	3.05±0.09 ^a	2.34±0.03 ^c	2.65±0.05 ^b	2.45±0.05 ^c	2.32±0.07 ^c
Tatlılık	4.27±0.03 ^a	3.15±0.09 ^c	3.27±0.03 ^c	4.57±0.21 ^a	3.90±0.10 ^b
Ekşilik	7.44±0.03 ^b	5.73±0.03 ^e	8.44±0.03 ^a	6.35±0.05 ^d	7.03±0.06 ^c
Akışkanlık	8.27±0.08 ^a	8.36±0.06 ^a	8.17±0.08 ^a	8.10±0.05 ^a	8.07±0.21 ^a

^a KW: kivi sirkesi, KR: Napolyon kirazı sirkesi, KU: Kardinal üzümü sirkesi, SF: şeftali sirkesi, ER: mürdüm eriği sirkesi.; Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir.;Önemli farklılıklar Tukey testi ile p<0.05 güven aralığında belirlenmiştir.; Aynı satırdaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır.; 9 puanlı bir skala kullanılmıştır (1: çok düşük, 9: çok yüksek)

^a KW: kivi vinegar, KR: Napoleon cherry vinegar, KU: Cardinal grape vinegar, SF: peach vinegar, ER: damson plum vinegar.; Values are expressed as mean ± standard deviation.; Significant differences are determined by Tukey's test at p<0.05 confidence level.; The difference between the means indicated by different letters in the same row is statistically significant.; A 9-point scale was used (1: extremely low, 9: extremely high)

Sirke örneklerinin acılık skorları 2.32 ve 3.05 arasında belirlenmiştir. En yüksek acılık hissi KW örneğinde saptanmıştır ve bunu KU örneği takip etmiştir. Sirkede genellikle ekşi tadın baskın olduğu ve bunu farklı tat bileşenleri arasındaki etkileşim ve dengenin bir sonucu olarak meydana gelebilen tatlı, hafif tuzlu ve acı tadın takip ettiği bildirilmiştir [37]. Bu çalışmada elde edilen acılık skorları, Chen ve ark. [37] tarafından narenciye meyvelerinden elde edilen sirkelerde belirlenen acılık skorlarından (1.00) daha yüksek bulunmuştur. Bahsi geçen çalışmadaki araştırmacılar sirkelerin acılık hissine fermantasyon sırasında meydana gelen acılık veren serbest amino asitlerin neden olduğunu bildirmişlerdir. Örneklerin ekşilik skorlarının 5.73 ve 8.44 arasında olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek ekşilik skoru keskinlik hissini de en yüksek olduğu KU örneğinde belirlenmiştir (p<0.05) ve bunu KW örneği takip etmiştir. Ekşilik skorları bakımından örnekler arasındaki farklılıkların içerdikleri asetik asit gibi organik asitlerin konsantrasyonlarındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim, örneklerin içerdikleri asetik asit miktarı ile ekşilik skorları arasında pozitif bir ilişki gözlemlenmiştir. Genel olarak keskinlik ve ekşilik skorları benzer bir trend izlemiştir. Bazı meyve sirkeleri tatlılık özelliği ile de karakterize edilmektedir [1]. En yüksek tatlılık hissi 4.57 ve 4.27 skorları ile sırasıyla SF ve KW örneklerinde saptanmıştır (p<0.05). Diğer taraftan en düşük tatlılık hissi ise 3.27 ve 3.15 skorları ile sırasıyla KU ve KR örneklerinde tespit edilmiştir (p<0.05). Chen ve ark. [37] sıvı hal fermantasyonu ile narenciye meyvelerinden üretilen sirkelerin tatlılık skorlarını 3.00 ve 4.00 arasında belirlemiştirlerdir. Bu sonuçlar bu çalışmadan elde edilen tatlılık skorlarına yakınlık göstermektedir. İlgili araştırmacılar sirkelerdeki tatlılık hissine fermantasyon sırasında meydana gelen tatlı serbest amino asitlerin de katkıda bulunduğu bildirmişlerdir.

