



Antimicrobial Effect of Vinegar

Çağlar Gökırmaklı^{1,a}, Havva Nilgün Budak^{2,b}, Zeynep Banu Güzel-Seydim^{1,c,*}

¹Department of Food Engineering, Engineering Faculty, Süleyman Demirel University, 32000 İsparta, Turkey

²Department of Food Processing, Eğirdir Vocational School, İsparta University of Applied Sciences, 32000 İsparta, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Review Article</i></p> <p>Received : 26/05/2019 Accepted : 05/08/2019</p> <p>Keywords: Vinegar Antimicrobial effect Traditional Industrial Acetic acid</p>	<p>Phenolic compounds, organic acids and microbial metabolites as well as high acid content are the main reasons behind the antimicrobial activity of vinegar against various microorganisms. The antimicrobial effect of the vinegar may change depending on raw material, production method and treatment time of the vinegar. In literature, antimicrobial effects of traditionally produced vinegars from different sources such as berry, wood, grape, apple, pomegranate, honey, blueberry, rice and industrially produced vinegars investigated. As a result, vinegars have antimicrobial effect on various gram negative and gram positive microorganisms. The aim of this review is to provide a detailed up-to-date information on the antimicrobial effect of vinegar.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi 7(10): 1635-1640, 2019

Sirkenin Antimikrobiyel Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Derleme Makale</i></p> <p>Geliş : 26/05/2019 Kabul : 05/08/2019</p> <p>Anahtar Kelimeler: Sirke Antimikrobiyel etki Geleneksel Endüstriyel Asetik asit</p>	<p>Sirke, bileşiminde bulunan fenolik maddeler, organik asitler ve mikrobiyel metabolitlerin yanı sıra sahip olduğu yüksek asitlik sebebiyle çeşitli mikroorganizmalara karşı antimikrobiyel etkiye sahiptir. Kullanılan hammadde, üretim metodu ve muamele süresine bağlı olarak sirkenin antimikrobiyel etkisinin değişebildiği belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda, geleneksel yöntemle üretilen dut, odun, üzüm, elma, nar, bal, yaban mersini, pirinç sirkeleri ve çeşitli ticari sirkelerin antimikrobiyel etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak, sirkelerin çeşitli gram negatif ve gram pozitif mikroorganizmalar üzerinde antimikrobiyel etkisi tespit edilmiştir. Bu derlemenin amacı, farklı hammaddelerden elde edilen sirkelerin çeşitli mikroorganizmalar üzerindeki antimikrobiyel etkisiyle ilgili güncel araştırmaları detaylı bilgilerle sunmaktır.</p>

^a caglargokirmakli@gmail.com
^c zeynepseydim@sdu.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0002-2572-8589>
^d <https://orcid.org/0000-0002-1536-6545>

^b nilgunbudak@isparta.edu.tr ^d <https://orcid.org/0000-0003-2494-6370>



Giriş

Sirke, tarihi çok eski uygarlıklara kadar uzanan bir gıda maddesidir. Mezopotamya’da “ekşi bira” olarak bahsi geçen sirke, Mısır’da “hequa”, Roma’da ise “acetum” olarak adlandırılmıştır (Altunbağ ve Zencir, 2018). Sirke geçmişten günümüze kadar Anadolu’da da beğenilerek tüketilmiştir. Örneğin, Selçuklular’da ve Osmanlılar’da halkın üzümden sirke elde ederek kullandığı bilinmektedir. Ayrıca, Osmanlılar’da halk ekşi tadı sevdiği için çorbalar çoğunlukla sirke ilave edilerek tüketilmiştir (Demirgöl, 2018).

Sirke, fermente edilebilir nitelikteki şekerlerin mayalar tarafından önce etanole, ardından ise elde edilen bu etanolün asetik asit bakterilerince oksidasyona uğratılması sonucu elde edilen bir üründür. Sirke, berrak, sulu ve çoğunlukla üretiminde kullanılan hammaddenin rengine sahiptir. Sirkenin kullanım alanı ve amacı farklılık gösterebilmektedir. Örneğin, turşu üretiminde ya da mayonez, salça, salamura, hardal ve farklı pek çok gıdanın hazırlanmasında kullanılabilir. Ayrıca, gıdalarda doğal koruyucu olarak kullanılması yanında, lezzet geliştirici madde olarak da kullanılabilir. Gıdalar haricinde ilaç üretimi için de sirkeden faydalanılabilmektedir (Budak ve Güzel-Seydim, 2010).

