

Farklı Sirke Çeşitlerinin Mikroflorası, Biyoaktif Bileşenleri ve Sağlık Üzerine Etkileri

İlkin Yücel Şengün¹, Gülden Kılıç²

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 35100, Bornova, İzmir

Geliş Tarihi (Received): 18.12.2017, Kabul Tarihi (Accepted): 12.05.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): ilkin.sengun@ege.edu.tr (İ. Yücel Şengün)

☎ 0 232 311 30 28 📠 0 232 342 75 92

ÖZ

Sirke çok eski yıllardan bu yana çeşitli gıdalarda aroma verici ve koruyucu madde olarak kullanılan özel bir üründür. Başta Uzak Doğu ve Avrupa ülkeleri olmak üzere tüm dünyada farklı hammadde ve üretim yöntemleri kullanılarak çeşitli sirkeler üretilmektedir. Sirke mikroflorasında ağırlıklı olarak asetik asit bakterileri ve mayalar yer almakta, ancak bazı küf ve laktik asit bakterisi türleri farklı özel sirkelerin üretiminde önemli rol alabilmektedir. Sirke, içeriğinde bulunan organik asitler, fenolik bileşikler, vitaminler, mineraller ve melanoidinler sayesinde antimikrobiyel, antioksidan, antidiyabetik, antitümör, antikarsinojenik, antienfeksiyon etkiler başta olmak üzere sağlık üzerine birçok olumlu etki göstermektedir. Bu derlemede farklı sirke çeşitlerinin mikroflorası, biyoaktif içeriği ve sağlık üzerine etkileri üzerine son yıllarda yapılan çalışmalar değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sirke, Mikrobiyoloji, Asetik asit bakterileri, Antioksidan, Sağlık

Microflora, Bioactive Components and Health Effects of Various Kinds of Vinegars

ABSTRACT

Vinegar is a special kind of condiment used as a flavoring and preservative agent in various foods since ancient times. Many types of vinegars are produced worldwide, especially in the Far East and European countries, using different raw materials and production techniques. Vinegar microflora mainly composed of acetic acid bacteria and yeasts, but some molds and lactic acid bacteria species can serve an important role in the production of various special vinegars. Vinegar shows many positive health effects, particularly antimicrobial, antioxidant, antidiabetic, antitumor, anticarcinogenic, antidiabetic and antiinfection effects, because of the substances found in vinegar such as organic acids, phenolic compounds, vitamins, minerals and melanoidins. In this review, recent studies on microflora, bioactive content and health effects of different kinds of vinegars are presented.

Keywords: Vinegar, Microbiology, Acetic acid bacteria, Antioxidant, Health

GİRİŞ

Sirke karbonhidrat içeren farklı hammaddelerden, mayalar ve asetik asit bakterileri (AAB) aracılığıyla üretilen özel bir üründür. Sirkede bulunan organik asitler, fenolik bileşikler, amino asitler, vitaminler ve melanoidinler sirkenin organoleptik özelliklerinde önemli rol oynamaktadır. Sirkede bulunan bu maddelerin

antimikrobiyel, antioksidan, antidiyabetik, antitümör, antikarsinojenik, antienfeksiyon etkilerinin olduğu ve çeşitli sağlık uygulamalarında kullanıldığı bildirilmektedir [1, 2]. Bu nedenle sirke çok eski yıllardan bu yana çeşitli gıdalarda aroma verici ve koruyucu olarak ve aynı zamanda bazı hastalıkların tedavisinde geleneksel olarak kullanılmaktadır [3].

Eski dönemlerde şarap ve bira gibi alkollü içeceklerin açık kapta kendi hallerine bırakılmaları durumunda sirkeleştiği, diğer bir deyişle alkolün asetik aside dönüştüğü gözlemlenmiş ve bu dönüşüm arzu edilmeyen bir durum olarak değerlendirilmiştir. Ancak zaman içerisinde insanlar bu olayın mekanizmasını incelemiş ve bir süre sonra da sirkeye gereksinim duyar hale gelmişlerdir. Eski yıllara ait eserler, sirkenin M.Ö. 2000'li yıllara dek uzanan bir tarihçesi olduğunu ve farklı toplumlar tarafından üretildiğini göstermektedir [4]. İnanlılar, Yunanlılar ve Romalılar tarafından sirkenin kullanıldığına dair önemli ipuçları bulunmakla birlikte gerçek anlamda sirkeyi öncelikle Mısırlıların keşfetmiş oldukları düşünülmektedir [5].

TANIMLAR ve STANDARTLAR

Sirkenin tanımı, ülkelere ve tüzüklerine göre değişim göstermektedir. TSE 1880 EN 13188 standardında sirke; "Tarım kökenli sıvılar veya diğer maddelerden, iki aşamalı alkol ve asetik asit fermantasyonuyla, biyolojik yolla üretilen kendine özgü ürün" olarak tanımlanmaktadır. Aynı standartta sirke çeşitleri, üretiminde kullanılan hammaddelere göre; şarap sirkesi, meyve sirkesi, meyve şarabı sirkesi, elma şarabı sirkesi, beyaz sirke, tahıl sirkesi, malt sirkesi, aromalı sirke ve diğer sirkeler olarak belirtilmektedir [6]. Ülkemizde üretilen sirkelerde toplam asit içeriğinin (suda serbest asetik asit cinsinden) 40 g/L'den az olmaması gerektiği, şarap sirkelerinde ise bu değer 60 g/L'nin altına düşmemesi gerektiği, ayrıca kalıntı alkol oranının, şarap sirkesi dışındaki sirkelerde hacimce %0.5, şarap sirkelerinde hacimce %1.5 ve özel sirkelerde hacimce %3'ten fazla olmaması gerektiği bildirilmektedir [6].

Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agricultural Organization, FAO)/Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization, WHO) sirkeyi "nişasta ve/veya şeker içeren uygun hammaddeden önce alkol, daha sonra asit fermantasyonu olmak üzere iki aşamalı fermantasyon işlemiyle üretilen insan tüketimine uygun sıvı" olarak tanımlamaktadır. Sirkede kalıntı alkol içeriğinin şarap sirkesi ve diğer sirkelerde sırasıyla en fazla %1.5 ve %1 olması gerektiği bildirilmektedir [7]. Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi (Food and Drug Administration, FDA) sirkede asit içeriğinin en az %4 olması gerektiğini bildirmektedir. FDA ayrıca şarap, malt, şeker ve alkol gibi maddelerden elde edilen sirkelerin etiketlenmesine yönelik *Uyum Politikası Kılavuzları (Compliance Policy Guides)* oluşturmuştur [8].

Avrupa'da üretilen sirkelerde her ülkenin kendi kriterlerini belirleyebileceği, buna karşın bu sirkelerde asit içeriğinin minimum %5 (g/L), alkol içeriğinin maksimum %0.5 (L/L) olması gerektiği, şarap sirkesinin sadece asetik asit fermantasyonuyla şaraptan elde edilebileceği ve bu sirkelerde asit içeriğinin minimum %6 (g/L), alkol içeriğinin ise minimum %1.5 (L/L) olması gerektiği bildirilmektedir [9].

Çin Ulusal Standardı'nda (Chinese National Standard CNS) sirke kelimesi hem fermente hem de yapay sirkeler için kullanılmış ve asetik asit içeriğine bağlı olarak sirkeler üç sınıfa ayrılmıştır: %3.5-4.5; %4.5-6 ve

>%6 asetik asit (g/L) [10]. Ancak son yıllarda Çin Devlet İdaresi Kalite ve Teknoloji Bürosu (Chinese State Administration Bureau for Quality and Technology) tarafından yeni bir Ulusal Gıda Kodeksi yayınlanmış ve sirkeler olgunlaşmış ya da yapay sirkeler olarak sınıflandırılmıştır [7].

Sirke üretimi, mayalar tarafından fermente edilebilir şekerlerin anaerobik şartlarda etanole dönüştürülmesi ve ikinci aşamada ortamda bulunan etanolün aerobik şartlarda asetik asit bakterileri (AAB) tarafından kullanılarak asetik asidin üretilmesi aşamalarını içermektedir. Sirke üretiminde etanolün asetik aside dönüşümü iki biyokimyasal reaksiyon aracılığı ile gerçekleşmektedir. Bu reaksiyonlar sırasında öncelikle etanolün alkol dehidrogenaz enzimi tarafından oksidasyonu sonucunda asetaldehit üretilmekte, oluşan asetaldehit daha sonra aldehit dehidrogenaz enzimi tarafından asetik aside dönüştürülmektedir [11].

Sirke üretiminde spontan fermantasyon, back-slopping veya starter kültür kullanılarak üretim yapılabilmektedir. Spontan fermantasyon daha çok küçük ölçekli işletmeler için uygun olup bu yöntemde fermantasyonun kontrol edilmesi zor olduğundan kontaminasyon riskini de beraberinde getirmektedir [4]. Bu tip fermantasyonlarda başlangıç aşamasında ortamda laktik asit bakterileri ve mayalar baskın olarak bulunmakta ve bu mikroorganizmalar sırasıyla laktik asit ve etanol üreterek ortamda bulunabilecek diğer kontaminant mikroorganizmaların gelişimini engellemektedirler. "Back slopping" yönteminde ise daha önce üretilmiş olan fermente ürün yeni üretim sıvısına belli oranda eklenerek ortamda sirkeleşmeden sorumlu mikroorganizmaların baskın şekilde bulunması sağlanmaktadır. Bu nedenle "back slopping" yöntemi ile sirke üretimi spontan fermantasyona göre daha hızlı şekilde gerçekleşmektedir. Bu yöntem aynı zamanda "Starter-kültür" kullanılarak gerçekleştirilen üretim yönteminin öncüsü niteliğindedir [12]. Bununla birlikte doğrudan asetik asit bakterilerinin ortama ilave edildiği "Starter kültür" yöntemi ile çok daha standart kalitede sirke eldesi mümkün olabilmekte, ancak burada kullanılacak olan starter kültürlerin geliştirilmesi ve doğru suşların seçimi titiz bir çalışmayı gerektirmektedir [5].