Sirke örneklerinin akışkanlık skorları ise 8.07 ve 8.36 arasında bulunmuş olup bu parametre açısından

örnekler arasında istatistiksel bir farklılık gözlemlenmemiştir (p>0.05). Genel izlenim açısından ele alındığında, en çok beğenilen sirke KW örneği olup (p<0.05) bunu ER ve SF örnekleri takip etmiştir. Ancak, en az genel izlenim skoru ise KR örneğinde tespit edilmiştir (p<0.05). KW örneğinin parlaklık değerinin de en yüksek olmasının genel izlenim puanını etkilediği düşünülmektedir. Aslında üzüm sirkesi ülkemizde en çok kullanılan ve alışılmış bir tat olan sirke çeşidi olduğu için [38] Kardinal üzümü sirkelerinin kivi, mürdüm eriği ve şeftali sirkelerine kıyasla daha düşük genel izlenim puanına sahip olması şaşırtıcı olmuştur. Dolayısıyla, üzüm sirkesine alternatif olarak kivi, mürdüm eriği ve şeftali sirkeleri de market raflarında yer alabilir. Bu çalışmada Kardinal üzümü, kivi, mürdüm eriği ve şeftali sirkeleri için elde edilen genel izlenim skorları *Vaccinium arctostaphylos* L. ve *Vaccinium uliginosum* L. türlerinin kullandığı geleneksel metotla üretilen yabancı mersini sirkelerinin genel izlenim skorlarından (4.14-5.19) daha yüksek bulunurken [24], gene geleneksel yöntemle üretilen mazafati İnan hurması sirkesinin genel izlenim skoruna (6.45) yakın bulunmuştur [18]. Ayrıca, diğer bir çalışmada, yüzey kültürü metodu ile üretilen Dimrit üzümü sirkelerinin derin kültür metodu ile üretilenlere kıyasla daha yüksek genel izlenim puanına sahip olduğu bildirilmiştir [29]. Bununla ilgili olarak araştırmacılar, geleneksel metotlar arasında yer alan yüzey kültür metodunun derin kültür metoduna kıyasla daha uzun fermantasyon süresine sahip olmasından dolayı sirkenin aromatik ve duyuşsal kalitesinin daha iyi olduğunu ileri sürmüşlerdir. Yüzey kültür yöntemi ile üretilen Dimrit üzümü sirkelerinin genel izlenim skorunun (-8.00) bu çalışmadan elde edilen genel izlenim skorlarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durumun fermantasyon için kullanılan substratın farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada kivi, şeftali, mürdüm eriği, Napolyon kirazı ve Kardinal üzümü kullanılarak geleneksel yöntemlerle