Sirkenin kalitesini, elde edildiği hammadde ve üretim tekniği etkilemektedir. Yapay sirke, su ve asetik asit haricinde hiçbir bileşen içermemektedir, ancak doğal sirkede asetik asit fermantasyonuna bağlı olarak oluşan yan ürünler (B1 vitamini, nikotinik asit, pantotenik asit, pridoksin vb.) mevcuttur (Elhan, 2014). Ayrıca, doğal sirkenin yapısında organik asitler, alkoller, fenolik bileşenler, aminoasitler ve uçucu bileşenler de mevcuttur (Budak ve Güzel-Seydim, 2010). Doğal sirke, içerdiği biyoaktif bileşenlerden kaynaklı olarak antioksidatif, antidiyabetik, antimikrobiyel, antitümör, antiobezite, antihipertansif ve kolesterol düşürücü etkilere sahip olma gibi fonksiyonel pek çok özelliğe sahiptir. Sirke içindeki organik asitler (örneğin; tartarik asit, malik asit ve diğer uçucu olmayan organik asitler) ve esas olarak asetik asit, mikroorganizmaların hücre zarlarına geçerek bakteriyel hücre ölümüne yol açar. Bakteriyel suşlar, sıcaklık, pH, asit konsantrasyonu ve iyonik direnç gibi parametreler sirke içinde bulunan organik asitlerin antimikrobiyel aktivitesi üzerinde etkiye sahiptir (Budak ve ark., 2014; Chen ve ark., 2016).

Farklı zamanlarda ve yerlerde, çiğ olarak yenilen sebzelere farklı patojen mikroorganizmaların bulaşması neticesinde meydana gelen toplu zehirlenme vakaları sirkenin antimikrobiyel etkisinin daha fazla önem kazanmasına neden olmuştur. Sirkenin, gıda proseslerinde kullanılan alet, ekipman ve yüzeylerin dezenfekte edilmesinde, ek olarak, sebzelerde mevcut olabilen çeşitli patojen mikroorganizmaların sirkeli suda bekletilerek etkin bir biçimde inhibisyona uğratılabileceğine dair bulgular bilim insanları tarafından yapılan araştırmalarla ortaya konulmuştur (Elhan, 2014; Şengün ve Kılıç, 2019).

Bu derlemenin amacı, farklı hammaddelerden elde edilen sirkelerin çeşitli mikroorganizmalar üzerindeki antimikrobiyel etkisini literatür verileri dahilinde açıklamaktır.

Sirkenin Antimikrobiyel Etkisi ve Etki Mekanizması

Sirkenin, esas olarak, asetik asit içeriği nedeniyle antimikrobiyel etkiye sahip olduğu düşünülmektedir (Budak ve ark., 2014). Asetik asit, asetik asit bakterileri tarafından etanolün dönüşümü neticesinde elde edildiği için sirkede doğal olarak bulunmakla birlikte, su ve toprakta da yaygındır. Asetik asit, gıda muhafazası için çok eski dönemlerden beri kullanılmaktadır. Günümüzde ise bu amacın dışında da, çeşitli gıdaların yapımında, özellikle salamura et, deniz ürünleri ve sebzelerde; hardal, salata sosu, mayonez ve ketçap gibi ürünlerde ve hatta bebek mamalarında kullanılmaktadır (Akarca ve ark., 2014; Çelikyurt ve Arıcı, 2008). Genel olarak emniyetli (GRAS) statüsünde bulunan asetik asit, özellikle mayalar ve bakteriler için inhibe edici etkiye sahiptir. Asetik asit bilhassa *Bacillus* spp., *Clostridium* spp., *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni* ve *Pseudomonas* türleri üzerinde inhibisyon etkisine sahiptir. Yapılan bir araştırmada, asetik asitin hücre duvarı yapısını bozması ve hücre içinde ATP kaybına sebep olması neticesinde antimikrobiyel etki gösterdiği tespit edilmiştir. Asetik asidin antimikrobiyel etkisi ise asit iyonlaşma sabiti (Ka) derecesine, ortamın pH ve sıcaklık seviyesine, kullanılan diğer antimikrobiyel ajanlara ve hedef patojenin türüne göre değişebilmektedir (Ayhan ve Bilici, 2015). Sirkenin antimikrobiyel etkisinde, yapısında bulunan polifenol bileşiklerin (örneğin; ferulik asit ve sinapik asit) de rol aldığı gösterilmiştir. Polifenoller, bakterinin peptidoglikan ve dış zarında bulunan fosfolipid çift tabaka ile birleşerek, hücre zarının bütünlüğünü bozmaktadır. Ek olarak, polifenoller bir tür poliol olduğundan, bu bileşikler bakteri üremesini engellemek için proteinlerin amino ve karboksil gruplarının yanı sıra şelatlama geçiş metal iyonu (koenzim) ile reaksiyona girerek bakteriyel hücre içi enzimlerin aktivitelerini etkilemektedir (Chen ve ark., 2016). Sirkenin antimikrobiyel etkisinin belirlenmesinde disk difüzyon yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır (Aydın, 2013; Duru, 2016; Şengün ve Kılıç, 2018).

