

Araştırma Makalesi

Sıfır Atık Yaklaşımıyla Çilek Sirkesi Üretimi ve Ürün Değerlendirmesi

Ayşe Burcu Atalay^{1,*} , Baver Çalışcı² 

Gönderim: 21.02.2025

Kabul: 27.11.2025

¹Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye; ayseburcu.atalay@istiklal.edu.tr

²Otel, Lokanta ve İkram Hizmetleri Bölümü, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye; canbagerbaver21@gmail.com

*Sorumlu yazar

Özet: Çilek (*Fragaria* sp.), dünya genelinde yaygın tüketilen bir meyvedir; ancak işleme sırasında ortaya çıkan sap ve meyve eti parçaları, besin öğelerince zengin olmasına rağmen çoğunlukla atık olarak değerlendirilmemektedir. Bu çalışmada, çilek atıklarının sirke üretiminde kullanım potansiyeli araştırılmıştır. Doğal fermantasyon yöntemiyle üretilen çilek sirkeleri, fizikokimyasal ve duyuşal açıdan değerlendirilmiştir. Elde edilen ürünlerde pH ($3,61 \pm 0,02$), toplam asitlik ($14,11 \pm 0,21$ g L⁻¹), kuru madde ($2,49 \pm 0,03$ %), kül ($0,08 \pm 0,03$ %), özgül ağırlık ($1,007 \pm 0,002$ g cm⁻³) ve briks ($2,87 \pm 0,06$ °Briks) değerleri belirlenmiştir. Renk analizinde L*, a* ve b* değerleri sırasıyla $35,50 \pm 0,50$; $4,47 \pm 0,17$ ve $22,93 \pm 0,25$ olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, serbest mineral asit varlığına rastlanmamıştır. Duyusal analiz sonuçları, panelistler tarafından ürünün görünüş (4,33), aroma (5,00), koku (4,67), renk (5,00) ve genel kabul edilebilirlik (5,00) kriterleri üzerinden olumlu şekilde değerlendirilmiştir. Bulgular, çilek atıklarının sirke üretiminde kullanılmasının hem Türk Gıda Mevzuatına uygun özellikler sağladığını hem de gıda atıklarının değerlendirilmesi açısından sürdürülebilir bir yaklaşım sunduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: çilek atığı; duyuşal analiz; kalite özellikleri; sirke; sürdürülebilir gıda üretimi

Research Article

Production of Strawberry Vinegar with a Zero-Waste Approach and Product Evaluation

Abstract: Strawberry (*Fragaria* sp.) is among the most widely consumed fruits worldwide; however, stems and portions of the fruit flesh generated during processing are often discarded as waste despite their nutritional richness. This study aimed to investigate the potential use of strawberry waste in vinegar production through natural fermentation. The produced vinegars were evaluated in terms of physicochemical and sensory properties. The results showed pH (3.61 ± 0.02), total acidity (14.11 ± 0.21 g L⁻¹), dry matter ($2.49 \pm 0.03\%$), ash ($0.08 \pm 0.03\%$), specific gravity (1.007 ± 0.002 g cm⁻³), and °Brix (2.87 ± 0.06). Color parameters were determined as L* 35.50 ± 0.50 , a* 4.47 ± 0.17 , and b* 22.93 ± 0.25 , while no free mineral acid was detected. Sensory evaluation indicated high acceptability, with scores for appearance (4.33), aroma (5.00), odor (4.67), color (5.00), and overall acceptability (5.00). These findings demonstrate that strawberry waste can be effectively utilized in vinegar production, providing products that comply with Turkish Food Legislation while contributing to sustainable food practices by reducing fruit waste.

Keywords: processing strawberry waste; quality characteristics; sensory analysis; sustainable food production; vinegar

1. Giriş

Çilek atıklarından çilek sirkesi üretimi, çileklerin karakteristik bileşiklerini koruyan bir fermentasyon sürecini içermektedir [1]. Fermentasyon süreci, elde edilen sirkenin bileşimini önemli ölçüde etkilemekte ve onu sektöre yeni bir katkı haline getirmektedir [2]. Ek olarak, çilek sirkelerinin aromatik profilleri farklı üretim koşullarına göre değişebilmektedir ve lezzet geliştirme için süreç optimizasyonunun önemi büyüktür [3]. Üretilen çilek sirkelerinin değerlendirilmesi, sirkelerin duyuusal yönlerini değerlendirmek için kullanılan tüketici beğenisi çalışmalarını içermektedir [4]. Bu çalışmalar, tüketici tercihlerini anlamaya ve ürün geliştirmeye rehberlik etmeye yardımcı olmaktadır. Ayrıca, çilek atıkları ile birlikte ikinci kalite çileklerin sirke üretimi için kullanılması, antosiyaninler gibi temel lezzet bileşikleri açısından zengin sirkelerle sonuçlanabilmektedir [5]. Çilek sirkesi üretimi gıda israfını azaltmaya yardımcı olduğu gibi aynı zamanda geleneksel fermentasyon yöntemleri yoluyla meyvelere değer katmaktadır [6]. Çilek atığının kullanılmasıyla, ekonomi ve atık azaltma ilkeleriyle uyumlu, sürdürülebilir ve çevre dostu bir yaklaşım benimsenmektedir [7]. Böylece, çilek işleme endüstrisi sırasında ortaya çıkan yan ürünler, sirke üretimi için yeniden kullanılarak, atık en aza indirilmiş ve kaynak verimliliğine katkıda bulunmuş olmaktadır [8]. Son yıllarda yapılan literatür araştırmaları da bu katkıları göstermektedir (Tablo 1.). Ananas atıklarından asetik fermentasyona tabi tutularak elde edilen sirke %4.6 asetik asit içeriğine ulaşabilmektedir [9]. Metabolit profili açısından, ananas atıklarından elde edilen sirkenin içerisinde galik asit, l-lizin gibi sağlık açısından faydalı bileşenlerin daha yoğun olduğu ve hoş bir aroma profiline sahip olduğu bulunmuştur [10]. Portakal, domates ve şeker kamışı gibi atıklardan da başarılı şekilde sirke üretilmiş, ve bu sirkelerin mikrobiyal (özellikle antibakteriyel ve antifungal) aktivite gösterdiği tespit edilmiştir [11]. Sirke kalitesi, kullanılan atık kısmına (kabuk, posa, çekirdek) göre değişmektedir. Örneğin, ananas kabuğundan elde edilen sirke en yüksek asetik asit içeriğine ve en düşük pH değerine sahip olmuş, ayrıca duyuusal testlerde en yüksek beğeni puanlarını almıştır [12]. Farklı *Acetobacter* türlerinin karşılaştırılması, hem laboratuvarında izole edilen hem de referans suşlarla yapılan çalışmalarda ananas atıklarından kaliteli sirke üretilebildiğini ortaya koymuştur. Asetik asit içeriği %6'ya kadar ulaşabilmektedir [13]. Literatür taramaları ve derlemeler, özellikle papaya ve ananas kabuklarının sirke üretiminde etkin şekilde kullanılabileceğini ve bu yaklaşımın hem ekonomik hem çevresel fayda sağlayacağını vurgulamaktadır [14]. Meyve ve gıda atıklarından sirke üretimi, atıkların geri dönüşümünü sağlarken aynı zamanda sağlık açısından fonksiyonel gıda ürünleri elde etmeyi mümkün kılmaktadır. Özellikle ananas gibi şeker oranı yüksek meyvelerin atıkları, hem verimli fermentasyon süreçleri hem de tüketiciye hitap eden ürün kalitesi açısından öne çıkmaktadır.