Sirke ticari olarak yavaş, hızlı ve derin kültür yöntemleri olmak üzere başlıca üç yöntem kullanılarak üretilmektedir. Bu yöntemler arasında derin kültür yöntemi diğerlerine kıyasla daha hızlı ve ekonomik olmasına karşın, kalite açısından yavaş yöntem daha iyi sonuç vermektedir. Hızlı yöntem ve derin kültür yöntemi, hem ekonomik ve hem de üretim süresi açısından yavaş yöntemle göre daha avantajlı olduğundan ticari sirke üretiminde en çok tercih edilen yöntemlerdir [13, 14, 15].

SİRKE ÇEŞİTLERİ

Dünyanın değişik bölgelerinde farklı sirke çeşitleri üretilmektedir (Tablo 1). Sirke üretiminde hammadde olarak meyve, tahıl ve şeker miktarı yüksek diğer gıdalar kullanılabileceği gibi şarap, bira gibi alkollü içecekler de kullanılabilmektedir [3, 16]. Son yıllarda kendine özgü duyu özellikleri olan meyve ve sebze sirkeleri dünya

pazarında daha çok görülmeye ve daha çok tüketilmeye başlamıştır [17]. Örneğin pirincin bol olduğu Çin ve Japonya'da pirinç sirkesi, şarapları ile ünlü Fransa'da

şarap sirkesi ve İtalya'da Geleneksel Balsamik sirke yaygın olarak üretilen sirke çeşitlerindedir [16].

Tablo 1. Dünyanın değişik ülkelerinde farklı hammaddelerden üretilen bazı sirke çeşitleri (Sengun [18]'den adapte edilmiştir)

Sirke Çeşidi	Hammadde	Üretildiği Ülke
<i>Meyve Sirkeleri</i>		
Balsamik sirke	Üzüm şırası	İtalya
Çilek sirkesi	Çilek	İspanya
Dut sirkesi	Beyaz ya da karadut	Türkiye
Elma sirkesi	Elma ya da elma şarabı	Dünya geneli
Hindistan cevizi sirkesi	Hindistan cevizi	Güneydoğu Asya
Hurma sirkesi	Hurma	Japonya, Güney Kore
İncir sirkesi	İncir	Türkiye
Vişne sirkesi	Vişne	Avrupa, ABD
Üzüm sirkesi	Üzüm	Türkiye, Orta Doğu
<i>Hububat Sirkeleri</i>		
Bira sirkesi	Arpa	Almanya
Kurosu (Siyah pirinç sirkesi)	Pirinç	Japonya
Siyah sirke	Buğday, darı	Çin, Doğu Asya
Pirinç sirkesi	Pirinç ya da sake	Japonya, Çin
<i>Sebze Sirkeleri</i>		
Domates sirkesi	Domates	Japonya, Doğu Asya
Soğan sirkesi	Soğan	Doğu Asya
<i>Şarap Sirkeleri</i>		
Şarap sirkesi	Düşük alkollü şaraplar	Dünya geneli
Palmiye suyu sirkesi	Palmiye şarabı	Afrika, Asya ve Güney Amerika
<i>Diğer Sirkeler</i>		
Bal sirkesi	Bal	Avrupa, Afrika, Amerika
Beyaz distile sirke	Alkol	ABD, Çin
Kombucha sirkesi	Çay ve şeker	Asya
Malt sirkesi	Malt	Kuzey Avrupa
Peynir altı suyu sirkesi	Peynir altı suyu	Avrupa

Meyve Sirkeleri

Sirke üretiminde genellikle meyve atıkları ve kalitesi düşük meyveler kullanılmakta ve bu nedenle ekonomik bir ürün olarak değerlendirilmektedir [4]. Bununla birlikte sağlıklı ve kaliteli sirke eldesi için kullanılacak olan meyvelerde pestisit kalıntısı, zararlı organizma, mikotoksin ya da diğer zararlı bileşiklerin bulunmaması gerekmektedir.

Sirke üretiminde kullanılacak olan meyvelerin asitlik ve şeker içeriği bakımından alkol fermantasyonuna uygun olması gerekmektedir. İdeal olarak sirke üretiminde kullanılacak olan meyvelerde şeker oranının yüksek olması gerekmekte, düşük şeker içeriğine sahip meyvelerin kullanılması durumunda ise meyve suyu konsantreleri ile ortamın şeker içeriği arttırılmaktadır. Örneğin elma sirkesi üretiminde kullanılacak olan elmaların şeker içeriğinin ideal olarak %10-13 seviyesinde olması istenir ki bu durumda elde edilecek sirkede asitlik değeri yaklaşık olarak %6.7-7.4 olmaktadır. Düşük şeker içerikli meyve suları (<%7-8 teorik etanol) ise konsantr elma suyu (%60-80 şeker içeriği) ile takviye edilmektedir. Bunun dışında ortamda özellikle duysal açıdan arzu edilmeyen bileşiklerin oluşumuna neden olan basiller ve/veya laktik asit bakterilerinin (LAB) gelişimini engelleyebilmek adına

sirke üretiminde kullanılacak olan meyve sularının düşük pH değerine (yaklaşık 3.5) sahip olması istenmektedir [7].

Meyve sirkesi üretiminde başta üzüm ve elma olmak üzere incir, Frenk üzümü, ahududu, dut, hurma, Hindistan cevizi, vişne, armut, erik gibi farklı meyveler kullanılmaktadır [19, 20]. Fermantasyon aşamasını tamamlayan sirkeler daha sonra dinlendirme, durultma, filtrasyon, jelatin ekleme gibi işlemlere tabi tutulmakta, son aşamada ise ortamda mevcut bulunan AAB'lerinin gelişimini önlemek amacıyla pastörizasyon işlemi uygulanmakta, bazı durumlarda ise ortama sülfite ya da askorbik asit gibi antioksidanlar da eklenerek paketlenmektedir [5, 20].

Geleneksel Balsamik Sirke

Geleneksel balsamik sirke kahve renkli ve tatlımsı ekşi tada sahip bir sirke çeşidi olup üretim yöntemi açısından diğer meyve sirkelerinden farklılık göstermekte, tarihi ve üretim özelliklerinden dolayı koruma altına alınmış ürün (protected designation of origin) olarak da bilinmektedir. Örneğin, "Modena Geleneksel Balsamik Sirkesi" ve "Reggio Emilia Geleneksel Balsamik Sirkesi" koruma altına alınmış geleneksel balsamik sirkelerdir [21, 22]. Balsamik sirke üretiminde öncelikle üzüm suyu

kaynatılarak yoğunlaştırılır ve daha sonra elde edilen şıranın özel fiçiler içerisinde alkol ve asetik asit fermantasyonuna bırakılarak, önce şaraba ardından sirkeye dönüşmesi sağlanır. Fiçiler içerisinde bekletilen sirke zamanla su kaybederek daha konsantrale hale gelir ve böylelikle olgunlaşma sağlanır. Sirkenin konsantrale olması su içeriği, özgül ağırlık, viskozite, renk, Briks değeri, toplam asitlik ve pH açısından büyük önem taşımaktadır [7]. Ayrıca yıllandırma aşamasında sirke içerisinde bazı kimyasal bileşikler oluşup reaksiyona girerek melanoidin adı verilen yüksek molekül ağırlıklı polimerleri oluşturulmaktadır [7, 23, 24].

Hububat Sirkeleri

Sirke üretiminde pirinç, buğday, darı ve diğer nişasta içerikli tahıl türleri kullanılabilir. Ancak tahıllar maya ve bakteriler tarafından fermente edilemeyen karbonhidratları içerdiklerinden bu hammaddelerden alkollü içecek ve sirke üretimi diğer hammaddelere göre daha zor olmaktadır. Bu nedenle basit şekerleri açığa çıkarmak amacıyla hammadde öncelikle enzimlerle muamele edilmektedir. Bu aşamada polisakaritler α -amilaz ve β -amilaz enzimleriyle maltoza hidroliz edilmekte, ortamda mevcut bulunan maltoz ise maltaz enzimiyle glikoza parçalanmaktadır. Tahıl sirkesi üretimi tahıl hazırlama (buhar uygulaması, ezme), sakarifikasyon (nişastanın basit şekerlere çevrilmesi), alkol ve asetik asit fermantasyonu, sirke ekstraksiyonu, olgunlaşma ve paketleme aşamalarını içermektedir. İlk olarak 12-24 saat süre ile ezme ve buhar uygulaması yapılarak nişasta hidrolizini kolaylaştıran jelleşme sağlanmaktadır. Çin usulü tahıl sirkesi üretiminde, hammaddenin basit bileşiklere dönüşümünü sağlayan enzimler salgılayan *Rhizopus*, *Mucor* gibi küfler kullanılmaktadır. Basit şekerleri içeren bu sıvı daha sonra alkol ve asetik asit fermantasyonuna bırakılmakta, istenen asitlik düzeyi elde edildikten sonra kaliteli sirke eldesi için sirke ekstraksiyonu uygulanmakta ve ortama farklı oranlarda tuz eklenerek AAB'lerinin gelişimi engellenmektedir. Son olarak sirkede arzu edilen fiziksel-kimyasal değişikliklerin oluşması, renk pigmentlerinin istenen seviyeye ulaşması ve duyu özelliklerinin gelişmesi amacıyla olgunlaşma işlemi uygulanmakta ve daha sonra ürün paketlenmektedir [7].