Nastou ve ark. (2012) tarafından *L. monocytogenes* ile kontamine olmuş taze marul (*Lactuca sativa*), salatalık (*Cucumis sativus*) ve maydanoz (*Petroselinum sativum*) üzerinde ev tipi dezenfeksiyon uygulamalarının dekontaminasyon etkisi incelenmiştir. Çalışmada, farklı konsantrasyonlarda (%0,5; 1,0; 1,5; 2,0) asetik asit uygulamasının, konsantrasyonla doğru orantılı biçimde inhibisyon etkisini arttırdığı gösterilmiştir. Ayrıca, %1’lik asetik asit uygulamasının, mikroorganizma sayısında 1 log azalma sağladığı belirtilmiştir. Ek olarak, sebzelerin asetik asit çözeltisinde 10 dakikadan fazla tutulmasının, dekontaminasyon açısından önemli bir fark yaratmadığı belirtilmiştir.

Geleneksel Sirkelerin Antimikrobiyel Etkileri

Geleneksel sirke, üretiminin doğal fermentasyon ile gerçekleşmesinden dolayı, sirkeleşmesi uzun süren bir üretime sahiptir. Ancak, hızlı yöntemle kıyasla, geleneksel yöntem ile üretilen sirkelerde aroma maddeleri miktarı daha fazladır. Üretim süresindeki artışa paralel olarak, aroma maddelerinin oluşumu da artmaktadır. Bu sebepten dolayı, geleneksel yöntem ile üretilen sirkelerin daha kaliteli olduğu belirtilmektedir (Özen, 2018).

Yapılan bir araştırmada, Uzundere’de ve İspir’de üretimi yapılan dut (*Morus alba*) sirkesinin antimikrobiyel etkisi ve antioksidan özellikleri incelenmiştir (Aydın, 2013). Antimikrobiyel özelliklerin tespiti için 8 farklı bakteri ve 1 adet fungusun oluşan test mikroorganizmaları (*S. aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Klebsiella oxytoca*, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Erwinia carotovora*, *E. coli*, *Candida albicans*) kullanılmıştır. Çalışmada test edilen tüm mikroorganizmaların dut sirkesine karşı farklı derecelerde duyarlı oldukları tespit edilmiştir. Disk difüzyon yöntemine göre duyarlılık sıralamasının en yüksekte en düşüğe doğru şu şekilde olduğu gözlemlenmiştir: *S. aureus* (28 mm), *Klebsiella oxytoca* (24,6 mm), *Bacillus subtilis* (23,3 mm), *Streptococcus pyogenes* (20,6 mm), *Enterococcus faecalis* (19,6 mm), *Bacillus cereus* (15,3 mm), *Erwinia carotovora* (13 mm), *Candida albicans* (9,6 mm) ve *Escherichia coli* (5,3 mm).

Odun sirkesi, odundan kömür eldesi için uygulanan piroliz prosesi esnasında meydana gelen bir ürün olup, piroliz fırınlarının belirli bir sıcaklık değerinin üzerine çıkmasından sonra meydana gelen buharın yoğunlaşması sonucu oluşmaktadır (Anonim, 2019). Koç ve ark., (2018) tarafından yapılan çalışmada, fındık kabukları kullanılarak üretilen odun sirkesinin, *in-vitro* koşullarda *Aspergillus niger* ve *Penicillium digitatum* üzerindeki antifungal etkisi araştırılmıştır. Odun sirkesi %1, %3, %5, %7 ve %10 olmak üzere farklı konsantrasyonlarda hazırlanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, artan odun sirkesi konsantrasyonu ile doğru orantılı olarak, gözlenen antifungal etkinin arttığı tespit edilmiştir. Odun sirkesinin *A. niger* ve *P. digitatum* üzerinde misel gelişimini inhibe edici etki gösterdiği tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, geleneksel üretim metoduyla üretilen üzüm, elma ve nar sirkelerinin gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kuluçkahanelerinde önemli sorunlara neden olan *Flavobacterium psychrophilum* patojen mikroorganizmasına karşı antimikrobiyel etkisi incelenmiştir. Antimikrobiyel özellik açısından disk difüzyon yöntemi ile en etkin sirke üzüm (55 mm), sonra nar (54 mm) ve elma (50 mm) sirkesi olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak, doğal gıda ürünü olan sirkenin *F. psychrophilum*’a karşı etkin antimikrobiyel ajan olarak kullanılabilirliği bildirilmiştir (Duru, 2016).