Tablo 1. Meyve Atıklarından Sirke Üretimi Üzerine Literatür Özeti

Yazar	Başlık	Konu	Yöntem	Özgün Katkı
[9]	Production of vinegar from pineapple peels using <i>Acetobacter</i> species isolated from soil sample and its antibacterial activity	Ananas kabuklarından sirke üretimi ve antibakteriyel etkisi	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ile alkol fermentasyonu, ardından <i>Acetobacter</i> spp. ile asetik fermentasyon	Ananas atıklarının değerli bir ürüne dönüştürülebileceğini ve elde edilen sirkenin güçlü antibakteriyel aktivite gösterdiğini göstermiştir.
[10]	Metabolite profiling and volatiles of pineapple wine and vinegar obtained from pineapple waste	Ananas atıklarından üretilen sirkenin metabolit profili	GC-MS ve UHPLC-QTOF-MS ile kimyasal analizler; iki aşamalı fermentasyon	Ananas atıklarından elde edilen sirkenin aromatik profili detaylı olarak analiz edilmiş ve bazı faydalı bileşenlerin arttığı belirlenmiştir.

[11]	Production of vinegar from waste fruits using Acetobacter species	Farklı meyve atıklarından sirke üretimi	İki aşamalı fermentasyon: maya ile alkol, ardından Acetobacter ile asetik asit üretimi	Portakal, domates ve şeker kamışı gibi atıklarla sirke üretiminin mümkün olduğunu ve üretilen sirkenin mikrobiyal koruma sağlayabileceğini göstermiştir.
[12]	Physicochemical and Sensory Properties of Vinegar Produced from Pineapple Waste	Ananas atıklarından sirke üretiminin fiziksel ve duyuusal analizi	15° Brix ayarı, maya ve Acetobacter aceti ile iki aşamalı fermentasyon	Kabuklardan elde edilen sirkenin en yüksek asitlik ve tüketici beğenisi aldığı gösterilmiştir.
[13]	Quality assessment of vinegar produced from pineapple wastes utilizing both laboratory-isolated Acetobacter spp. and reference strain Acetobacter pasteurianus	Farklı Acetobacter suşlarının sirke kalitesi üzerine etkisi	Değişen pH ve şeker oranlarıyla fermentasyon; iki farklı bakteri suşunun karşılaştırılması	Farklı suşların sirke kalitesine etkisi incelenmiş ve laboratuvar izolatlarının da yüksek kaliteli sirke üretebildiği gösterilmiştir.
[14]	A Review on Isolation of Acetobacter and Production of Vinegar From Pineapple and Papaya Waste (Peels)	Ananas ve papaya atıklarından sirke üretimine dair derleme	Literatür taraması	Meyve kabuklarından sirke üretiminin çevresel ve ekonomik katkılarını kapsamlı şekilde ele almıştır.

Çalışmanın amacı, mutfaklardan gelen fazla çilekleri ve atıklarını kullanarak çilek sirkesi üretimini içermektedir. Çilek atığından çilek sirkesi üretimi ile nihai ürünün lezzet profilini ve bileşimini etkileyen bir fermentasyon süreci sonucu, sirkelerin duyuusal yönleri, tüketici kabulü ve kimyasal bileşimi değerlendirilmiştir. Mutfaklarda gıda israfını azaltmakla birlikte aynı zamanda çevresel olarak sürdürülebilir bir şekilde katma değerli ürünler oluşturulmasına öncülük edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada sirke ham maddesi olarak çilek (*Fragaria sp.*) sapları ve bir kısım meyve etinden oluşan çilek atıkları kullanılmıştır. Kullanılan hammaddeler Iğdır Üniversitesi Iğdır MYO Aşçılık programı mutfağında kullanılan çileklerin atıkları olarak sağlanmış ve çilek sirkesi üretilmiştir.

2.1. Sirke Üretimi

Sirke üretimi amacıyla 2 litrelik cam kavanozlara her bir deneme için çilek atıkları ve ardından kavanoza 100 mL benzer bir yöntemle daha önce üretilmiş katkı maddesi içermeyen beyaz üzüm sirkesi ilave edilerek fermentasyon koşulları oluşturulmuştur. Sonra toplam hacim tamamlanıncaya kadar kavanoza içme suyu eklenmiş ve homojenizasyonun sağlanması için karıştırılmıştır. Her bir kavanozun

ağız kısmı tülbent ile sarılarak kapatılmıştır. Hazırlanan örnekler oda sıcaklığında (25-28 °C) karanlık, serin bir ortamda meyvelerin doğal mikrobiyotasından faydalanılarak doğal fermantasyona bırakılmıştır. Asetik asit seviyelerindeki artışı izlemek için haftada bir (1, 7, 14, 21, ve 28) günlerde sirke örnekleri için asetik asit analizlerine tabi tutulmuştur. Sıvıya ait yüzeyin üstünde şeffafimsı, adacıklar biçiminde ince bir zar oluşmuştur. Bu zar genişledikçe tüm yüzeyi kaplamıştır. Bu zarın (sirke anasının) dibe çökmesinden sonra üretilen sirke tülbent yardımıyla süzölmüştür. Çilek sirkeleri analiz yapılınca kadar 4°C'de buzdolabında saklanmıştır.

2.2. Sirke analizleri

Çalışmamızda üretimi gerçekleştirilen çilek sirkesi örneğinin kalite parametreleri açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, hammaddenin sirkenin bileşimi üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Çeşit, iklim, toprak koşulları ve yetiştirme teknikleri gibi faktörler hammaddenin bileşimini etkilemektedir. Birbirinden farklı kalitedeki sirkeler, farklı hammaddelerden veya farklı üretim tekniklerinden elde edildiği için kimyasal bileşimleri de farklı olmaktadır.