Diğer Sirkeler

Avrupa ülkelerinde peynir altı suyu gibi süt ürünlerinden sırasıyla laktik asit fermantasyonu, alkol fermantasyonu ve asetik asit fermantasyonu ile sirke üretilebilmektedir. Peynir altı suyu, peynir üretiminden arta kalan sıvı olarak nitelendirilmekte ve nitrojen bileşikleri, vitaminler, mineraller ve laktoz içermektedir. Peynir altı suyu homofermentatif laktik asit bakterileri açısından oldukça zengin bir kaynaktır. Bu hammaddeden fosfat ve amino asit içeren ve diğer sirkelere göre daha yüksek pH değerine (pH 3.4) sahip olan sirkeler üretilmektedir [7]. Diğer sirkeler başlığı altında nitelendirilen sirke çeşitlerinden bal sirkesi ise su ile seyreltilmiş bala amonyum sülfat, amonyum fosfat, potasyum bikarbonat, sodyum fosfat gibi mineral sağlayıcı maddeler eklenerek alkol ve asetik asit fermantasyonu ile üretilmektedir [25, 26]. Peynir altı suyu sirkesi ve bal sirkesi hayvansal

orjinli hammaddeden elde edilen sirkeler olarak sınıflandırılmaktadır. Asya ülkelerinde ise siyah ya da yeşil çaya şeker katılarak alkol ve asetik asit fermantasyonuyla sirke benzeri içecek olarak da isimlendirilen kombucha sirkesi üretilmektedir [27].

Çoğunlukla Avrupa ülkelerinde üretilen şarap sirkeleri, sadece asetik asit fermantasyonuyla elde edilmektedir. Sirke üretiminde kırmızı veya beyaz şarap kullanılabilir ve bunun paralelinde kırmızı ve beyaz renkte sirkeler elde edilmektedir. Asetik asit bakterilerinin rahat gelişebilmeleri için kullanılacak şarapta alkol içeriğinin maksimum %7-9 olması (alkol içeriği daha yüksek şarap kullanıldığında ise su ile seyreltilmelidir) gerekmektedir ve genellikle böyle bir şaraptan elde edilen sirkenin asitlik düzeyi %7-8 civarında olmaktadır [27].

Sebze sirkeleri Doğu Asya ülkelerinde genellikle domates ve soğandan üretilmektedir. Bu sirkelerde kullanılan hammaddelerin şeker oranı düşük olduğundan üretimde, mayaların gelişimini desteklemek için ortama şeker oranı yüksek meyve ekstraktları ilave edilmektedir [28].

SİRKEDE BULUNAN MİKROORGANİZMA GRUPLARI

Sirke üretiminde asetik asit bakterileri ve mayalar önemli mikroorganizma gruplarını oluşturmaktadır. Bununla birlikte sirke çeşidine bağlı olarak bazı küf ve laktik asit bakterisi türleri de sirke üretiminde rol alabilmektedir.

Asetik Asit Bakterileri

AAB'leri zorunlu aerobik mikroorganizmalar olup, alkolden asetik asit oluşturan, Gram (-), katalaz (+), oksidaz (-), spor oluşturmayan, elipsoidal ve çubuk şeklinde (0.4-1.0 μ m genişliğinde ve 0.8-4.5 μ m uzunluğunda), hücreleri tekli, çift veya zincir şeklinde bulunan, hareketli veya hareketsiz mikroorganizmalardır. Gelişme sıcaklıkları 5-45°C arasında, optimum gelişme sıcaklıkları ise 25-30°C arasında değişim göstermekte olup bazı türleri termotolerant özellik de gösterebilmektedir. AAB'leri 5.0-6.5 pH değerlerinde optimum gelişme göstermelerine rağmen düşük pH (3-4) değerlerinde de gelişebilmektedirler [29].

Başlıca sirke, kakao ve kombucha gibi fermente ürünlerin üretiminde rol alan AAB'lerinin taksonomisi yıllar içerisinde büyük değişim göstermiştir. Yakın zamana kadar AAB'lerine ait sadece iki cins (*Acetobacter* ve *Gluconobacter*) bilinmesine karşın, günümüzde gelişen tanımlama yöntemleriyle birlikte toplam 18 AAB'si cinsi tanımlanmış ve şu şekilde adlandırılmıştır: *Acetobacter*, *Acidomonas*, *Ameyamaea*, *Asaia*, *Bombella*, *Endobacter*, *Gluconacetobacter*, *Gluconobacter*, *Granulibacter*, *Komagataeibacter*, *Kozakia*, *Neoasaia*, *Neokomagataea*, *Nguyenibacter*, *Saccharibacter*, *Swaminathania*, *Swingsia* ve *Tanticharoenia* [30]. Bu grup içerisinde en fazla türe sahip olan cins, 26 tür ile *Acetobacter* cinsindedir. Bununla birlikte yapılan çalışmalarla AAB'lerinin mevcut

taksonomisinin değişmeye devam ettiği de görülmektedir [31, 32].

AAB'lerinin izolasyonu amacıyla geliştirilen Glucose Yeast Agar (GY), Glucose Yeast Extract CaCO₃ Agar (GYC), Reinforced AE-Medium (RAE) gibi birçok besiyeri bulunmasına rağmen, bu ortamlar tüm türlerin gelişimine imkan sağlayamamaktadır [33, 34, 35, 36, 37]. Genel olarak AAB'lerinin metabolik aktiviteleri katı besiyerinde koloni çevresinde berrak zon oluşumu şeklinde gözlemlenmektedir [38]. İzole edilen AAB'leri farklı pH değerlerinde gelişme, farklı sıcaklık değerlerinde gelişme, etanolden asit üretimi, asetat ve laktat oksidasyonu ve bazı şeker fermantasyon testleri yapılarak fenotipik olarak tanımlanabilmektedir [39]. Bununla birlikte AAB'lerinin izolasyonu amacı ile kullanılan besiyerleri kültüre edilemeyen türlerin (viable but non-cultivable-VNBC) belirlenmesinde yetersiz kalmaktadır [18, 38]. Dolayısıyla AAB'lerinin kültüre edilebilme ve tanımlanmalarında mevcut olan zorlukların üstesinden gelebilmek adına son yıllarda ağırlıklı olarak moleküler yaklaşımlardan yararlanılmaktadır. Genel olarak AAB'lerinin moleküler düzeyde tanımlanması amacıyla DNA-rRNA hibridizasyonu, DNA-DNA hibridizasyonu ve Ribozomal RNA gen dizisi (5S rRNA, 16S rRNA ve 23S rRNA) yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır [31, 32, 38].

Sirke üretiminde asetik asit fermantasyonunda rol oynayan AAB türlerinin başında *Acetobacter*, *Gluconobacter*, *Gluconacetobacter* ve *Komagataeibacter* cinsine ait türler gelmektedir [7]. Sirkeden izole edilip tanımlanan ilk bakteri cinsi olması nedeniyle *Acetobacter* (1898) "sirke bakterisi" olarak da bilinmektedir. *Acetobacter* cinsi etanolü güçlü, glukozu zayıf şekilde okside edebilmesine karşın asetat ve laktatı tamamen okside edebilmektedir. *Gluconobacter* cinsi (1968) ise genellikle etanolü zayıf, glukozu güçlü şekilde okside edebilmekte, bununla birlikte asetat ve laktat oksidasyonunu gerçekleştirememektedir [7]. Bu iki cins dışında sirkede sıkça bulunan diğer bir AAB'si cinsi ise *Gluconacetobacter*'tir. Bu cins *Gluconoacetobacter liquefaciens* ve *Ga. xylinus* olmak üzere iki alt gruba ayrılmış ve bu gruplar birbirinden genetik olarak (morfolojik, fizyolojik, ekolojik ve filogenetik temellere dayanarak) ayırt edilebilmiştir [40, 41, 42]. Sonraki yıllarda ise *Gluconacetobacter xylinus* türü *Komagataeibacter* cinsi olarak adlandırılmıştır [43]. *Komagataeibacter* cinsi yüksek asetik asit ve etanol konsantrasyonuna toleranslı ve aynı zamanda yüksek asitli sirke üretebilen AAB'si cinsi olarak bilinmektedir [11].

Mevcut çalışmalar incelendiğinde, farklı sirke çeşitlerinden izole edilerek tanımlanan AAB'si türlerinin oldukça fazla çeşitlilik gösterdiği görülmektedir (Tablo 2). *A. pasteurianus* birçok sirke çeşidinde yaygın olarak bulunmaktadır. Bunun dışında *A. acetii*, *A. cerevisiae*, *A. oboediensis*, *A. orleanensis*, *A. malorum*, *A. pomorum*, *A. syzygii*, *Ga. entanii*, *K. europaeus*, *K. hansenii*, *K.*

intermedius, *K. saccharivorans* ve *K. xylinus*, çeşitli sirkelerden en sık izole edilen AAB'si türleridir.