Karapınar ve Gönül (1992) tarafından yapılan bir çalışmada farklı yıkama şekillerinin ve çözeltilerinin taze maydanoz üzerinde antimikrobiyel etkisi incelenmiştir. Bunun için, ürün yapay olarak *Yersinia enterocolitica* ile kontamine edilmiştir. Çalışmada ayrıca, üründe doğal olarak bulunan aerobik bakterilere karşı, uygulanan çözeltilerin ve yıkama şekillerinin antimikrobiyel etkisi de incelenmiştir. Kullanılan çözeltiler %1, 2, ve 5 asetik asit içeren, ayrıca, %30, 40 ve 50 sirke içeren çözeltilerdir. Kontrol amaçlı steril su ile yıkanmış örnek kullanılmıştır. Uygulama şekli, maydanozun çözeltiler içerisinde farklı sürelerde tutulmasına bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Maydanozlar 15 ya da 30 dk süresince çözeltilerin içinde kalmıştır. Çalışma sonuçlarına göre %2 ve 5’lik asetik asit çözeltileri *Y. enterocolitica*’yı inhibe etmiştir. Ayrıca, maydanoz, en az 15 dk %1, 2 ve 5’lik asetik asit çözeltisine maruz kaldığında, mezofilik aerobik bakteri sayısının 5 log azaldığı tespit edilmiştir. Aynı bakteri grubu için farklı konsantrasyonlarda 15 ve 30 dk sirke uygulanmasının, uygulama zamanına bağlı olarak 3-6 log arasında bir

azalmaya sebep olduğu tespit edilmiştir. Ek olarak, %40’lık sirke çözeltisinin *Y. enterocolitica* için inhibe edici olduğu tespit edilmiştir.

Chio ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada geleneksel yöntem kullanılarak esmer pirincin fermentasyonu ile elde edilen sirke *S. aureus*, *E. coli*, *L. monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella Typhimurium*, *Y. enterocolitica*, ve *Lodderomyces elongisporus* üzerinde yüksek düzeyde antimikrobiyel etki göstermiştir. Sirkeler 1 yıl ya da 3 yıl olgunlaştırıldıktan sonra denemeye alınmıştır. Antimikrobiyel etki disk difüzyon yöntemi ile belirlenmiştir. Sirkelerin mikroorganizmalar üzerindeki inhibisyon zonları 12 ile 22 mm arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek antimikrobiyel etki 3 yıl olgunlaştırılmış sirkenin *Yersinia enterocolitica* üzerinde kullanımı ile gözlemlenmiştir (22 mm inhibisyon zonu).

Aliasghari ve ark. (2017) tarafından farklı konsantrasyonlarda olan geleneksel üzüm sirkelerinin *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sobrinus*, *Streptococcus sanguis* ve *Streptococcus salivarius* üzerinde antimikrobiyel etkileri incelenmiştir. En yüksek inhibisyon zonu 1 mg/mL konsantrasyonda hazırlanan sirke ile *S. salivarius* üzerinde 24,2 mm olarak belirlenmiştir. Ayrıca, bu sonuca paralel olarak, minimum inhibisyon konsantrasyonu ve minimum bakterisidal konsantrasyonu için en düşük değerler *S. salivarius* üzerinde sırasıyla 0,0312 ve 0,0625 mg/ml olarak belirlenmiştir.

Fonseca ve ark. (2018) tarafından geleneksel yöntemle üretilen ve üretim aşamasında içeriğine bal eklenen yaban mersini sirkesinin ve bal sirkesinin *E. coli* ATCC 25922, *S. enterica* Typhimurium ATCC 0028, *B. subtilis* ATCC 19659, *S. aureus* ATCC 25923, *C. albicans* ATCC 118804 ve *C. tropicalis* ATCC 13803 üzerinde antimikrobiyel etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak, geleneksel yaban mersini sirkesinin *S. enterica* Typhimurium ATCC 0028 (9,3-9,6 mm inhibisyon zonu) ve *B. subtilis* ATCC 19659 (9,3-9,6 mm inhibisyon zonu) üzerinde antimikrobiyel etki gösterdiği, diğer mikroorganizmalar üzerinde ise herhangi bir antimikrobiyel etki göstermediği belirtilmiştir.