üretilen sirkelerin fizikokimyasal özellikleri ve duyuşal özellikleri araştırılmıştır. Fizikokimyasal özellikleri bakımından örneklerin pH değerleri, asetik asit cinsinden toplam asitlikleri, toplam çözünür kuru madde içerikleri ve renk karakteristikleri incelenmiştir. Sirke örneklerin toplam asitlik değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiş olup en yüksek toplam asitlik %3.23 değeri ile Kardinal üzümü sirkesinde belirlenmiştir. Bununla birlikte, en yüksek pH değeri (3.63) ise şeftali sirkesinde tespit edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan geleneksel yöntemle elde edilen sirke örneklerinin asetik içeriği endüstriyel olarak üretilen sirkelerden daha düşük bulunmuştur. Ayrıca, elde edilen sirkeler, endüstriyel sirkelere kıyasla daha ekşi-tatlı karakteristikte bir tat sergilemiştir. Sirke üretiminde kullanılan meyve türüne bağlı olarak örneklerin toplam çözünür kuru madde içeriklerinde de farklılıklar gözlemlenmiştir. En yüksek Brix değeri Kardinal üzümü ve şeftali sirkelerinde gözlemlenirken, en düşük Brix değeri ise erik sirkesinde saptanmıştır. Sırasıyla 53.75, 52.40 ve 52.18 L* değerleri ile kivi, mürdüm eriği ve Kardinal üzümü sirkelerinin en parlak örnekler olduğu belirlenmiştir. Sarılık bakımından ise en yüksek b* değerini Napolyon kirazı sirkesi göstermiştir. Ayrıca, Napolyon kirazı sirkesinin kırmızılık bakımından da en yüksek değeri aldığı gözlemlenmiştir. Duyusal değerlendirmeler sonucunda en yüksek genel izlenim skorunu kivi sirkesi almış olup bunu mürdüm eriği ve şeftali sirkeleri takip etmiştir. Dolayısıyla mürdüm eriği, kivi ve şeftali meyveleri ekşi-tatlı karakteristikte sirke üretimi için yeni bir alternatif kaynak olabilir. Ayrıca, daha geniş bir tüketici kitlesine hitap etmek amacıyla daha sonraki çalışmalarda fonksiyonel özellikleri de ortaya konularak bu sirkelerin sulandırılarak içilebilir versiyonları denenebilir. Bu çalışmada kullanılan geleneksel metotta, fermantasyonun doğal olarak gerçekleşmesi sonucunda sirke üretiminde rol alan fermantasyonların kontrollerinin sınırlı olması ve ayrıca bu metodu endüstriyel olarak sirke üretiminde genellikle kullanılan derin kültür metoduna göre uzun zaman alması dezavantaj olarak göz önünde bulundurulabilir. Bu çalışmanın bulguları, farklı hammaddeler göz önünde bulundurularak yeni sirke çeşitlerinin üretimi ile ilgili gerçekleştirilecek olan sonraki çalışmalara ışık tutacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmadaki bazı analizlerin gerçekleştirilmesine yardımcı olan Dr. Edibe Rabia ÖZKAN'a ve sirke üretiminde yardımlarını esirgemeyen Nigar ÖZTÜRK'e teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

- [1] Bhat, S.V., Akhtar, R., Amin, T. (2014). An overview on the biological production of vinegar. *International Journal of Fermented Foods*, 3(2), 139-155.
- [2] Alimentarius, C. (2000). Proposed draft revised regional standard for vinegar. Codex Alimentarius Commission, Joint FAO/WHO Food Standards Programme, June 2000, Rome, Italy.