Fermente ürünlerin üretiminde starter kültür kullanımı kaliteli ve standart ürün elde etmek adına büyük önem taşımaktadır. Seçilmiş starter kültürler, ileri teknoloji uygulamalarının bir sonucudur ve bu kültürler genellikle şarap, bira, ekmek, fermente et ve süt ürünleri gibi fermente gıdaların üretiminde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [56]. Ancak sirke üretiminde starter kültür kullanımı yaygın bir uygulama değildir [7, 57]. Bununla birlikte sirke üretiminde rol oynayan mikroorganizmaların tanımlanması kaliteli ürün elde etmek, standart kalitede sirkenin endüstriyel üretiminin gerçekleştirilmesi ve ürün kalitesi ile kalitenin sürekliliğinin sağlanması için gerekli olan altyapıyı oluşturmak adına büyük önem arz etmektedir. Sirke üretiminde starter kültür olarak kullanılabilir AAB'si türlerinin incelendiği sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Önceki çalışmalar kapsamında çilek, hurma, yaban mersini ve tatlı patates gibi farklı hammaddelerden üretilen sirkeler; fizyolojik, biyokimyasal ve mikrobiyolojik özellikler açısından incelenmiş, sirke üretiminde kullanılabilir starter kültürler elde edilmeye çalışılmıştır [4, 36, 58, 59, 60]. Örneğin geleneksel balsamik sirke üretiminde kullanılabilir starter kültürlerin geliştirilmesinde; hammadde özellikleri, AAB'lerinin metabolik aktiviteleri, uygulanan teknoloji ve son ürünün istenen özellikleri gibi bazı kriterlerin belirlenmesi gerektiği vurgulanmıştır [61]. Geleneksel balsamik sirke üretiminde kullanılacak AAB'lerinin etanolü kullanabilme, etkili oksidasyon yapabilme, hızlı asetik asit üretme, yüksek asetik asit konsantrasyonuna tolerans gösterme, düşük pH değerlerine direnç gösterme, aşırı oksidasyon yapmama ve daha spesifik olarak da yüksek şeker konsantrasyonuna tolerans gösterme ve geniş sıcaklık aralığında gelişebilme özelliklerine sahip olmaları gerektiği ve belirtilen bu özellikleri karşılayan iki AAB'si türü olarak *Gluconacetobacter europaeus* ve *Acetobacter malorum*'un geleneksel balsamik sirke üretiminde starter kültür olarak kullanılabilirliği bildirilmektedir [62].

Mayalar

Mayalar güncel taksonomide 700'den fazla tür içermektedir. Endüstride en önemli ve en çok bilinen maya türü *Saccharomyces cerevisiae*'dir. Sirke üretiminde hammaddede bulunan şeker etil alkolle dönüştürerek alkol fermantasyonunun gerçekleşmesini sağlayan *S. cerevisiae*, yüksek şeker ve düşük azot içeren ortamlarda gelişme yeteneğine sahiptir [63]. Bununla birlikte farklı hammaddelerden üretilen sirkelerde farklı maya cinsleri bulunabilmektedir. Örneğin, *Kluyveromyces* cinsinin, peynir altı suyu sirkesi, bal sirkesi ve geleneksel balsamik sirke üretiminde kullanılan konsantre üzüm şirasından izole edildiği belirlenmiştir [7, 64].

Tablo 2. Farklı sirkelerden izole edilen asetik asit bakterisi türleri

Sirke çeşidi	İzole edilen AAB'si	Kaynak
Geleneksel balsamik sirke	<i>A. pasteurianus</i> , <i>Ga. europaeus</i>	[44]
Geleneksel Kore sirkesi	<i>A. pasteurianus</i> , <i>A. aceti</i>	[45]
Geleneksel Kore sirkesi	<i>A. pomorum</i>	[46]
Geleneksel şarap sirkesi	<i>Ga. xylinus</i> , <i>Ga. europaeus</i> , <i>Ga. Intermedius</i>	[47]
Geleneksel Türk sirkesi	<i>A. okinawensis</i> , <i>A. persici</i> , <i>A. indonesiensis</i> , <i>A. syzggii</i> , <i>A. ghanensis</i> , <i>A. tropicalis</i> , <i>As. krungthepensis</i> <i>K. hansenii</i> , <i>K. europaeus</i> , <i>K. intermedius</i> , <i>K. xylinus</i> , <i>K. nataicola</i> , <i>K. oboediens</i> , <i>K. saccharivorans</i>	[48]
Hindistan cevizi suyu sirkesi	<i>A. pasteurianus</i> , <i>G. frateurii</i>	[49]
Pirinç sirkesi	<i>Ga. xylinus</i>	[50]
Pirinç sirkesi	<i>A. pasteurianus</i>	[51]
Shanxi yıllanmış sirke	<i>A. pasteurianus</i> , <i>A. indonesiensis</i> , <i>A. malorum</i> , <i>A. orientalis</i> , <i>A. senegalensis</i> , <i>G. oxydans</i>	[52]
Şarap sirkesi	<i>A. pasteurianus</i> , <i>K. europaeus</i>	[53]
Tatlı patates sirkesi	<i>A. aceti</i>	[54]
Zhenjiang aromatik sirke (Çin)	<i>A. tropicalis</i> , <i>A. pasteurianus</i> , <i>Ga. europaeus</i>	[55]

*A.: *Acetobacter*, As.: *Asaia*, Ga.: *Gluconacetobacter*, G.: *Gluconobacter*, K.: *Komagataeibacter*. Tür isimleri kaynaklarda geçtiği şekilde verilmiştir. Bu nedenle tabloda hem yeni hem de eski isimlendirme aynı anda görülmektedir. *Ga. europaeus*, *Ga. intermedius* (*A. intermedius*) ve *Ga. saccharivorans* daha sonra *Komagataeibacter* cinsine dahil edilmiştir.

Yüksek kalitede şarap üretiminde, kullanılacak olan maya türünün büyük önem taşıdığı düşünülmektedir. Alkol fermentasyonunu gerçekleştiren mayanın, üretilen alkolün kompozisyonu ve ürünün duyuşal özellikleri üzerine etkileri olduğu bildirilmektedir [65]. Bununla birlikte sirke üretiminde özel maya suşlarının kullanımının ve bu suşların sirkenin duyuşal kalitesi üzerine etkilerinin incelendiği sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır [65, 66].

Solieri ve arkadaşları (2006) [67] tarafından yapılan bir çalışmada, *Zygosaccharomyces* cinsine ait bazı türlerin geleneksel balsamik sirke üretimi için önemli olduğu, bu sirkenin üretiminde *Saccharomyces cerevisiae* dışında *Z. bailii*, *Z. bisporus*, *Z. pseudorouxii*, *Z. mellis* ve *Z. rouxii* olmak üzere *Zygosaccharomyces* cinsine ait beş türün ve ayrıca *Hansenispora valbyensis*, *H. osmophila*, *Candida stellata* ve *C. lactis-condensi* türü mayaların rol aldığı tespit edilmiştir.

Alkol fermentasyonunda mayaların yararlı etkilerinin yanı sıra zararlı etkilerinin de olduğu, bazı maya türlerinin alkolü CO₂ ve H₂O'ya tamamen oksitleyerek sirke ve şarap üretimi için tehlike yaratabildiği bildirilmektedir. Örneğin *Pichia membranaefaciens*'in alkol fermentasyonu sırasında kötü koku ve yüzeyde film oluşumuna sebebiyet verdiği için sirke üretiminde kullanımının uygun olmadığı bildirilmektedir [7].

Küfler

Sirke üretiminde küfler özellikle salgıladıkları enzimler nedeniyle önem taşımaktadır. Tahıl sirkeli üretiminde kullanılan *Rhizopus*, *Mucor* gibi bazı küf türleri, amilaz, glukoamilaz gibi enzimler salgılayarak hammaddenin basit bileşiklere dönüşmesini sağlamaktadır. Bu cinslere ek olarak *Aspergillus* cinsinin bazı türleri de sirke üretiminde kullanılabilir. *Aspergillus* türleri nişasta ve selüloz dahil üzere çok sayıda doğal bileşiği kullanarak sitrik asit üretebilmektedir. *Aspergillus oryzae* çoğu doğu ülkesinde alkollü içki ve sirke üretiminde pirinç ununun fermentasyonunda rol almaktadır. Bunların dışında *Rhizopus* cinsinin de fumarik ve laktik asit gibi organik asitler üretebildiği, *R. oryzae*'nin sake ve sirke gibi alkol içeren içeceklerin eldesinde önemli rol aldığı bildirilmektedir [68].

Laktik Asit Bakterileri (LAB)

Sirke üretiminde yer alan diğer bakteri türleri laktik asit bakterileridir (LAB). LAB'leri genellikle fermente et ve süt ürünlerinin üretiminde rol oynamaktadır. Sirke üretiminde LAB'lerine genellikle ihtiyaç duyulmamaktadır. Ancak *Kluyveromyces* cinsinin bazı türleri hariç mayalar laktozu fermente edememekte ve bu nedenle sirke üretiminde ortamda laktozun bulunduğu durumlarda LAB'lerine ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin peynir altı suyu sirkeli gibi bazı özel sirkelerin üretiminde LAB'leri laktozun hidrolizini sağlayarak glukoz ve galaktoza dönüştürmekte ve alkol

fermantasyonunun gerçekleşmesine yardımcı olmaktadır [64]. *Lactobacillus*, *Weissella*, *Pediococcus*, *Streptococcus* gibi cinslerin Çin'de üretilen tahıl sirkelerinden, *Lactobacillus casei*, *L. paracasei*, *L. plantarum*, *L. brevis* gibi türlerin ise pirinç sirkelerinden izole edilen LAB'leri olduğu bildirilmektedir [51, 69].