Yang ve ark. (2016) tarafından geleneksel yöntem ile Liçi meyvesi (*Litchi chinensis*) kullanılarak elde edilen odun sirkesinin *E. coli* 25257, *Acinetobacter baumannii* 814, *S. aureus* 985, *P. aeruginosa* 717 ve Ornitin-dirençli *S. aureus* üzerinde antimikrobiyel etkisi incelenmiştir. Geleneksel odun sirkesinin belirtilen mikroorganizmalar üzerinde 15,20-19,00 mm arasında değişen disk inhibisyon zonuna sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, *S. aureus* 985, *P. aeruginosa* 717 üzerinde en düşük düzeyde (0,95-1,90 µL/100µL) tespit edilen minimum inhibisyon konsantrasyonu değeri ile sirkenin bu mikroorganizmaların üzerinde en yüksek antimikrobiyel etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara paralel olarak, minimum bakterisidal etki de, bu iki mikroorganizma üzerinde en düşük düzeyde (1,90 µL/100 µL) tespit edilmiştir.

Ticari Sirkelerin Antimikrobiyel Etkileri

Hızlı (çabuk) yöntem ve derin kültür yöntemi ticari sirke üretimi için en çok tercih edilen yöntemlerdir (Ünal ve Canbaş, 2008). Çabuk metot kullanılarak yapılan sirke üretimi 3-7 gün sürebilmekteyken, derin kültür yöntemi ile sirke üretim süreci 18-24 saat içerisinde gerçekleşebilmektedir (Özen, 2018).

Ural ve ark., (2011) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1972) yumurtalarının kuluçkalama döneminde mantar oluşumunu önlemek için dezenfektan özellikte bir etkisi bulunan sirkenin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaca uygun olarak, katkısız ve endüstriyel bir sirke kullanılmıştır. Araştırma boyunca döllenmiş yumurtalar yedi gün aralıklarla 2, 4, 8 ve 12 ml/L konsantrasyonlarındaki sirkelerle 15 dk boyunca muamale edilmiştir. *Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1972 yumurta ve larvalarının dezenfekte edilmesinde, kimyasal maddelere alternatif olarak katkısız sirkenin kullanılabilmesi ve bunun için gereken en ideal sirke konsantrasyonunun ise 12 ml/L olabileceği tespit edilmiştir.

Bakır ve ark. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, 3 farklı firmadan 18 farklı sirke numunesinin (Elma, üzüm, nar, balzamik, yabımsarı, kuşburnu, gilaburu, limon, böğürtlen, enginar, kayısı, alıç, arabistanhurması, dut, pirinç sirkeleri-bazı sirke çeşitlerinden 2 şer adet alınmıştır) *S. Typhimurium*, *E. coli* ve *S. aureus* üzerindeki antimikrobiyel aktiviteleri incelenmiştir. Sirkelerin bakterilere karşı göstermiş oldukları antimikrobiyel etki inhibisyon çapları (İÇ) ölçümü yapılarak belirlenmiştir. Buna göre 7 mm < İÇ < 10 mm ise zayıf, 11 mm < İÇ < 14 mm ise orta, ve İÇ > 15 mm ise güçlü antimikrobiyel etki olarak nitelendirmişlerdir. Sonuçlar incelendiğinde balzamik sirkenin en yüksek antimikrobiyel aktiviteye sahip olduğu, *S. Typhimurium*'a karşı antimikrobiyel etki gösterdiği tespit edilmiştir. Genel olarak ise, sirkelerin pek çoğunun bahsi geçen mikroorganizmalara karşı orta düzeyde, bir kısmının ise düşük düzeyde antimikrobiyel aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada (Chang ve Fang, 2007), 10⁷ kob/g *E. coli* O157:H7 ve *Salmonella enterica* ile kontamine edilen marul örneğinin, 5 dk boyunca %5 asetik asit (pH 3.0) içeren ticari pirinç sirkesi ile muamele edilmesi sonucunda (25°C'de) *E. coli* O157:H7 popülasyonunda 3 log birimlik bir azalma belirlenmiştir. Düşük konsantrasyonlarda asetik asit içeren (%0,05; pH 4,09 ve %0,5; pH 3,26) ticari pirinç sirkesi ile yapılan muamele neticesinde ise, *E. coli* O157:H7 üzerinde inhibe edici bir etki gözlenmemiştir.

Gülmez ve ark., (2006) tarafından yapılan çalışmada, 10 ayrı marketten alınan 50 adet maydanoz demeti üzerinde ticari sirke ve kekik suyu kullanılarak, koliform ve *E. coli*'ye karşı sağlanan dekontaminasyon etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, sirke (pH 2,9) kullanımı, örneklerde bulunan koliform grubu patojenler ve *E. coli* üzerine inhibe edici etki göstermiştir.