10 ml örnek tartılmış ve 105°C'de etüvde (Marka: Binder) kurutularak toplam kuru madde belirlenmiştir. Sonuçlar, 100 gram başına 1 gram olarak ifade edilmiştir [15]. Dijital pH metre (Mettler Toledo), örneklerdeki pH seviyelerini ölçmek için kullanılmıştır [16]. Kül miktarı için tartım kabı içerisine 5 mL kadar örneklerden tartılmış ve 500–525°C'de bir kül fırınında (Marka: Carbolite) beyaz kül oluncaya kadar yakılmıştır. Sonuçlar % olarak açıklanmıştır [17].

Örneklerin 0.1N NaOH kullanılarak titre edilen asitlik dereceleri, asetik asit cinsinden g/L olarak gösterilmiştir [18]. Piknometre, 20 °C'de örneklerin özgül ağırlıklarını ölçmek için kullanılmıştır [19]. Suda çözünür kuru maddenin miktarını belirlemek için Abbe refraktometresi kullanılmıştır. Sonuçlar % olarak gösterilmiştir [20].

Renk analizi renk ölçüm cihazı (3nh NR110 Renk Ölçer) kullanılarak gerçekleştirilmiştir [21]. Serbest mineral asit tayini etil alkol ve metiloranj belirteci kullanılarak gerçekleştirilmiştir [22].

2.3. Duyusal analiz

Elde edilen sirke örneklerinin duyusal analizi, 25 kişilik panelist grubuna (öğrenciler ve öğretim elemanlarından oluşan) duyusal analiz testi yapılarak oluşturulmuştur. Panelistler duyusal analiz öncesinde bilgilendirilmiş ve gerekli olan bilgiler verilmiştir. Panelistler duyusal analizleri test ederken örnekleri görünüş, renk, aroma, koku ve genel kabul edilebilirlik açısından test etmişlerdir. Panelistler analizlerin değerlendirilmesini şu şekilde 1-5 puan (1=hiç beğenmedim, 5=çok beğendim) arasında derecelendirmeler ile yapmışlardır. 5 noktalı duyusal ölçek (5 noktalı hedonik ölçek) yöntemi ürünün kabul edilebilirliği ve kalite özelliklerinin değerlendirilmesini sağlamaktadır [23].

2.4. İstatistiksel analiz

Sirke örneklerinde tüm analizler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş olup her tekrar için iki paralel kullanılmıştır. Veriler ortalama $\pm$ standart sapması olarak ifade edilmiştir.

3. Sonuç ve Tartışma

3.1. Çilek sirkelerinin Fizikokimyasal Özellikleri

Bu çalışmada, bilimsel olarak çilek atıkları sirke üretiminde değerlendirilmiş ve atıklara katma değer kazandırılmıştır. Literatür çalışmalarına baktığımızda meyve veya gıda atıkları kullanılarak sirke üretimi yapılan çalışmaların oldukça sınırlı sayıda olduğu görülmektedir [1], [4], [6], [9], [10], [11], [12], [13], [14]. Dolayısıyla bu çalışma ile çilek atıklarından çilek sirkesi üretimi konusunun bilimsel anlamda incelenme fırsatı bulunmuştur.

Tablo 2. Çilek sirkesinin fizikokimyasal analiz sonuçları

Analiz	Değerler
pH	3.61±0.02
Toplam asitlik (g L ⁻¹)	14.11±0.21
Briks (°Brix)	2.87±0.06
Kül (%)	0.08±0.03
Özgül ağırlık (g m ⁻³)	1.007±0.002
Toplam kuru madde (%)	2.49±0.03

Çilek sirkesi örneğinin ortalama pH değerinin 3.61 olduğu görülmektedir (Tablo 2). Sirke örneğinin pH değerleri, kalitelerini, güvenliğini ve duyu özelliklerini belirlemek için çok önemlidir. Geleneksel ev yapımı Türk sirke çeşitlerinde toplam asitlik seviyelerinin genellikle pH değerleriyle ilişkili olduğu; bu durumda asitlik arttıkça pH'nın azaldığını göstermektedir [24]. Bu ilişki, sirkenin kimyasal özelliklerini anlamada temeldir. Bir çalışmada, kırmızı pancar sirkesinin ortalama pH'ı 2.94 olarak rapor edilmiş ve bu çalışmada bulunan değerden düşük olduğu görülmüştür [25]. Hidalgo ve ark. [6], çilek meyvesi püresi ile yaptıkları sirke çalışmalarında pH değerini 3.5 olarak bildirmişlerdir. Mohammed [26], gerçekleştirdiği çalışmada endüstriyel sirkelerin pH değerlerini 2.76 ila 3.42 aralığında belirlemiş iken geleneksel sirkelerin pH değerlerini 3,1 ila 4.51 aralığında bulmuştur. Chandumpai ve Nikhom [27], yaptıkları araştırmada pH değerlerini 2.90 ila 3.50 aralığında bulmuştur. [28], yaptığı çalışmada pH değer aralığını 3.25 ila 3.41 olarak bulmuştur. Bu çalışmanın sonuçları literatürdeki değerlere benzerlik göstermiştir. Sirke kalitesini değerlendirirken pH'nın önemini vurgulamak gerekmektedir ve pH'nın sirke otantikliği ve karakterizasyonu için kritik bir parametre olduğunu, çünkü hem duyu özellikleri hem de mikrobiyal stabiliteyi etkileyebileceği önerilmektedir [29].

Çilek sirkesinde toplam asitlik (asetik asit cinsinden) 14.11 g L⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Tablo 2). Toplam asitlik, sirkenin kalitesini ve özelliklerini tanımlamada kritik bir parametredir. Özellikle sirkenin ana organik asidi olan asetik asidin konsantrasyonu olarak ölçülür. Asidite seviyeleri, kullanılan sirke türüne, uygulanan üretim yöntemlerine, kullanılan ham maddelere fermantasyon koşullarına ve olgunlaştırma süresine bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik gösterebilir. Nisan 2004 tarihli TS 1880 EN 13188 Sirke Standardı, ülkemizde üretilen sirkelerin suda serbest asetik asit cinsinden toplam asitlik içeriğinin %4'ten az olmaması gerektiğini belirtmektedir [30]. Bu çalışmada üretilen çilek sirkesinin asitlik oranı, TS 1880'de belirtilen değerin aşağısında olmuştur. Başlangıç şeker miktarındaki düşüklük bu durumun nedeni olarak düşünülmektedir. Sirke örneklerinin fermantasyon koşulları daha iyi ayarlanarak asetik asit içerikleri Türk Standardı'na uygun hale getirilebileceği öngörülmektedir. [6], çilek meyvesi püresi ile yaptıkları sirke çalışmalarında bu çalışma ile benzer şekilde asitlik değerini % 0.9 olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen toplam asitlik değerleri, Kang ve ark., [31] tarafından ticari üzüm sirkesi için bildirilen toplam asitlik değerlerinden (%4.20-6.63) daha düşük olsa da, Tomar ve ark., [32] tarafından yaban mersini sirkesi için bildirilen toplam asitlik değerine (%1.96) yakın bulunmuştur. Ticari sirkelere ilave asetik asit eklenmesinin bu farklılıkların nedeni olabileceği düşünülmektedir [33]. Gerçekleştirdiğimiz çalışmada sirke örneğinde belirlenen toplam asitlik muz kabukları sirkesi [34] ve elma atıklarından üretilen Tangüler ve ark., [35] tarafından elma sirkelerinde bildirilen değerleri ile uyumlu olup, Adebayo-Oyetero ve ark., [36] tarafından bildirilen değerlerden yüksektir. Bu değişken değerlerde, bölgesel üretim uygulamalarının ve fermantasyon sürecinde kullanılan meyve türlerinin etkisini vurgulamaktadır. Başka bir çalışmada geleneksel elma sirkesini araştırarak, toplam asitlik değerlerinin 100 mL sirke başına 3.22 ile 6.85 g asetik asit arasında değiştiğini bulmuşlardır [37]. Bu çeşitlilik, ev yapımı sirke çeşitlerinin bile üretim yöntemleri ve koşullarına bağlı olarak asidite açısından önemli farklılıklar gösterebileceğini belirtmektedir.