SİRKENİN FİZİKSEL, KİMYASAL ve BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİ

Dünya'da üretimi yapılan birçok sirke çeşidi farklı fiziksel ve kimyasal özellikler göstermektedir. Kaliteli hammadde kullanılarak kontrollü şartlarda üretilen sirkelerde kalite daha yüksek olmakta, diğer bir değişle üründe istenen asitlik değeri ve aroma özellikleri sağlanabilmektedir (70-72). Farklı ülkelerde (İtalya, Fransa, İspanya, İsveç) marketlerde satışa sunulan sirkelerin kimyasal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, elma sirkelerinde kuru madde miktarı ve fenolik madde içeriğinin diğer sirkelere kıyasla daha yüksek olduğu, şarap sirkelerinin potasyum içeriği bakımından daha zengin olduğu, bununla birlikte şarap sirkelerinde tartarik asit miktarının, elma sirkelerinde malik ve laktik asit miktarının, alkol sirkelerinde ise sitrik asit miktarının daha fazla olduğu tespit edilmiştir [73]. Türkiye'de farklı illerde geleneksel ve endüstriyel olarak üretilen 25 adet sirke örneğinin incelendiği bir çalışmada en düşük pH değerinin (2.70) Niğde iline ait geleneksel üzüm sirkesinde, en yüksek asitlik değerinin (%7.20 asetik asit) Tokat iline ait geleneksel elma sirkesinde, en yüksek Briks değerinin (20.80) ise Tokat iline ait geleneksel üzüm sirkesinde olduğu, ayrıca sirke örneklerinde 61 uçucu bileşenin bulunduğu ve en sık rastlanan uçucu bileşenlerin α -terpinol, etil asetat ve feniletal alkol olduğu belirlenmiştir [74]. Yapılan diğer bir çalışmada pirinç şarabından (*Oryza sativa* L.) elde edilen pirinç sirkesinde toplam asitliğin %6.85, alkol içeriğinin %0.17, mineral ve kuru madde miktarının ise sırasıyla %1.26 ve %1.78 olduğu, örneklerde ayrıca *cis*-akonitik asit (6 mg/L), maleik asit (3 mg/L), *trans*-akonitik asit (3 mg/L), şikimik ve süksinik asit (4 mg/L), laktik asit (300 mg/L), formik asit (180 mg/L), okzalik asit (3 mg/L), fumarik asit (3 mg/L) ve itakonik asit (1 mg/L) bulunduğu tespit edilmiştir [75].

Sirke, biyoaktif bileşenler açısından zengin bir üründür. Farklı sirke çeşitlerinde başta fenolik bileşikler, melanoidinler, fruktooligosakkaritler, mineraller, vitaminler ve alfa-glukan olmak üzere birçok biaktif bileşen bulunmaktadır [23, 24, 76-78]. Sirke, farklı vitaminler ve mineraller açısından da zengin bir içeriğe sahiptir. Ghosh ve arkadaşları [79] tarafından yapılan bir çalışmada, hurma suyu, hurma şarabı ve hurma sirkesinde B3 ve B5 vitaminleri, askorbik asit, folik asit, Cu, Zn ve Na miktarları incelenmiş ve en yüksek değerlerin hurma sirkesinde bulunduğu tespit edilmiştir. Diğer bir çalışmada, tahıl sirkesi (Çin) fermentasyonu sırasında aromatik bileşikler, fenol, aldehit, keton, hidrokarbon ve heterosiklik bileşiklerin artış gösterdiği belirlenmiştir. Çalışma kapsamında ayrıca sirkede bulunan karakteristik aroma bileşikleri etil asetat, izoamilasetat, feniletal asetat, β -feniletal alkol ve 4-vinyl guaiacol, organik asitler ise asetik asit, süksinik asit, malik asit ve laktik asit olarak tanımlanmıştır [80].

Üretimde kullanılan hammadde ve üretim yöntemine bağlı olarak sirkelerde duyu özelliklerin yanı sıra toplam asitlik, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerleri de değişim göstermektedir [81, 82, 83, 84]. Spontan alkol fermentasyonu ile üretilen sirkelerin, starter kültür inokülasyonu ile üretilen sirkelerden daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu bildirilmektedir [83]. Türkiye'de geleneksel ve ticari olarak üretilen farklı sirkelerde (geleneksel olarak üretilen üzüm sirkesi, elma sirkesi, nar sirkesi, elma-limon sirkesi, enginar sirkesi, alıç sirkesi ve endüstriyel olarak üretilen üzüm sirkesi, elma sirkesi, limon sirkesi, vişne sirkesi, nar sirkesi) en yüksek toplam fenolik madde (2228.79 mg GAE/L), toplam flavonoid (349.05 mg kateşin/L) ve antiradikal aktivite (DPPH) (%89.53) değerlerinin geleneksel üzüm sirkelerinde olduğu belirlenmiştir [74]. Pirinç sirkesinde toplam fenolik madde içeriği 24.73 mg GAE/L ve DPPH serbest radikal giderme aktivitesi %6.72 iken tatlı patates sirkesinde bu değerler sırasıyla 327.14 mg GAE/L ve %67.63 olarak değişim göstermiş, ayrıca pirinç sirkesinin daha yüksek aroma ve asitliğe sahip olduğu belirlenmiştir [54].

Sirke üretiminde kullanılan hammaddede doğal olarak bulunan fenolik bileşikler sirke üretimi sırasında yeni antioksidan etkili fenolik bileşiklere dönüşmekte ve elde edilen son ürün önemli fonksiyonel özellikler göstermektedir [17, 85]. Kore'de yapılan bir çalışmada şarap sirkesi üretimi sırasında meydana gelen değişimler incelenmiş, sirke üretiminde kullanılan hammaddede toplam fenolik madde ve toplam flavonoid içeriği sırasıyla 58.23 mg GAE/100 mL ve 9.93 mg GAE/100 mL iken, sirkede bu değerlerin sırasıyla 84.15 mg GAE/100 mL ve 17.22 mg GAE/100 mL seviyelerine ulaştığı belirlenmiştir [86]. Bununla birlikte yapılan diğer bir çalışmada, dut sirkesi üretim aşamasında antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içerikleri incelenmiş, en yüksek değerlerin dut sirkesinde bulunduğu bildirilmiştir [87].

SİRKENİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Sirkenin sağlık üzerine yararlı etkileri içeriğinde bulunan organik asitler, amino asitler, fenolik bileşikler ve melanoidinler gibi biyoaktif bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Sirkede bulunan bu bileşiklerin antimikrobiyel, antioksidan, antidiyabetik, kardiyovasküler, antikarsinojenik, antitümör, antienfeksiyon etkilerinin olduğu ve çeşitli sağlık uygulamalarında kullanıldığı bildirilmektedir [2].

Yapılan birçok çalışmada sirkenin *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, *Escherichia coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *Staphylococcus aureus* ve gibi gıda kaynaklı patojen mikroorganizmalar üzerine inhibe edici etkisinin olduğu ortaya konulmuştur [2, 74, 88-90]. Sirkenin gıda hazırlamada kullanılan çeşitli ekipman ve yüzeylerin dezenfeksiyonunda kullanılabileceği, ayrıca sebzelere bulunabilen bazı patojen bakterilerin sirkeli suda bekletilerek etkili bir şekilde yok edilebileceği farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarla belirlenmiştir [2, 90-95].

Çeşitli sirkelerin antimikrobiyel etkilerinin yanı sıra önemli seviyede antioksidan aktiviteye de sahip olduğu, bu aktivitenin sirke içerisinde bulunan biyoaktif bileşenlerden kaynaklandığı ve bu bileşenlerin kullanılan sirke çeşidine bağlı olarak değiştiği bildirilmektedir [2]. Örneğin Japonya'da geleneksel olarak üretilen sirkelerden biri olan Kurosu'nun (siyah pirinç sirkesi) fenolik maddeler açısından şarap ve elma sirkesinden daha zengin olduğu ve paralelinde antioksidan aktivitesinin de diğer sirkelere kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir [96]. Benzer şekilde, yulaf sirkesinin tokotrienol, fenolik bileşenler, flavonoidler, fitik asit, sterol ve avenantiramitler gibi fitokimyasallar içerdiği ve pirinç sirkesinden daha güçlü serbest radikal giderme aktivitesine ve lipid peroksidasyon inhibisyon etkisine sahip olduğu belirlenmiştir [97]. Genellikle tahıl ve meyve sirkelerinin, pişirme ve yıllandırma aşamalarında oluşan ve sirkedeki makromolekül bileşen olan melanoidinleri içermesi nedeni ile daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip oldukları da bildirilmektedir [24, 98].

Sirke kan şekeri seviyesini olumlu yönde etkilemekte ve son yıllarda diyabetik hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarla sirke tüketiminin insülin-dirençli insidanslarda postprandiyal glisemiye plasebo değerlerine kıyasla %64 oranında düşürdüğü belirlenmiştir [99]. Bununla birlikte %0.3 ve % 2 asetik asit çözeltisinin tüketiminin kandaki glukoz seviyesini önemli seviyede düşürdüğü tespit edilmiştir [100, 101]. Mor tatlı patates sirkesinden izole edilen yeni bir doğal α -glukosidaz inhibitörü olan *caffeoilsophorose*'un, farelerde hipoglisemik etkisinin olduğu belirlenmiştir [58]. Ayrıca sirkelerin antidiyabetik ilaçlarla karşılaştırılabilir olduğu da bildirilmektedir [102].

Sirkenin kardiyovasküler hastalıklar üzerine koruyucu etkisinin bulunduğu birçok çalışma ile belirlenmiştir. Elma sirkesinin farelerde kolesterol seviyesini düşürdüğü, düşük yoğunluklu lipoprotein (low density lipoprotein (LDL)) oksidasyonunu inhibe ettiği ve kardiyovasküler hastalıkları önlediği kanıtlanmıştır [103, 104]. Sorgum sirkesinde bulunan alditol ve monosakkaritlerin, kardiyovasküler hastalıkların tedavisinde faydalı olabilecek antiplatelet agregasyon aktivitesini başlattığı bildirilmektedir [105]. Komesu (Japonya pirinç sirkesi) ve Kurosu (siyah pirinç sirkesi)'nun antihipertansif ve antiinflamatuvar etkilerinin olduğu, aynı zamanda bu sirkelerde bulunan organik asitlerin kardiyovasküler hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde önemli rol aldığı belirtilmektedir [106].