Yagnik ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada ticari elma sirkesinin *E. coli*, *S. aureus* ve *C. albicans* üzerindeki antimikrobiyel etkisi incelenmiştir. Elma sirkesinin inhibisyon etkisi gösterebilmesi için gerekli olan minimum inhibisyon konsantrasyonları *C. albicans* için 250 µg/ml, *E. coli* için 62 µg/ml ve *S. aureus* için 125 µg/ml olarak tespit edilmiştir. Bu çalışma ile elma sirkesinin bahsi geçen mikroorganizmalara karşı direkt olarak antimikrobiyel etkisi olduğu sonucuna varılmıştır.

Wu ve ark., (2000) tarafından yapılan bir çalışmada bütün haldeki maydanoz yaprakları, asetik asit cinsinden asitliği %5,2 olan ticari sirke içerisinde 21°C'de 5 dk bekletilmiştir. Bunun sonucunda başlangıçta 7 log olan *Shigella sonnei* miktarında 6 log azalma olduğu tespit

edilmiştir. Buna ek olarak, aynı süre içerisinde %7,6 asetik asit içeren sirkenin, patojen mikroorganizma sayısını belirlenemeyecek düzeye indirdiği (<0,6 log kob/g) rapor edilmiştir. Sonuç olarak, maydanoz yapraklarının musluk suyu ile yıkanmasının veya buzdolabında muhafaza edilmesinin *S. sonnei* inhibisyonu için etkili bir metot olmadığı, ancak %5,2 ve yukarısında asetik asit konsantrasyonuna sahip sirke ile muamele etmenin maydanoz yapraklarındaki *S. sonnei* üzerinde inhibe edici etkisinin olduğu belirtilmiştir.

Park ve ark. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada ham taze yeşil deniz yosunlarına (*Enteromorpha intestinalis*) murin norovirus-1 (MNV-1) ve *E. coli* inokulasyonu yapıldıktan sonra 4°C'de 7 günlük depolama süresi boyunca %5'lik, %10'luk ve %15'lik (% 6 asetik asit içeren) ticari sirkelerin MNV-1 ve *E. coli* üzerindeki antimikrobiyel etkisi araştırılmıştır. Depolama süresi ve sirke konsantrasyonunun miktarı kademeli olarak arttıkça hem MNV-1'in hem de *E. coli*'nin miktarının önemli seviyede azaldığı rapor edilmiştir (P<0,05). Ancak, MNV-1'in *E. coli*'ye oranla daha dirençli olduğu belirtilmiştir.

Erzurum'da piyasadan temin edilen havuç, hıyar ve marul örnekleri *E. coli* ve *S. aureus* ile bulaştırıldıktan sonra %3'lük ticari sirke çözeltisi içinde 0, 5, 15 ve 30 dk muamele edilmiştir. Mikrobiyolojik analiz bulgularına göre, patojen mikroorganizmalarının her ikisinde de en az 1 log birimlik azalma belirlenmiştir. Ayrıca, sirkenin konsantrasyonu ve sirkenin örneklerle etkileşim süresinin antimikrobiyel etkide önemli bir etken olduğu belirtilmiştir (Elhan, 2014).

Lukasik ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmada, %10 distile edilmiş ticari beyaz sirkenin, çeşitli viral ve bakteriyel patojenlerle inkolüle edilmiş çilek üzerinde antimikrobiyel etkisi incelenmiştir. Çilekler sirke ile 43°C'de 2 dk muamele edilmiştir. Sonuç olarak, sirke ile uygulama sonrasında %84 *E. coli* O157:H7, %90 *Salmonella* Montevideo, %95,7 ϕ X174 bakteriyofajı, %97,7 PRD1 bakteriyofajı ve %99,2 MS2 bakteriyofajı, ve %96,9 polovirus 1 inhibisyonu gerçekleşmiştir.

Geleneksel ve Endüstriyel Sirkelerin Antimikrobiyel Etkilerinin Kıyaslandığı Bir Çalışmanın Sonuçları

Geleneksel ve endüstriyel sirkeler, fermente edilme süreleri, üretim maliyetleri ve gösterdikleri kalite farklarıyla birbirinden ayrılmaktadırlar. Sağlık üzerine gösterdiği pozitif etkiler nedeniyle geleneksel sirkelerin, endüstriyel sirkelere göre daha kaliteli olduğu belirtilmektedir (Jang ve ark., 2015).