Çilek sirkesinde Briks° değeri %2.87 olarak tespit edilmiştir (Tablo 2). Öztürk ve ark. [24], geleneksel ev yapımı Türk sirke çeşitleri üzerine bir çalışma yapmış ve Briks değerlerinde %1.02 ile %20.80 arasında önemli bir çeşitlilik rapor etmiştir. Bu geniş değişkenlik, kullanılan başlangıç kültürlerinin türü ve farklı meyve ve tahıllar gibi ham maddeler gibi birkaç faktöre atfedilebilir. Çalışma, mikroorganizmaların bu şekerleri metabolize etmesiyle fermantasyonun şeker seviyelerini nasıl azalttığını ve zamanla

daha düşük Briks okumalarına yol açtığını göstermektedir. Kadaş [35], alıç sirkesi örneklerindeki ortalama Briks değerlerinin 5.33 olduğunu bildirmiştir. Marangoz [38], çalışmalarında, kara dut sirkesindeki Briks değerlerini alkol fermantasyonu ve asitlendirmeden sonra sırasıyla 2.65 ve 1.8 ° Briks olarak bulmuştur. Tomar ve ark. [25] çalışmalarında kırmızı pancar sirkesi için ° Briks değerini 3.71 olarak bulmuşlardır. Şengün ve Kılıç [39], ev yapımı dut sirkesinde briks değerini 5.60 iken ticari dut sirkesinde bu değeri 3.50 olarak tespit etmişlerdir. Tangüler ve ark. [19], elma atıklarından yaptıkları sirkede ° Briks değerlerinin 4.75 ile 5.4 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Çalışmalar incelendiğinde, mevcut araştırmanın bulgularının Marangoz [38] tarafından bildirilenlere benzer ancak diğer yapılan çalışmalardan elde edilenlerden daha düşük olduğu görülmüştür.

Üretimi yapılan çilek sirkesinin kuru madde içeriği %2.49 olarak belirlenmiştir. 2003 yılı sirke standardı (TS 1880 EN 13188) [30], kuru maddenin miktarını sınırlamamıştır. Bu nedenle, elde edilen bulguların değerlendirilmesinde literatürde yer alan farklı çalışmalardan yararlanılmıştır. Tangüler ve ark. [28], elma atıklarından üretilen elma sirkelerinde benzer kuru madde değerleri bildirmiştir; bu durum mevcut çalışmanın sonuçlarının elma bazlı üretimlerle uyumlu olduğunu göstermektedir. Buna karşılık, Tomar ve ark. [25] tarafından kırmızı pancar sirkesi üzerine yapılan çalışmada rapor edilen kuru madde değerleri, bu çalışmada elde edilen sonuçlardan daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, Alak [40] tarafından çiçek ve çam ballarından üretilen sirke örneklerinde kuru madde içeriği 1.23–5.92 g L⁻¹ arasında saptanmış, bu çalışmadaki değerlerin ise alt sınırdan düşük olduğu görülmüştür. Çalışmalar, kullanılan meyve türü ve fermantasyon sürecine atfedilebilecek önemli kuru madde içeriği farklılıklarını vurgulamaktadır. Ham madde seçimi nihai ürünün bileşimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen kuru madde değerleri, bazı literatür bulgularıyla uyumlu olmakla birlikte, farklı hammaddelerden üretilen sirkelerle karşılaştırıldığında çeşitlilik göstermektedir. Bu durum, çilek atıklarının sirke üretiminde kullanılmasının özgün bir katkı sunduğunu ve kalite parametrelerinin hammaddenin özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterebileceğini ortaya koymaktadır.