Çeşitli çalışmalarla sirkenin antikarsinogenik etkisi kanıtlanmıştır. Bu konuda yapılan bir çalışmada, yüksek antioksidan aktiviteye ve zengin fenolik madde içeriğine sahip olan Kurosu'nun, kullanılan doza bağlı olarak kanser hücrelerinin gelişimini engellediği belirlenmiştir [107]. Antikanser özelliği kanıtlanmış bir bileşik olan triptofolun, Japonya siyah soya sirkesinden izole edildiği bildirilmektedir [108, 109].

Ayrıca farklı sirkelerin kan lipid-seviyesini düşürücü etkisi olduğu çeşitli çalışmalarla kanıtlanmıştır. Siyah sirke,

domates sirkesi ve nar sirkesinin lipid düşürücü etkisinin bulunduğu ve antiobezite tedavisinde kullanılabilecek fonksiyonel bir ürün olduğu bildirilmektedir [28, 110, 111]. Yapılan araştırmalar, sirkenin antibakteriyel, antienfeksiyon ve antioksidan etkilerinin, yapısında bulunan organik asitler, polifenol ve melanoidinlerden kaynaklandığını, zengin asetik asit içeriğinin ise kan glukozunun kontrolü, lipid metabolizmasının düzenlenmesi ve kilo kaybına neden olduğunu ortaya koymuştur [112].

SONUÇ

Sirke, eski yıllardan bu yana tüm Dünya'da çeşitli hammaddelerden farklı yöntemler kullanarak üretilen özel bir üründür. Sirke mikroflorasında önemli bir yere sahip olan asetik asit bakterileri ortamda baskın olarak asetik asit üretmekte ve böylece elde edilen ürünün gıdalarda sadece lezzet verici olarak değil, aynı zamanda koruyucu olarak da kullanımına olanak sağlamaktadırlar. Önceleri düşük kalitedeki meyveleri değerlendirmek üzere ekonomik bir ürün olarak üretilen sirke, yıllar içerisinde değer kazanmış ve sağlık üzerine olumlu etkileri bilimsel olarak kanıtlandıktan sonra da çok daha önemli bir ürün haline gelmiştir. Ülkemizde de farklı hammaddelerden hem geleneksel hem de endüstriyel olarak üretilen çeşitli sirkeler bulunmasına karşın bu konuda yapılan sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. İleride yapılacak çalışmalarla bize özgü sirkelerde bulunan mikroorganizmaların ve biyoaktif bileşiklerin detaylandırılması ile hem ülke ekonomisine hem de literatüre önemli katkı sağlanmış olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] FDA (Food and Drug Administration), (1989). Acetic acid - use in foods - labeling of foods in which used. <https://www.fda.gov/iceci/compliancemanuals/compliancepolicyguidancemanual/ucm074577.htm>. (Erişim Tarihi Temmuz 2017).
- [2] Karabiyikli, S., Sengun, I.Y. (2017). Beneficial Effects of Acetic Acid Bacteria and Their Food Products. In *Acetic Acid Bacteria: Fundamentals and Food Applications*, Edited by I.Y. Sengun, Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 221-242p.
- [3] Plessi, M. (2003). Vinegar. In *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, Edited by B. Caballero, L.C. Trugo, P.M. Finglas, Academic Press, Oxford, 5996-6003p.
- [4] Solieri, L., Giudici, P. (2009). *Vinegars of the World*. Springer, Berlin.
- [5] Rosma, A., Nadiyah, A.H.S., Raj, A., Supwat, T., Sharma, S., Joshi, V.K. (2016). Acetic Acid Fermented Product. In *Indigenous Fermented Foods of South Asia*, Edited by V.K. Joshi, CRC Press, Taylor & Francis Group, Florida, 598-635p.
- [6] TSE (Türk Standartları Enstitüsü), (2016). Sirke-Tarım kökenli sıvılardan elde edilen ürün-tarifler, özellikler, işaretleme (Vol. TS 1880 EN 13188/D1:2016), Ankara.
- [7] Giudici, P., De Vero, L., Gullo, M. (2017). Vinegars. In *Acetic Acid Bacteria: Fundamentals and Food*

- Applications, Edited by I.Y. Sengun, Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 261-287p.
- [8] FDA (Food and Drug Administration), (1989), Acetic acid - use in foods - labeling of foods in which used. <https://www.fda.gov/iceci/compliancemanuals/compliancepolicyguidancemanual/ucm074577.htm>. Accessed: July 2017.
- [9] EC (Council Regulation), (1999), No 1493/1999 of 17 May 1999 on the common organisation of the market in wine, Official Journal of the European Communities L179: 1-84 pp.
- [10] CNS (Chinese National Standard), (2005), Edible Vinegar, No.14834, N5239, Ministry of Economic Affairs, Taiwan, Republic of China.
- [11] Gullo, M., Verzelloni, E., Canonico, M., 2014. Aerobic submerged fermentation by acetic acid bacteria for vinegar production: Process and biotechnological aspects. *Process Biochemistry*, 49, 1571-1579.
- [12] De Vuyst, L. (2000). Technology aspects related to the application of functional starter cultures. *Food Technology and Biotechnology*, 38, 105-112.
- [13] Morales, M.L., Tesfaye, W., Garcia-Parrilla, M.C., Casas, J.A., Troncoso, A.M. (2001). Sherry wine vinegar: Physicochemical changes during the acetification process. *Journal Science and Food Agriculture*, 81, 611-619.
- [14] Tan, S.C. (2005), Vinegar Fermentation, MSc Thesis, University of Louisiana, 123p (unpublished).
- [15] Aktan, N., Yıldırım, H.K. (2011). Sirke Teknolojisi. Sidas Yayınevi, İzmir.
- [16] Guizani, N., Mothershaw, A. (2006). Fermentation: General principles. In Handbook of Food Science, Technology and Engineering, Edited by Y.H. Hui, Taylor & Francis, London, 63p.
- [17] Shahidi, F., McDonald, J., Chandrasekara, A., Zhong, Y. (2008). Phytochemicals of foods, beverages and fruit vinegars: chemistry and health effects. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 17, 380-382.
- [18] Sengun, I.Y. (2015). Acetic acid bacteria in food fermentations. In Fermented Foods: Part 1. Biochemistry and Biotechnology, Edited by D. Montet, R.C. Ray, CRC Press, Boca Raton, USA, 91-111p.
- [19] Joshi, V.K., Thakur, N.S. (2000). Vinegar: Composition and Production, In Postharvest Technology of Fruits and Vegetables, Edited by L.R. Verma, V.K. Joshi, New Delhi: The Indus Publication, 1128-1170p.
- [20] Sengun, I.Y. (2013). Microbiological and chemical properties of fig vinegar produced in Turkey. *African Journal of Microbiology Research*, 7, 2332-2338.
- [21] Disciplinary di produzione, (2000a), Aceto Balsamico Tradizionale di Modena. MiPAF 15/05/2000. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana.
- [22] Disciplinary di produzione, (2000b), Aceto Balsamico Tradizionale di Reggio Emilia. MiPAF 15/05/2000. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana.
- [23] Verzelloni, E., Tagliacucchi, D., Conte, A. (2010). From balsamic to healthy: Traditional balsamic vinegar melanoidins inhibit lipid peroxidation during simulated gastric digestion of meat. *Food and Chemical Toxicology*, 48, 2097-2102.
- [24] Tagliacucchi, D., Verzelloni, E., Conte, A. (2010). Contribution of melanoidins to the antioxidant activity of traditional balsamic vinegar during aging. *Journal Food Biochemistry*, 34, 1061-1078.
- [25] Ilha, E.C., Santanna, E., Torres, R.C., Porto, A.C., Meinert, E.M. (2000). Utilization of bee (*Apis mellifera*) honey for vinegar production at laboratory scale. *Acta Cientifica Venezuelana*, 51, 231-235.
- [26] Alak, G.D. (2015). Bal ve bal sirkelerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi* 113s (yayımlanmamış).
- [27] Raspor, P., Goranovic, D., 2008. Biotechnological applications of acetic acid bacteria. *Critical Reviews in Biotechnology* 28: 101-124.
- [28] Lee, J.H., Cho, H.D., Jeong, J.H., Lee, M.K., Jeong, Y.K., Shim, K.H., Seo, K.I. (2013). New vinegar produced by tomato suppresses adipocyte differentiation and fat accumulation in 3T3-L1 cells and obese rat model. *Food Chemistry*, 141, 3241-3249.
- [29] Sievers, M., Swings, J. (2005). Family II. Acetobacteraceae Gillis and De Ley 1980, Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. In the Proteobacteria, Part C, The Alpha-, Beta-, Delta- and Epsilonproteobacteria, Edited by G.M. Garrity, D.J. Brenner, N.R. Krieg, J.T. Staley, Springer, New York, 41-95p.
- [30] Malimas, T., Vu, H.T.L., Muramatsu, Y., Yukphan, P., Tanasupawat, S., Yamada, Y. (2017). Systematics of Acetic Acid Bacteria. In Acetic Acid Bacteria: Fundamentals and Food Applications, Edited by I.Y. Sengun, Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 261-287p.
- [31] Trček, J., Barja, F. (2015). Updates on quick identification of acetic acid bacteria with a focus on the 16S–23S rRNA gene internal transcribed spacer and the analysis of cell proteins by MALDI-TOF mass spectrometry. *International Journal of Food Microbiology*, 196, 137-144.
- [32] Şengün, İ.Y., Kılıç, G. (2016). Asetik asit bakterilerinin izolasyonu, tanımlanması ve güncel taksonomisi. *Biodicon-Biological Diversity and Conservation*, 9(1), 154-162.
- [33] Gullo, M., Caggia, C., De Vero, L., Giudici, P., 2006. Characterization of acetic acid bacteria in "traditional balsamic vinegar". *International Journal of Food Microbiology* 106: 209-212.
- [34] Zahoor, T., Siddique, F., Farooq, U. (2006). Isolation and characterization of vinegar culture (*Acetobacter aceti*) from indigenous sources. *British Food Journal*, 108, 429-439.
- [35] Sengun I.Y., Karabiyikli S. (2011). Importance of acetic acid bacteria in food industry. *Food Control*, 22, 647-656.
- [36] Hidalgo, C., Garcia, D., Romero, J., Mas, A., Torija, M.J., Mateo, E. (2013). *Acetobacter* strains isolated during the acetification of blueberry (*Vaccinium*