Şengün ve Kılıç (2018) tarafından yapılan bir çalışmada ev yapımı ve ticari olarak üretilen dut sirkelerinin antimikrobiyel özelliği incelenmiştir. Araştırmada, *E. coli* O157:H7 ATCC 43895, *L. monocytogenes* Scott A, *S. Typhimurium* NRRLB4420 ve *S. aureus* 6538P, *Bacillus subtilis* ATCC 6037, *E. coli* ATCC 1103, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 ve *Pediococcus acidilactici* ATCC 8042 gibi farklı mikroorganizmalar ile çalışılmıştır. Antimikrobiyel etki, bazı değişikliklere uğratılmış disk difüzyon metoduna göre inhibisyon zon çaplarının ölçümü ile tespit edilmiştir. Ev yapımı sirke numunesi, araştırmaya konu olan sekiz bakteri türünden beş tanesi üzerinde (*E. faecalis*, *B. subtilis*, *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *P. acidilactici*) antimikrobiyel etki gösterebilmiştir (7,5-10,5 mm). Buna

ek olarak, *E. coli*, *L. monocytogenes* ve *S. aureus* üzerinde hiçbir inhibe edici etki gösterememiştir. Çalışma sonuçlarına göre, *E. coli*'nin hem ev yapımı hem de ticari sirke türlerine karşı en çok direnç gösteren mikroorganizma olduğu belirtilmiştir (Şengün ve Kılıç, 2018). Sonuçlar bir bütün olarak ele alındığında, daha fazla miktarda organik asit bileşimine sahip olan ticari sirkenin antimikrobiyel etkisinin de daha fazla olmasının beklenen bir durum olduğu görülmüştür (Şengün ve Kılıç, 2018).

Sirke ve Farklı Maddelerin Birlikte Sinerjistik Antimikrobiyel Etkileri

Şengün ve Karapınar (2006) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada limon suyu, sirke ve limon suyu-sirke karışımlarının; roka, taze soğan ve havuç numunelerine kontamine edilen *S. Typhimurium* hücreleri üzerindeki antimikrobiyel etkileri incelenmiştir. Farklı sebzelerde farklı yıkama çözeltilerinin neden olduğu antimikrobiyel etki ve en yüksek antimikrobiyel etkinin gözlemlendiği süreler istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Elde edilen verilere göre, çalışmada örneklere uygulanan limon suyu, sirke ve limon suyu-sirke karışımlarının (1:1), sebzelere inokule edilen *S. Typhimurium* hücreleri üzerinde antimikrobiyel etkisinin bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, antimikrobiyel aktivite düzeyini sebze çeşidinin, inokülasyon dozunun ve uygulama yapılan çözelti içerisinde ürünün bekleme süresinin etkilediği belirtilmiştir. Çalışmadan elde edilen verilere göre, roka ve havuç numuneleri için en etkili antimikrobiyel ortam limon suyu-sirke karışımı olurken, taze soğan numunelerinde sirke en etkili antimikrobiyel ortam olarak belirlenmiştir.

Sengun ve Karapınar (2005) tarafından gerçekleştirilen başka bir çalışmada, farklı yıkama çözeltilerinin (limon suyu, limon suyu-sirke (1:1) karışımı ve limon sosu) *Yersinia enterocolitica* (10^6 kob/ml) ile inoküle edilmiş havuçlar üzerindeki inhibisyon etkisi araştırılmıştır. İnoküle edilen havuçlara 100%, 75% ve 50% limon suyu, limon suyu-sirke karışımı ve limon sosu ile 0, 15, 30 ve 60 dk süresince muamele edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 30 dk uygulama sonucunda limon suyu-sirke karışımının (%6,6 asetik asit) *Y. enterocolitica*'yı tamamen inhibe ettiği tespit edilmiştir. Ayrıca, %100 limon suyu ve limon suyu-sirke karışımının antimikrobiyel etki yönünden aralarında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Kızılçık tozu, kurutulmuş sirke ve limon suyu/sirke konsantresi ve ilave uygulamaların (laurik arginin, oktanoik asit, ısıl işlem ve yüksek hidrostatik basınç) alternatif bir yöntemle kürlenmiş sosisler (frankfurters) üzerinde *L. monocytogenes* kontrolünü sağlama etkinlikleri araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre kurutulmuş sirke ve limon suyu/sirke konsantresinin *L. monocytogenes* üzerinde inhibe edici etkisi olduğu tespit edilmiştir (Lavieri ve ark., 2014).