Sirkedeki kül içeriği, mineral bileşimini ve genel kalitesini değerlendirmek için önemlidir. Çilek sirke örneğinin ortalama kül değeri %0.08 olarak bulunmuştur (Tablo 2). TS 1880 EN 13188 sirke standardına göre sirkede kül miktarının en az 0.8 g/L olması gerektiği belirtilmiştir [30]. Buna göre, çilek sirkesi örneğinin kül içeriği açısından standartta belirtilen değerlere uygun olduğu görülmektedir. [25] kırmızı pancar sirkesi ile yaptıkları çalışmalarında kül değerini %0.24 olarak bulmuşlardır. Kül miktarının üzüm sirkelerinde 0.74-3.56 g L⁻¹ arasında [20], geleneksel yöntemlerle üretilen incir sirkelerinde ise 1.11-5.60 g L⁻¹ [42] olduğu bildirilmiştir. Çalışmada saptanan değerler literatür çalışmaları ile uyumludur. Fakat, Şengün ve Kılıç [39] yaptığı çalışmada kül değerleri ev sirkesinde sırasıyla %3.81 iken ticari sirke örneğinde %2.06 olarak belirlenmiş olup bu çalışmada bulunan değerden yüksektir. Zencefil sirkesinin kül içeriğini araştırıldığı ve değerlerin %2.13 ile %2.83 arasında değiştiği bildirilmiştir [43]. Bu bulgular, sirkede önemli bir mineral varlığını vurgulamaktadır. Buna karşın, kivi sirkesinde daha düşük kül içeriği gözlemlenmiş, bu da kaynak malzemeye ve maya türüne bağlı olarak mineral içeriğinin değişkenliğini göstermiştir [37]. Alıç sirkesinin fizikokimyasal özelliklerinin analiz edildiği bir çalışmada mineral varlığının sürekli olduğu bildirilmiş; minerallerin, alıç sirkesinin tadına ve potansiyel sağlıkla ilgili özelliklerine katkıda bulunduğu düşünülmüştür [44]. Bu bulgu, kül içeriğini anlamaının sirkenin besin profillemesinde önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Sirkenin özgül ağırlığı, bileşim hakkında, şekerler ve organik asitler gibi çözünmüş katıların konsantrasyonu da dahil olmak üzere, bilgi verebilecek önemli bir fizikokimyasal özelliktir. Özgül ağırlığı ölçerek, üreticiler sirke kalitesini değerlendirebilir, olası sahtecilikleri belirleyebilir ve üretiminde yer alan fermantasyon süreçlerini anlayabilirler. Sirke örneğinin ortalama özgül ağırlık değeri 1.007 g cm⁻³ olarak bulunmuştur (Tablo 2). Benzer çalışmalarda sirke örneklerinin özgül ağırlık değerleri Tomar ve ark., [25] tarafından 1.003 g cm⁻³ ve Tangüler ve ark., [28] tarafından 1.0025-1.003 g cm⁻³ olarak bildirilmiştir. Literatürde elde edilen bulgular, bu çalışmada elde edilen sonuçlarla uyumludur. Bayram ve ark. [45], pirinç sirkesi ve ticari sirke örneklerinin özgül ağırlık değerlerini 1.018-1.040 aralığında belirlemiştir. Cosmulescu ve ark. [46], 65 farklı sirke örneğinde yaptıkları çalışmada sirkelerin özgül ağırlıklarını 1.0103-1.0136 g cm⁻³ arasında tespit etmişlerdir. Çalışmada saptanan değerler bu literatür değerlerinden düşüktür. Türkiye'de üretilen incir sirkesi incelenmiş ve özgül ağırlığın 1.012 ile 1.025 g mL⁻¹ arasında değiştiği, farklı örnekler arasında farklılıklar yansıttığı belirlenmiştir [42]. Bu çalışma, üretim farklılıklarının farklı özgül ağırlık sonuçlarına yol açabileceğini göstermekte ve ham maddeleri ile fermantasyon süreçlerinin sirke özellikleri üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Çeşitli yabani

meyve türlerinden elde edilen ev yapımı sirke örnekleri ve ticari çeşitlerle yapılan bir çalışmada özellikler arasında değerlendirilen özgül ağırlığın, geleneksel ve ticari sirke arasında önemli farklılıklar gösterdiği bu durumun, ev yapımı versiyonlardaki çözünür katı konsantrasyonları ve safsızlıklardaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmüştür [47].

Sirke örneklerinin renk değerleri, tüketici algısı ve kabulü açısından kritik öneme sahiptir, çünkü bu değerler ürünün duyuusal özelliklerini ve genel kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Çeşitli çalışmalar, sirkenin renk özellikleri ile kimyasal bileşimi arasındaki ilişkiyi, özellikle fenolik bileşenler ve üretimde kullanılan ham maddeler üzerine odaklanarak incelemiştir [48]. Sirkenin renk özellikleri genellikle aydınlık (L^*), kırmızılık (a^*) ve sarılık (b^*) gibi parametreleri ölçen kolorimetrik yöntemler kullanılarak değerlendirilir. Sirkenin içsel özelliklerine ek olarak, depolama koşulları ve ışığa maruz kalma gibi dış faktörler de renk stabilitesini etkileyebilir. Bu çalışmadaki çilek sirke örneğinin ortalama renk değerleri L^* , a^* ve b^* sırasıyla 35.50, 4.47 ve 22.93 olarak bulunmuştur (Tablo 3). [25] kırmızı pancar sirkesi ile yaptıkları çalışmada örneklerin ortalama renk değerlerini L^* değeri 2,55, a^* değeri 1,54 ve b^* değeri -0,98 olarak bildirmişlerdir. Öztürk [33], Kardinal üzümü (KU), Napolyon kirazı (KR), mürdüm eriği (ER), kivi (KW) ve şeftali (SF) kullanılarak geleneksel yöntemle beş farklı meyve sirkesi üretmiş ve bu sirke örneklerinin renk değerlerini a^* değerlerinin KW ve ER sirkelerinde sırasıyla -2.82 ve -1.49 olduğunu bulurken, KR, SF ve KU sirkelerinde ise a^* değerlerini sırasıyla +17.60, +2.39 ve +0.60 olarak bulmuştur. Tüm sirke örneklerin b^* değerlerini sırasıyla 13.19 (KU), 26.60 (KR), 14.01 (ER), 14.23 (KW), 20.37 (SF) bulurken, L^* değerleri yine sırasıyla 52.18, 35.45, 52.40, 53.75, 41.39 olarak bildirmiştir. Çalışmalar, çeşitli sirkelerin renk özelliklerinde önemli farklılık gösterdiğini göstermektedir. Hammaddenin rengi, üretim aşamaları ve kullanılan üretim şekli sirke rengi üzerinde önemli etkenlerdir.

Table 3. Çilek sirkesinin renk (L^* , a^* and b^*) değerleri

Analiz	Değerler
L^*	35.50±0.50
a^*	4.47±0.17
b^*	22.93±0.25

Sirke örneklerinde serbest mineral asit içeriğinin belirlenmesi, sirke analizinin kritik bir yönüdür; çünkü bu hem lezzet profilini hem de ürünün genel kalitesini etkiler. Serbest mineral asitler, özellikle asetik asit, sirkeden kaynaklanan karakteristik ekşi tadın sorumlusudur ve onun korunmasında ve antimikrobiyal özelliklerinde önemli bir rol oynamaktadır. Sirkenin mineral bileşimi, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi temel mineralleri de içermesi, aynı zamanda asiditesinde ve sağlık faydalarında da rol oynamaktadır. Sirke içindeki minerallerin vücuttaki asit-baz dengesini etkileyebileceği belirtilmiştir, ancak bu minerallerin metabolik düzenlemeye olan spesifik katkılarının daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyduğu ifade edilmektedir [44]. Tablo 4.'de çilek sirkesi örneğinin serbest mineral asit içerikleri Var/Yok analizi yapılarak belirlenmiştir. Gıdalar doğal olarak çok sayıda organik asit içerir. Bunların ya gıdalarda tabii olarak bulunması, yani yapısal bir bileşim halinde bulunması ya da fermantasyon yoluyla oluşması mümkündür. Dışarıdan mineral asit ilavesi, sirkenin yapay ya da doğal olup olmadığını belirlemek için kullanılır. Bu çalışmada, çilek sirke örneğinin var/yok analizlerinde serbest mineral asit bulunmamıştır. Benzer şekilde, geleneksel yöntemle üretilen pirinç sirkesi, yerel marketten temin edilen ticari üzüm ve elma sirkeleri ve geleneksel yöntemle üretilen ev yapımı üzüm sirkelerini kullanarak yaptıkları çalışmalarında sirke örneklerinde yapılan var/yok analizlerinde hiçbir örnekte serbest mineral asit varlığına rastlamamışlardır.