- corymbosum* L.) wine. *Applied Microbiology*, 57(3), 227-232.
- [37] Mateo, E., Valera, M.J., Torija, M.J., Mas, A. (2014). Cellulose production and cellulose synthase gene detection in acetic acid bacteria. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99(3), 1349-1361.
- [38] Cleenwerck, I., De Vos, P. (2008). Polyphasic taxonomy of acetic acid bacteria: an overview of the currently applied methodology. *International Journal of Food Microbiology*, 125(1), 2-14.
- [39] Asai, T., Iizuka, H., Komagata, K. (1964). The flagellation and taxonomy of genera *Gluconobacter* and *Acetobacter* with reference to the existence of intermediate strains. *Journal of General and Applied Microbiology*, 10, 95-126.
- [40] Franke, I.H., Fegan, M., Hayward, C., Leonard, G., Stackebrandt, E., Sly, L.I. (1999). Description of *Gluconacetobacter sacchari* sp. nov., a new species of acetic acid bacterium isolated from the leaf sheath of sugar cane and from the pink sugarcane mealy bug. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 49, 1681-1693.
- [41] Yamada, Y., Katsura, K., Kawasaki, H., Widyastuti, Y., Saono, S., Seki, T., Uchimura, T., Komagata, K. (2000). *Asaia bogorensis* gen. nov., sp. nov., an unusual acetic acid bacterium in the α -Proteobacteria. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 50, 823-829.
- [42] Yamada, Y., Yukphan, P. (2008). Genera and species in acetic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 125, 15-24.
- [43] Yamada, Y., Yukphan, P., Lan Vu, H.T., Muramatsu, Y., Ochaikul, D., Tanasupawat, S., Nakagawa, Y. (2012). Description of *Komagataeibacter* gen. nov., with proposals of new combinations (Acetobacteraceae). *The Journal of General and Applied Microbiology*, 58, 397-404.
- [44] Gullo, M., De Vero, L., Giudici, P. (2009). Succession of selected strains of *Acetobacter pasteurianus* and other acetic acid bacteria in traditional balsamic vinegar. *Applied of Environmental Microbiology*, 75(8), 2585-2589.
- [45] Lee, K.W., Shim, J.M., Kim, G.M., Shin, J.H., Kim, J.H., 2015. Isolation and characterization of *Acetobacter* species from a traditionally prepared vinegar. *Microbiology and Biotechnology Letters* 43(3): 219-226.
- [46] Baek, C.H., Park, E.H., Baek, S.Y., Jeong, S.T., Kim, M.K., Kwon, J.H., Jeong, Y.J., Ye, S.H. (2014). Characterization of *Acetobacter pomorum* KJY8 isolated from Korean traditional vinegar. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24(12), 1679-1684.
- [47] Vegas, C., González, A., Mateo, E., Albert Mas, A., Poblet, M., Torija, M.J. (2013). Evaluation of representativity of the acetic acid bacteria species identified by culture-dependent method during a traditional wine vinegar production. *Food Research International*, 51(1), 404-411.
- [48] Yetiman, A.E., Kesmen, Z. (2015). Identification of acetic acid bacteria in traditionally produced vinegar and mother of vinegar by using different molecular techniques. *International Journal of Food Microbiology*, 204, 9-16.
- [49] Perumpuli, P.A.B.N., Watanabe, T., Toyama, H. (2014). Identification and characterization of thermotolerant acetic acid bacteria strains isolated from coconut water vinegar in Sri Lanka. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 78(3), 533-541.
- [50] Fu, L., Chen, S., Yi, J., Hou, Z. (2013). Effects of different fermentation methods on bacterial cellulose and acid production by *Gluconacetobacter xylinus* in Cantonese-style rice vinegar. *Food Science and Technology International*, 20(5), 321-331.
- [51] Haruta, S., Ueno, S., Egawa, I., Hashiguchi, K., Fujii, A., Nagano, M., Ishii, M., Igarashi, Y. (2006). Succession of bacterial and fungal communities during a traditional pot fermentation of rice vinegar assessed by PCR-mediated denaturing gradient gel electrophoresis. *International Journal of Food Microbiology*, 109, 79-87.
- [52] Wu, J.J., Ma, Y.K., Zhang, F.F., Chen, F.S. (2012). Biodiversity of yeasts, lactic acid bacteria and acetic acid bacteria in the fermentation of "Shanxi aged vinegar", a traditional Chinese vinegar. *Food Microbiology*, 30, 289-297.
- [53] Mas, A., Torija, M.J., Parrilla, M.C.G., Troncoso, A.M. (2014). Acetic acid bacteria and the production and quality of wine vinegar. *The Scientific World Journal Volume*, 6.
- [54] Chun, J.E., Baik, M.Y., Kim, B.Y. (2014). Manufacture and quality evaluation of purple sweet potato makgeolli vinegar using a 2-stage fermentation. *Food Science and Biotechnology*, 23(4), 1145-1149.
- [55] Wang, Z.M., Lu, Z.M., Yu, Y.J., Li, G.Q., Shi, J.S., Xu, Z.H. (2015). Batch-to-batch uniformity of bacterial community succession and flavor formation in the fermentation of Zhenjiang aromatic vinegar. *Food Microbiology*, 50, 64-69.
- [56] Sengun, I.Y., Doyle, M.P. (2017). Microbiology of Fermented Foods. In *Acetic Acid Bacteria: Fundamentals and Food Applications*, Edited by I.Y. Sengun, Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 213-260p.
- [57] Sokollek, S.J., Hammes, W.P. (1997). Description of a starter culture preparation for vinegar fermentation. *Systematic and Applied Microbiology*, 20, 481-491.
- [58] Matsui, T., Ebuchi, S., Fukui, K., Matsugano, K., Terahara, N., Matsumoto, K. (2014). Caffeoylsophorose, a new natural α -glucosidase inhibitor, from red vinegar by fermented purple-fleshed sweet potato. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 68, 2239-2246.
- [59] Hidalgo, C., Mateo, E., Cerezo, A.B., Torija, M.J., Mas, A. (2010a). Technological process for production of persimmon and strawberry vinegars. *International Journal of Wine Research*, 2, 55-61.
- [60] Hidalgo, C., Vegas, C., Mateo, E., Tesfaye, W., Cerezo, A., Callejón, R., Poblet, M., Guillamón, J., Mas, A., Torija, M. (2010b). Effect of barrel design and the inoculation of *Acetobacter pasteurianus* in