- [3] Lynch, K.M., Zannini, E., Wilkinson, S., Daenen, L., Arendt, E.K. (2019). Physiology of acetic acid bacteria and their role in vinegar and fermented beverages. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(3), 587-625.
- [4] Wu, L.H., Lu, Z.M., Zhang, X.J., Wang, Z.M., Yu, Y.J., Shi, J.S., Xu, Z.H. (2017). Metagenomics reveals flavour metabolic network of cereal vinegar microbiota. *Food Microbiology*, 62, 23-31.
- [5] Yun, J., Zhao, F., Zhang, W., Yan, H., Zhao, F., Ai, D. (2019). Monitoring the microbial community succession and diversity of Liangzhou fumigated vinegar during solid-state fermentation with next-generation sequencing. *Annals of Microbiology*, 69(3), 279-289.
- [6] Bamforth, C.W. (2005). Vinegar. In: Food, Fermentation and Micro-organisms, Edited by C.W. Bamforth, Blackwell Science, Kundli, India, 154-159.
- [7] Morales, L.M., González, G.A., Casas, J.A., Troncoso, A.M. (2001). Multivariate analysis of commercial and laboratory produced Sherry wine vinegars: influence of acetification and aging. *European Food Research and Technology*, 212(6), 676-682.
- [8] Jo, Y., Baek, J.Y., Jeong, I.Y., Jeong, Y.J., Yeo, S.H., Noh, B.S., Kwon, J.H. (2015). Physicochemical properties and volatile components of wine vinegars with high acidity based on fermentation stage and initial alcohol concentration. *Food Science and Biotechnology*, 24(2), 445-452.
- [9] Tesfaye, W., Morales, M.L., García-Parrilla, M.C., Troncoso, A.M. (2002). Wine vinegar: technology, authenticity and quality evaluation. *Trends in Food Science & Technology*, 13(1), 12-21.
- [10] Al-Dalali, S., Zheng, F., Li, H., Huang, M., Chen, F. (2019). Characterization of volatile compounds in three commercial Chinese vinegars by SPME-GC-MS and GC-O. *LWT-Food Science and Technology*, 112, 108264.
- [11] Bayram, Y., Özkan, K., Sagdıç, O. (2020). Bioactivity, physicochemical and antimicrobial properties of vinegar made from persimmon (*Diospyros kaki*) peels. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 38(3), 1643-1652.
- [12] Vegas, C., Mateo, E., González, A., Jara, C., Guillamón, J.S., Poblet, M., Torija, M.J., Mas, A. (2010). Population dynamics of acetic acid bacteria during traditional wine vinegar production. *International Journal of Food Microbiology*. 138(1-2), 130-136.
- [13] Chen, H., Chen, T., Giudici, P., Chen, F. (2016). Vinegar functions on health: constituents, sources, and formation mechanisms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(6), 1124-1138.
- [14] Ho, C.W., Lazim, A.M., Fazry, S., Zaki, U.K.H.H., Lim, S.J. (2017). Varieties, production, composition and health benefits of vinegars: a review. *Food Chemistry*, 221, 1621-1630.
- [15] Arvaniti, O.S., Mitsonis, P., Siorokos, I., Dermishaj, E., Samaras, Y. (2019). The physicochemical