Tablo 4. Çilek sirkesi serbest mineral asit varlığı

Örnek	Var/Yok
Çilek sirkesi	Yok

3.2. Çilek sirkelerinin Duyusal Özellikleri

Tüketicilerin çilek sirkelerine olan kabulü değerlendirilmiştir. Panelistlerin duysal analiz sonuçlarına göre (Tablo 5), en yüksek puan renk, ve aroma puanlarında 5.00, en düşük puan ise görünüş puanlarında 4.33 olarak belirlenmiştir. Çilek sirkesinin genel kabul edilebilirlik ortalaması 5.00 olarak bulunmuştur. Analiz sonuçlarına göre, çilek atıklarından elde edilen sirkenin kabul edilebilir özelliklere sahip olduğu görülmüştür.

Endüstriyel ölçekteki fermentasyonlarda, paslanmaz çelik biyoreaktörlerde zorunlu havalandırılmalı açık asetik asitleştirme sistemlerinde gerçekleşir ve bu da uçucu bileşiklerin önemli ölçüde kaybolmasına yol açmaktadır [4]. Sonuç olarak, ticari yöntemle elde edilen ürünler aromatik olarak zayıf olmaktadır. Buna karşılık, bu çalışmada kullanılan çilek sirkelerinin çileğin etkili aromasını koruduğunu söylenebilir. Bu nedenle, farklı hammaddeler ve farklı üretim süreçleri sirkelere organoleptik farklılıklar kazandırır. Bu iki temel farklılık, tüketicilerin ticari sirke ve çilek sirkelerini farklı şekilde değerlendirmesine neden olabilir.

Ubeda ve ark. [4], püreden ve pişirilmiş şıra ile üretilmiş çilek sirkelerini tüketici kabulü için değerlendirmişlerdir. Tüketicilerden, 1: son derece hoşlanmıyorum ve 9: son derece hoşlanıyorum şeklinde bir 9 puanlı hedonik ölçek kullanarak koku ve tat beğenilerini değerlendirmeleri istenmiştir. Genel koku beğeni puanı 6.6, genel tat beğeni puanı 6.44 olmakla birlikte genel kabul edilebilirlik puanı 6.50 olmuştur. En yüksek tüketici kabul oranını elde ettiği için, pişirilmiş çilek sirkesi en iyi olarak değerlendirilmiştir. Walling ve ark. [12], yürüttüğü bir çalışmada, ananas işleme atıklarının sirke üretiminde kullanım potansiyeli araştırılmış ve elde edilen sirkelerin fizikokimyasal ve duysal özellikleri değerlendirilmiştir. Duyusal değerlendirme, yarı eğitilmiş 10 kişilik panel tarafından renk, koku, ekşilik ve genel beğeni kriterlerine göre 9 puanlık hedonik ölçek (1 = hiç beğenmedim, 9 = çok beğendim) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre, özellikle ananas kabuğundan üretilen sirke; renk (7.65), aroma (6.96), ekşilik (8.02) ve genel beğeni (7.76) açısından en yüksek puanları almıştır. Bu bulgular, farklı ananas atık fraksiyonlarının sirke kalitesi üzerinde önemli etkileri olduğunu ve meyve atıklarının sürdürülebilir gıda üretiminde değerlendirilebileceğini göstermiştir.

Tablo 5. Sirke örneğinin duysal değerlendirme sonuçları

Duyusal değerlendirme	Sonuç
Renk	5.00±0.00
Aroma	5.00±0.00
Koku	4.67±0.58
Görünüş	4.33±0.58
Genel Kabul edilebilirlik	5.00±0.00

1-5 puan (1=hiç beğenmedim, 5=çok beğendim)

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, çilek atıklarının sirke üretiminde değerlendirilmesi amaçlanmış ve elde edilen ürünlerin fizikokimyasal, renk ve duysal özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, üretilen çilek sirkesinin pH değerinin 3,61, toplam asitliğinin 14,11 g L⁻¹, kuru madde oranının %2,49, kül miktarının %0,08 ve özgül ağırlığının 1,007 g cm⁻³ olduğu belirlenmiştir. Ayrıca renk değerleri (L*: 35,50; a*: 4,47; b*: 22,93) ve duysal değerlendirme sonuçları (renk: 5,00; aroma: 5,00; koku: 4,67; görünüş: 4,33; genel kabul edilebilirlik: 5,00) ürünün tüketici açısından yüksek kabul gördüğünü ortaya koymuştur. Bu bulgular, çilek atıklarının sirke üretiminde kullanılmasının yalnızca gıda israfını azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda Türk Gıda Mevzuatı'na uygun nitelikte ürün elde edilmesini de mümkün kıldığını göstermektedir.

Araştırmanın sonuçları, çilek atıklarından elde edilen sirkenin sürdürülebilir gıda üretiminde alternatif bir yaklaşım sunduğunu ve döngüsel ekonomi kapsamında endüstriyel ölçekte değerlendirilebileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, mevcut çalışmada sadece temel fizikokimyasal ve duysal

parametreler incelenmiştir. Gelecek araştırmalarda fenolik bileşikler, antioksidan kapasite, mikrobiyolojik kalite ve raf ömrü gibi kritik parametrelerin ayrıntılı olarak ele alınması gerekmektedir. Ayrıca, farklı fermantasyon koşullarının (başlangıç şeker oranı, maya ve bakteri suşları, olgunlaştırma süreleri) optimize edilmesi, ürün kalitesinin artırılmasına ve uluslararası standartlarla uyumun sağlanmasına katkı sunacaktır.

Sonuç olarak, çilek atıklarının sirke üretiminde değerlendirilmesi; gıda atıklarının yönetimi, besin değerinin artırılması ve tüketici memnuniyetinin sağlanması açısından çok yönlü bir çözüm ortaya koymaktadır. Bu yaklaşım, hem çevresel etkilerin azaltılmasına hem de gıda endüstrisinde katma değer yaratılmasına katkı sağlamaktadır.

Teşekkür

Yazarlar, bu çalışmayı (TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı (BİDEB) tarafından yürütülen, 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı 2023 yılı 1. dönem kapsamında 1919B012311633 numaralı başvuru desteği almaya hak kazanan proje kapsamında) destekleyen TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı'na teşekkür ederler.

Çıkar Çatışması

"Sıfır atık yaklaşımıyla çilek sirkesi üretimi ve ürün değerlendirmesi" başlıklı makalemiz ile ilgili herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile mali çıkar çatışması yoktur ve yazarlar arasında da herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

"Sıfır atık yaklaşımıyla çilek sirkesi üretimi ve ürün değerlendirmesi" başlıklı makalemizin araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu beyan ederiz.