- wine vinegar production. *International Journal of Food Microbiology*, 141(1), 56-62.
- [61] Giudici, P., Solieri, L., Pulvirenti, A., Cassanelli, S. (2005). Strategies and perspectives for genetic improvement of wine yeasts. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 66, 622-628.
- [62] Gullo, M., Giudici, P. (2008). Acetic acid bacteria in traditional balsamic vinegar: Phenotypic traits relevant for starter cultures selection. *International Journal of Food Microbiology*, 125(1), 46-53.
- [63] Cocolin, L., Pepe, V., Comitini, F., Comi, G., Ciani, M. (2004). Enological and genetic traits of *Saccharomyces cerevisiae* isolated from former and modern wineries. *FEMS Yeast Research*, 5, 237-245.
- [64] Parrondo, J., Herrero, M., García, L.A., Díaz, M. (2003). A Note – Production of vinegar from whey. *Journal of the Institute of Brewing*, 109, 356-358.
- [65] Gobbi, M., De Vero, L., Solieri, L., Comitini, F., Oro, L., Giudici, P., Ciani, M. (2014). Fermentative aptitude of non-*Saccharomyces* wine yeast for reduction in the ethanol content in wine. *European Food Research and Technology*, 239, 41-48.
- [66] 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.
- [67] Solieri, L., Landi, S., De Vero, L., Giudici, P., 2006. Molecular assessment of indigenous yeast population from traditional balsamic vinegar. *Journal of Applied Microbiology* 101: 63-71.
- [68] Londoño-Hernández, L., Ramírez-Torob, C., Ruiza, H.A., Ascacio-Valdés, J.A., Aguilar-Gonzalez, M.A., Rodríguez-Herrera, R., Aguilar, C.N. (2017). *Rhizopus oryzae* – Ancient microbial resource with importance in modern food industry. *International Journal of Food Microbiology*, 257, 110-127.
- [69] Peng, Q., Yang, Y., Guo, Y., Han, Y., 2015. Analysis of bacterial diversity during acetic acid fermentation of tianjin duli aged vinegar by 454 pyrosequencing. *Current Microbiology* 71(2): 195-203.
- [70] Kılıç, O. (1976). Piyasada satılan sirkelerin bileşimleri üzerinde bir araştırma. *Gıda*, 1(1), 121-125.
- [71] Şahin, İ., Yavaş, İ., Kılıç, O. (1977). Kuru üzüm sirkesi üretiminde öğütme ve çeşitli katkı maddelerinin fermantasyon süresi ve verime etkileri. *Gıda*, 2(3), 95-105.
- [72] Şahin, İ., Kılıç, O. (1981). Kuru üzüm ve şarap sirkelerinin bileşimleri ve kontrol yöntemleri üzerinde araştırma. *Gıda*, 6(6), 5-13.
- [73] Gerbi, V., Zeppa, G., Beltramo, R., Carnacini, A., Antonelli, A. (1998). Characterization of white vinegars of different sources with artificial neural networks. *Journal Science Food Agriculture*, 78, 415-425.
- [74] Ozturk, I., Caliskan, O., Tornuk, F., Sagdic, O. (2015). Antioxidant, antimicrobial, mineral, volatile, physicochemical and microbiological characteristics of traditional homemade Turkish vinegars. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 63, 144-151.
- [75] Spinosa, W.A., Santos Junior, V.D., Galyan, D., Florio, J.L., Gomez, R.J.H.C. (2015). Vinegar rice (*Oryza sativa* L.) produced by submerged fermentation process from alcoholic fermented rice. *Food Science and Technology*, 35(1), 196-201.
- [76] Horiuchi, J., Tada, K., Kobayashi, M., Kanno, T., Ebie, K. (2004). Biological approach for effective utilization of worthless onions vinegar production and composting. *Resources, Conservation and Recycling*, 40, 97-109 pp.
- [77] Abe, K., Kushibiki, T., Matsue, H., Furukawa, K., Motomura, S. (2007). Generation of antitumor active neutral medium-sized a-glycan in apple vinegar fermentation. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 71, 2124-2129.
- [78] Ojansivu, I., Ferreirab, C.L., Salminen, S. (2011). Yacon, a new source of prebiotic oligosaccharides with a history of safe use. *Trends in Food Science & Technology*, 22, 40-46.
- [79] Ghosh, S., Chakraborty, R., Chatterjee, A., Raychaudhuri, U. (2014). Optimization of media components for the production of palm vinegar using response surface methodology. *Journal Institute of Brewing and Distilling*, 120, 550-558.
- [80] Qi, W., Wang, C., Cao, X., Zhao, G., Wang, C., Hou, L. (2013). Flavour analysis of Chinese cereal vinegar. International conference on agricultural and natural resources engineering. *IERI Procedia*, 5, 332-338.
- [81] Natera, R., Castro, R., Valme-Garcia-Moreno, M.D., Hernandez, M.J., Garcia-Barroso, C. (2003). Chemometric studies of vinegars from different raw materials and processes of production. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 3345-3351.
- [82] Budak, N.H., Guzel-Seydim, Z. (2010). Antioxidant activity and phenolic content of wine vinegars produced by two different techniques. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90, 2021-2026.
- [83] Ubeda, C., Hidalgo, C., Torija, M.J., Mas, A., Troncoso, A.M., Morales, M.L. (2011). Evaluation of antioxidant activity and total phenols index in persimmon vinegars produced by different processes. *Food Science and Technology*, 44(7), 1591-1596.
- [84] Bakir, S., Toydemir, G., Boyacioglu, D., Beekwilder, J., Capanoglu, E. (2016). Fruit antioxidants during vinegar processing: Changes in content and in vitro bio-accessibility. *International Journal of Molecular Sciences*, 17, 1658.
- [85] Martins, S., Mussatto, S.I., Martinez-Avila, G., Montanez-Saenz, J., Aguilar, C.N., Teixeira, J.A. (2011). Bioactive phenolic compounds: production and extraction by solid-state fermentation. *Biotechnology Advances*, 29, 365-373.
- [86] 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.
- [87] Budak, N.H. (2015). Dut sirkesi oluşum sürecinde ileri analitik tekniklerle toplam antioksidan aktivitesi ve fenolik bileşenleri. *Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü*, 2(2), 27-31.
- [88] Entani, E., Asai, M., Tsujihata, S., Tsukamoto, Y., Ohta, M. (1998). Antibacterial action of vinegar against food-borne pathogenic bacteria including *Escherichia coli* O157: H7. *Journal of Food Protection*, 61(8), 953-959.
- [89] Hindi, N.K. (2013). In vitro antibacterial activity of aquatic garlic extract, apple vinegar and apple vinegar-garlic extract combination. *American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics*, 1, 42-51.
- [90] Sengun, I.Y., Karapinar, M., 2004. Effectiveness of lemon juice, vinegar and their mixture in elimination of *Salmonella* Typhimurium on carrots. *International Journal of Food Microbiology* 96: 301-305.
- [91] Vijayakumar, C., Wolf-Hall, C. (2002). Evaluation of household sanitizers for reducing levels of *E. coli* on iceberg lettuce. *Journal of Food Protection*, 65, 1646-1650.
- [92] Sengun, I.Y., Karapinar, M. (2005a). Effectiveness of household natural sanitizers in the elimination of *Salmonella* Typhimurium on rocket (*Eruca sativa* Miller) and spring onion (*Allium cepa* L.). *International Journal of Food Microbiology*, 98, 319-323.
- [93] Sengun, I.Y., Karapinar, M. (2005b). Elimination of *Yersinia enterocolitica* on carrots (*Daucus carota* L.) by using household sanitisers. *Food Control*, 16, 845-850.
- [94] Chang, J.M., Fang, T. J. (2007). Survival of *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella enterica* serovars Typhimurium in iceberg lettuce and the antimicrobial effect of rice vinegar against *E. coli* O157: H7. *Food Microbiology*, 24(7), 745-751.
- [95] Ramos, B., Brandão, T.R.S., Teixeira, P., Silva, C. L. M. (2014). Balsamic vinegar from Modena: An easy and effective approach to reduce *Listeria monocytogenes* from lettuce. *Food Control*, 42, 38-42.
- [96] Nishidai, S., Nakamura, Y. and Torikai, K. (2000). Kurosu, a traditional vinegar produced from unpolished rice, suppresses lipid peroxidation in vitro and in mouse skin. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 64, 1909-1914.
- [97] Qiu, J., Ren, C., Fan, J., Li, Z. (2010). Antioxidant activities of aged oat vinegar in vitro and in mouse serum and liver. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90, 1951-1958.
- [98] Yang, L., Wang, X., Yang, X. (2014). Possible antioxidant mechanism of melanoidins extract from Shanxi aged vinegar in mitophagy-dependent and mitophagy-independent pathways. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, 8616-8622.
- [99] Johnston, C.S., Kim, C.M., Buller, A.J. (2004). Vinegar improves insulin sensitivity to a high-carbohydrate meal in subjects with insulin resistance or type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 27, 281-282.
- [100] Xibib, S., Meilan, H., Moller, H., Evans, H.S., Dixin, D., Wenjie, D., Jianbang, L. (2003). Risk factors for oesophageal cancer in Linzhou, China: A case-control study. *Asian-Pacific Journal of Cancer Prevention*, 4, 119-124.
- [101] Sakakibara, S., Yamauchi, T., Oshima, Y., Tsukamoto, Y., Kadowaki, T. (2006). Acetic acid activates hepatic AMPK and reduces hyperglycemia in diabetic KK-A (y) mice. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 344, 597-604.
- [102] Yusoff, N.A., Yam, M.F., Beh, H.K., Razak, K.N.A., Widyawati, T., Mahmud, R., Ahmad, M., Asmawi, M.Z. (2015). Antidiabetic and antioxidant activities of *Nypa fruticans* Wurmb. vinegar sample from Malaysia. *Asian-Pacific Journal of Tropical Medicine*, 8, 595-605.
- [103] Laranjinha, J.A.N., Almeida, L.M., Madeira, V.M.C. (1994). Reactivity of dietary phenolic acids with peroxy radicals: Antioxidant activity upon low density lipoprotein peroxidation. *Biochemical Pharmacology*, 48, 487-494.
- [104] Budak, N.H., Kumbul Doguc, D., Savas, C.M., Seydim, A.C., Kok Tas, T., Ciris, M.I., Guzel-Seydim, Z.B. (2011). Effects of apple cider vinegars produced with different techniques on blood lipids in high-cholesterol-fed rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 6638-6644.
- [105] Li, J., Yu, G., Fan, J. (2014). Alditols and monosaccharides from sorghum vinegar can attenuate platelet aggregation by inhibiting cyclooxygenase-1 and thromboxane-A2 synthase. *Journal of Ethnopharmacology*, 155, 285-292.
- [106] Jing, L., Yanyan, Z., Junfeng, F. (2015). Acetic acid in aged vinegar affects molecular targets for thrombus disease management. *Food and Function*, 6, 2845-2853.
- [107] Nanda, K., Miyoshi, N., Nakamura, Y., Shimoji, Y., Tamura, Y., Nishikawa, Y., Uenakai, K., Kohno, H., Tanaka, T. (2004). Extract of vinegar 'Kurosu' from unpolished rice inhibits the proliferation of human cancer cells. *Journal of Experimental and Clinical Cancer Research*, 23, 69-76.
- [108] Inagaki, S., Morimura, S., Gondo, K., Tang, Y., Akutagawa, H., Kida, K. (2007). Isolation of tryptophol as an apoptosis-inducing component of vinegar produced from boiled extract of black soybean in human monoblastic leukemia U937 cells. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 71, 371-379.
- [109] Baba, N., Higashi, Y., Kanekura, T. (2013). Japanese black vinegar "Izumi" inhibits the proliferation of human squamous cell carcinoma cells via necroptosis. *Nutrition and Cancer*, 65, 1093-1097.
- [110] Park, J.E., Kim, J.Y., Kim, J., Kim, Y.J., Kim, M.J., Kwon, S.W., Kwon, O. (2014). Pomegranate vinegar beverage reduces visceral fat accumulation in association with AMPK activation in overweight women: A double-blind, randomized and placebo-controlled trial. *Journal of Functional Foods*, 8, 274-281.
- [111] Chou, C.H., Liu, C.W., Yang, D.J., Wu, Y.H.S., Chen, Y.C. (2015). Amino acid, mineral and

polyphenolic profiles of black vinegar, and its lipid-lowering and antioxidant effects in vivo. *Food Chemistry*, 168, 63-69.

[112]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, 1124-1138.