- properties and antioxidant capacities of commercial and homemade Greek vinegars. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 18(3), 225-234.
- [16] Dai, J., Mumper, R.J. (2010). Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), 7313-7352.
- [17] Leeman, M., Östman, E., Björck, I. (2005). Vinegar dressing and cold storage of potatoes lowers postprandial glycaemic and insulinaemic responses in healthy subjects. *European Journal of Clinical Nutrition*, 59(11), 1266-1271.
- [18] Akarca, G., Tomar, O., Çağlar, A., İstek, Ö. (2020). Physicochemical and sensory quality properties of vinegar produced by traditional method from Persian mazafati date (*Phoenix dactylifera* L.). *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 19, 429-434.
- [19] Cho, K.M., Hwang, C.E., Joo, O.S. (2017). Change of physicochemical properties, phytochemical contents and biological activities during the vinegar fermentation of *Elaeagnus multiflora* fruit. *Korean Journal of Food Preservation*, 24(1), 125-133
- [20] Hafzan, Y., Saw, J.W., Fadzilah, I. (2017). Physicochemical properties, total phenolic content, and antioxidant capacity of homemade and commercial date (*Phoenix dactylifera* L.) vinegar. *International Food Research Journal*, 24(6), 2557-2562.
- [21] Kawa-Rygielska, J., Adamenko, K., Kucharska, A.Z., Piórecki, N. (2018). Bioactive compounds in Cornelian cherry vinegars. *Molecules*, 23(379), 1-16.
- [22] Selvanathan, Y., Masngut, N. (2020). Physicochemical properties, antioxidant activities, and sensory evaluation of pineapple peel biovinegar. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 991(1), 1-11.
- [23] Sengun, I.Y., Kilic, G., Ozturk, B. (2020). Screening physicochemical, microbiological and bioactive properties of fruit vinegars produced from various raw materials. *Food Science and Biotechnology*, 29(3), 401-408.
- [24] Tomar, O., Akarca, G., İstek, Ö. (2020). Farklı yaban mersini türlerinden geleneksel yöntemle üretilen sirkenin bazı kalite özellikleri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(4), 2595-2603.
- [25] Greco, E., Cervellati, R., Litterio, M.L. (2013). Antioxidant capacity and total reducing power of balsamic and traditional balsamic vinegar from Modena and Reggio Emilia by conventional chemical assays. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(1), 114-120.
- [26] Ozturk, I., Caliskan, O., Tornuk, F., Ozcan, N., Yalcin, H., Baslar, M., Sagdic, O. (2015). Antioxidant, antimicrobial, mineral, volatile, physicochemical and microbiological characteristics of traditional home-made Turkish vinegars. *LWT-Food Science and Technology*, 63(1), 144-151.
- [27] Kang, M., Ha, J.H., Lee, Y. (2020). Physicochemical properties, antioxidant activities and sensory characteristics of commercial gape vinegars during long-term storage. *Food Science and Technology (Campinas)*, 40(4), 909-916.
- [28] Gómez, M.L.M., Bellido, B.B., Tesfaye, W., Fernandez, R.M.C., Valencia, D., Fernandez-Pachón, M.S., García-Parrilla, M.C., González, A.M.T. (2006). Sensory evaluation of sherry vinegar: traditional compared to accelerated aging with oak chips. *Journal of Food Science*, 71(3), S238-S242.
- [29] Turhan, E.Ü., Canbaş, A. (2016). Chemical and sensory properties of vinegar from Dimrit grape by submerged and surface method. *Gıda/The Journal of Food*, 41(1), 1-7.
- [30] Kim, S.H., Cho, H.K., Shin, H.S. (2012). Physicochemical properties and antioxidant activities of commercial vinegar drinks in Korea. *Food Science and Biotechnology*, 21(6), 1729-1734.
- [31] Štornik, A., Skok, B., Trček, J. (2016). Comparison of cultivable acetic acid bacterial microbiota in organic and conventional apple cider vinegar. *Food Technology and Biotechnology*, 54(1), 113-119.
- [32] Anonim (2004). TSE Sirke – Tarım Kökenli Sivildardan Elde Edilen Ürün TS 1880 EN 13188 - Tadil ICS: 01.040.67;67.220.20, Türk Standartları Enstitüsü Necatibey Cad. 112, Ankara.
- [33] Reijenga, J., van Hoof, A., van Loon, A., Teunissen, B. (2013). Development of methods for the determination of pKa values. *Analytical Chemistry Insights*, 8, 53-71.
- [34] Yang, H.S., Rho, J.O. (2012). The physicochemical characteristic and descriptive sensory evaluation of the blackberry fruit beverage. *Korean Journal of Human Ecology*, 21(2), 363-375.
- [35] Cruz, M., Correia, A.C., Gonçalves, F., Jordão, A. (2018). Phenolic composition and total antioxidant capacity analysis of red wine vinegars commercialized in Portuguese market. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 33(2), 102-115.
- [36] Marrufo-Curtido, A., Cejudo-Bastante, M., Durán-Guerrero, E., Castro-Mejías, R., Natera-Marín, R., Chinnici, F., García-Barroso, C. (2012). Characterization and differentiation of high quality vinegars by stir bar sorptive extraction coupled to gas chromatography-mass spectrometry (SBSE-GC-MS). *LWT-Food Science and Technology*, 47(2), 332-341.
- [37] Chen, Y., Huang, Y., Bai, Y., Fu, C., Zhou, M., Gao, B., Wang, C., Li, D., Hu, Y., Xu, N. (2017). Effects of mixed cultures of *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus plantarum* in alcoholic fermentation on the physicochemical and sensory properties of citrus vinegar. *LWT-Food Science and Technology*, 84, 753-763.
- [38] Altunbağ, E., Zencir, E. (2018). Türk ve Akdeniz yemeklerinde sirke kullanımı (Use of vinegar in Turkish and Mediterranean food). *Journal of Gastronomy, Hospitality, and Travel (JOGHAT)*, 1(2), 45-54.