Kaynaklar

- [1] C. Úbeda, R. Callejón, A. Troncoso, J. Moreno-Rojas, F. Peña, and M. Morales, "Characterization of odour active compounds in strawberry vinegars," *Flavour and Fragrance Journal*, vol. 27, no. 4, pp. 313–321, 2012, doi: 10.1002/ffj.3103.
- [2] R. Hornedo-Ortega, M. Álvarez-Fernández, A. Cerezo, I. García-García, A. Troncoso, and M. García-Parrilla, "Influence of fermentation process on the anthocyanin composition of wine and vinegar elaborated from strawberry," *Journal of Food Science*, vol. 82, no. 2, pp. 364–372, 2017, doi: 10.1111/1750-3841.13624.
- [3] C. Úbeda, R. Callejón, A. Troncoso, J. Moreno-Rojas, F. Peña, and M. Morales, "A comparative study on aromatic profiles of strawberry vinegars obtained using different conditions in the production process," *Food Chemistry*, vol. 192, pp. 1051–1059, 2016, doi: 10.1016/j.foodchem.2015.07.091.
- [4] C. Úbeda, R. Callejón, A. Troncoso, and M. Morales, "Consumer acceptance of new strawberry vinegars by preference mapping," *International Journal of Food Properties*, vol. 20, no. 11, pp. 2760–2771, 2017, doi: 10.1080/10942912.2016.1252388.
- [5] A. Karadağ, F. Bozkurt, H. Bekiroğlu, and O. Sağdıç, "Use of principal component analysis and cluster analysis for differentiation of traditionally-manufactured vinegars based on phenolic and volatile profiles, and antioxidant activity," *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, vol. 70, no. 4, pp. 347–360, 2020, doi: 10.31883/pjfn/127399.

- [6] C. Hidalgo, E. Mateo, A. Cerezo, M. Torija, and A. Mas, "Technological process for production of persimmon and strawberry vinegars," *International Journal of Wine Research*, vol. 2, pp. 55–61, 2010, doi: 10.2147/ijwr.s8741.
- [7] R. Robati, "Bio-ethanol production from strawberry by *Saccharomyces cerevisiae* in repeated batch abstract," *Asian Food Science Journal*, vol. 22, no. 9, pp. 113–116, 2023, doi: 10.9734/afsj/2023/v22i9662.
- [8] P. Hernández-Muñiz, "Optimization of the use of industrial wastes in anaerobic soil disinfection for the control of fusarium wilt in strawberry," *Plants*, vol. 12, no. 18, p. 3185, 2023, doi: 10.3390/plants12183185.
- [9] P. Tumane, S. Sanchari, D. Wasnik, and N. Kolte, "Production of vinegar from pineapple peels using *Acetobacter* species isolated from soil sample and its antibacterial activity," *unpublished*, 2018.
- [10] A. Roda, L. Lucini, F. Torchio, R. Dordoni, D. M. De Faveri, and M. Lambri, "Metabolite profiling and volatiles of pineapple wine and vinegar obtained from pineapple waste," *Food Chemistry*, vol. 229, pp. 734–742, 2017.
- [11] S. K. Paul, J. R. Wartu, and A. A. Orukotan, "Production of vinegar from waste fruits using *Acetobacter* species," *Ife Journal of Science*, vol. 26, no. 1, pp. 179–200, 2024, doi: 10.4314/ijfs.v26i1.14.
- [12] S. Walling, A. Sema, C. S. Maiti, A. Sarkar, S. P. Kanaujia, and A. Imchen, "Physicochemical and sensory properties of vinegar produced from pineapple waste," *European Journal of Nutrition & Food Safety*, vol. 17, no. 3, pp. 289–298, 2025, doi: 10.9734/ejnfs/2025/v17i31667.
- [13] M. Rahman, M. B. Uddin, M. G. Aziz, M. R. Haque, and M. S. R. Siddiki, "Quality assessment of vinegar produced from pineapple wastes utilizing both laboratory-isolated *Acetobacter* spp. and reference strain *Acetobacter pasteurianus* DSM-2324," *Journal of Agriculture, Food and Environment (JAFE)*, vol. 5, no. 2, pp. 1–6, 2024, doi: 10.47440/JAFE.2024.5201.
- [14] B. Praveena, R. Sonashree, R. R. Halbavi, J. Bhavana, S. Rizwana, and V. V. Rao, "A review on isolation of *Acetobacter* and production of vinegar from pineapple and papaya waste (peels) using *Acetobacter aceti*," *unpublished*, 2021.
- [15] E. Ünal, "Dimrit üzümünden değişik yöntemlerle sirke üretimi üzerinde bir araştırma," M.S. thesis, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2007.
- [16] S. Elhan, "Farklı sirke çeşitleri ve konsantrasyonlarının salata bileşenlerinin dezenfeksiyonunda kullanım imkanlarının araştırılması," M.S. thesis, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2014.
- [17] N. Aktan and H. Kalkan, *Sirke Teknolojisi*, 2nd ed. İzmir, Turkey: Ege Üniversitesi Basımevi, 1998.
- [18] B. Cemeroglu, *Gıda Analizleri*, 2nd ed., Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, no. 34. Ankara: Bizim Grup Basımevi, 2010, pp. 1–86.
- [19] O. Kılıç, "Piyasada satılan sirkelerin bileşimleri üzerinde bir araştırma," *Gıda*, vol. 1, no. 4/5, pp. 121–125, 1976.
- [20] M. Akbaş and T. Cabaroğlu, "Ülkemizde üretilen bazı üzüm sirkelerinin bileşimleri ve gıda mevzuatına uygunlukları üzerine bir araştırma," *Gıda*, vol. 35, no. 3, pp. 183–188, 2010.
- [21] S. Y. Quek, N. K. Chok, and P. Swedlund, "The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders," *Chemical Engineering and Processing*, vol. 46, pp. 386–392, 2007.
- [22] Anon., "TSE Sirke (TS 1880)," Ankara, Turkey: Türk Standartları Enstitüsü, 1988.

- [23] T. Altuğ Onoğur and Y. Elmacı, *Sensory Evaluation in Foods*, 2nd ed. Izmir, Turkey: Sidas Publications, 2005.
- [24] İ. Öztürk, O. Caliskan, F. Törnük, N. Özcan, H. Yalçın, M. Başlar, and O. Sağdıç, “Antioxidant, antimicrobial, mineral, volatile, physicochemical and microbiological characteristics of traditional home-made Turkish vinegars,” *LWT*, vol. 63, no. 1, pp. 144–151, 2015, doi: 10.1016/j.lwt.2015.03.003.
- [25] O. Tomar, G. Akarca, and A. Çağlar, “Physicochemical, microbiological and sensory properties of red beet vinegar,” *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, vol. 26, no. 7, pp. 1234–1238, 2020, doi: 10.5505/pajes.2020.83930.
- [26] M. Z. İbrahim, “Geleneksel ve endüstriyel sirkelerin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi,” M.S. thesis, Biyomühendislik ve Bilimleri Anabilim Dalı, Sütçü İmam University, 2019.
- [27] W. L. Chandumpai and L. Nikhom, “Physicochemical characteristics of wood vinegars from carbonization of *Leucaena leucocephala*, *Azadirachta indica*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Hevea brasiliensis* and *Dendrocalamus asper*,” *Kasetsart Journal of Science*, vol. 48, pp. 916–928, 2014.
- [28] H. Tangüler, H. Mert, F. İlman, B. Yücel, and S. Gençtürk, “Elma atıklarından elma sirkesi üretimi üzerine bir araştırma,” *NOHU Journal of Engineering Science*, vol. 10, no. 1, pp. 132–139, 2021.
- [29] M. Haba, M. Arias, P. Ramírez, M. López, and M. Sánchez, “Characterizing and authenticating Montilla-Moriles PDO vinegars using near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) technology,” *Sensors*, vol. 14, no. 2, pp. 3528–3542, 2014, doi: 10.3390/s140203528.
- [30] Anon., “TSE – Sirke: Tarım Kökenli Sıvılardan Elde Edilen Ürünler – Tarifler, Özellikler ve İşaretleme (TS 1880 EN 13188),” Ankara, Turkey: Türk Standartları Enstitüsü, 2003.
- [31] M. Kang, J. H. Ha, and Y. Lee, “Physicochemical properties, antioxidant activities and sensory characteristics of commercial grape vinegars during long-term storage,” *Food Science and Technology (Campinas)*, vol. 40, no. 4, pp. 909–916, 2020.
- [32] O. Tomar, G. Akarca, and Ö. İstek, “Farklı yaban mersini türlerinden geleneksel yöntemle üretilen sirkenin bazı kalite özellikleri,” *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 10, no. 4, pp. 2595–2603, 2020.
- [33] H. İ. Öztürk, “Kardinal üzümü, Napolyon kirazı, mürdüm eriği, kivi ve şeftali meyvelerinden doğal fermantasyonla sirke üretim potansiyeli: fizikokimyasal ve duyu özellikleri,” *Akademik Gıda*, vol. 20, no. 1, pp. 54–62, 2022, doi: 10.24323/akademik-gida.10978.
- [34] I. Elijah and M. P. Etukudo, “Quality evaluation of vinegar produced from banana peel using *Saccharomyces cerevisiae* and *Acetobacter aceti* isolated from palm wine dreg,” *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*, vol. 12, no. 4, pp. 205–211, 2016.
- [35] A. O. Adebayo-Oyetoro, E. Adenubi, O. O. Ogundipe, B. O. Bankole, and S. A. O. Adeyeye, “Production and quality evaluation of vinegar from mango,” *Cogent Food & Agriculture*, vol. 3, pp. 1–8, 2017, doi: 10.1080/23311932.2016.1278193.
- [36] H. Kılıçgün and F. Yangilar, “Total polyphenolic, flavonoid contents and antioxidant capacity of homemade kara sakı apple vinegar produced by traditional method using different yeast materials,” *Research Square*, preprint, pp. 1–23, 2023, doi: 10.21203/rs.3.rs-2824200/v1.
- [37] Z. Kadaş, “Determination of bioactive properties and metabolic effects of hawthorn vinegar,” M.S. thesis, Abant İzzet Baysal University, Bolu, Turkey, 2011.

- [38] I. F. Marangoz, "Effect on bioactive compounds and antioxidant properties of mulberry fruit of vinegar product processing," M.S. thesis, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Turkey, 2016.
- [39] İ. Y. Şengün and G. Kılıç, "Microbiological, physical, chemical, antiradical and antimicrobial properties of mulberry vinegar," *Academic Food Journal*, vol. 16, no. 2, pp. 168–175, 2018.
- [40] G. D. Alak, "Some physical, chemical properties of the honey vinegar and the honey," M.S. thesis, Pamukkale University, Denizli, Turkey, 2015.
- [41] A. Çağlar, G. Akarca, O. Tomar, and E. Ekmekçi, "Geleneksel yöntemle üretilen kaktüs meyve (*Opuntia ficus-indica* L.) sirkesinin bazı fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri," *European Journal of Science and Technology*, no. 18, pp. 952–957, 2020, doi: 10.31590/ejosat.715704.
- [42] I. Sengun, "Microbiological and chemical properties of fig vinegar produced in Turkey," *African Journal of Microbiology Research*, vol. 7, no. 20, pp. 2332–2338, 2013, doi: 10.5897/ajmr12.2275.
- [43] M. Leonel, P. Suman, and E. Garcia, "Production of ginger vinegar," *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 39, no. 2, pp. 183–190, 2015, doi: 10.1590/s1413-70542015000200010.
- [44] O. Tomar, A. Çağlar, G. Akarca, and H. Vatansever, "Geleneksel fermantasyon yöntemiyle üretilen sarı alıç meyve (*Crataegus tanacetifolia*) sirkesinin fizikokimyasal ve duyuşal kalite özellikleri," *European Journal of Science and Technology*, no. 19, pp. 176–181, 2020, doi: 10.31590/ejosat.715699.
- [45] M. Bayram, C. Kaya, E. Yücel, B. Er, E. Gülmez, and E. Terzioğlu, "Pirinç sirkesi ve çeşitli ticari sirkelerin bazı kalite özellikleri," *Akademik Gıda*, vol. 16, no. 3, pp. 293–300, 2018.
- [46] S. Cosmulescu, A. Stoenescu, I. Trandafir, and F. Tuşulescu, "Comparison of chemical properties between traditional and commercial vinegar," *Horticulturae*, vol. 8, no. 3, p. 225, 2022, doi: 10.3390/horticulturae8030225.
- [47] R. S. Uysal Afacan, "Correlation between colorimetric properties and phenolic compounds in aged vinegars," *Çukurova Journal of Agricultural and Food Sciences*, vol. 39, no. 1, pp. 182–191, 2024, doi: 10.36846/cjafs.2024.142.
- [48] S. Yıkılmış, H. Özer, O. Levent, G. Celik, and B. Çöl, "Modeling and optimization of bioactive compounds from jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) vinegar using response surface methodology and artificial neural network: comparison of ultrasound processing and thermal pasteurization," *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 46, no. 11, e17102, 2022, doi: 10.1111/jfpp.17102.