Hindi (2013) tarafından yapılan çalışmada, sarımsak-elma sirkesi karışımının ve sadece elma sirkesinin *S. aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus pneumoniae*, *P. aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescense*, *Enterobacter aerogenes*, *Klebsiella pneumoniae*, *E. coli*, *Salmonella typhi*, *Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris* ve *Acinetobacter* üzerinde antimikrobiyel etkisi incelenmiştir. Tüm mikroorganizmalar üzerinde elma sirkesi ve sarımsak karışımı ile elde edilen ürünün, sadece elma sirkesine

oranla daha yüksek antimikrobiyel aktiviteye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Karışımın sahip olduğu inhibisyon zonu 25-50 mm arasında değişirken, tek başına elma sirkesinin ise 6-15 mm arasında inhibisyon zonuna sahip olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç

Sirke bileşiminde bulunan biyoaktif bileşenler antioksidatif, antidiyabetik, antimikrobiyel, antitümör, antiobezite, antihipertansif ve kolesterol düşürücü etki gibi farklı fonksiyonel özellikleri taşımaktadır. Başlıcasını asetik asit oluşturmak üzere sirke bileşimindeki organik asitler mikroorganizmaların hücre zarlarına etki ederek bakteriyel hücre ölümüne yol açmakta ve antimikrobiyel etki oluşturmaktadır. Organik asitlerin antimikrobiyel aktivitesi üzerinde bakteriyel suşlar kadar sıcaklık, pH, asit konsantrasyonu ve iyonik kuvvet gibi faktörlerin de etkili olduğu bildirilmiştir.

Literatürde sirkenin antimikrobiyel etkisiyle ilgili olan çalışmalar; geleneksel sirkenin, ticari sirkenin ve sirkeye eklenen maddelerin antimikrobiyel aktiviteye etkisi şeklinde olmak üzere genel olarak üç gruba ayrılmıştır. Yapılan çalışmalarda, geleneksel yöntemle üretilen dut, odun, üzüm, elma, nar, bal, yaban mersini, pirinç sirkeleri ve çeşitli ticari sirkelerin antimikrobiyel etkileri incelenmiştir. Sirkenin sağlamış olduğu antimikrobiyel etkinin sirke türüne, üretim şekline ve konsantrasyonuna bağlı olduğu yapılan çeşitli çalışmalar ile ortaya konulmuştur. Sonuç olarak, farklı sirke çeşitlerinin farklı gram negatif ve gram pozitif mikroorganizmalar üzerinde antimikrobiyel etkiye olduğu, yapılan araştırmalar ile tespit edilmiştir. Sirke tarafından sağlanan bu faydalı etkinin gıda sektöründe farklı ürünler için ambalajlama materyali ve ürün formülasyonlarında kullanılabilmesi fikrinin özgünlüğü ilgi çekici bir fikir niteliği taşımaktadır.

Kaynaklar (Dergi yazım kurallarına göre düzenlenmeli)

- Akarca G, Veli G, Tomar O. 2014. Gıda muhafasında kullanılan bazı doğal antimikrobiyaller. Kocatepe Veteriner Dergisi, 7(1): 59-68. doi:10.5578/kvj.7159
- Aliasghari A, Khorasgani MR, Khoroushi M. 2017. The effect of vinegar, rose water and ethanolic extract green tea against oral *Streptococci*, an *in vitro* study. J Prob Health 5: 186. doi: 10.4172/2329-8901.1000186
- Altunbağ E, Zencir E. 2018. Türk ve Akdeniz yemeklerinde sirke kullanımı. Journal of Gastronomy, Hospitality and Travel, 1(2): 45-54.
- Anonim. 2019. Odun sirkesi. <https://www.odunsirkesi.com/>. Erişim tarihi: 18.05.2019.
- Aydın R. 2013. Uzundere ve İspir (Erzurum) İlçelerinde üretilen dut sirkesinin antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri üzerine bir araştırma. (Yüksek Lisans Tezi), Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Ayhan B, Bilici S. 2015. Toplu beslenme sistemlerinde kullanılan gıda dezenfektanları. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji, 72(4): 323-336.
- Bakir S, Devecioglu D, Kayacan S, Toydemir G, Karbancioglu-Guler F, Capanoglu E. 2017. Investigating the antioxidant and antimicrobial activities of different vinegars. Eur. Food Res. Technol. 243(12): 2083-2094.
- Budak NH, Aykin E, Seydim AC, Greene AK, Guzel-Seydim ZB. 2014. Functional properties of vinegar. J Food Sci, 79(5): R757-R764. doi:10.1111/1750-3841.12434

- Budak N, Güzel-Seydim ZB. 2010. Sirke üretimi ve bazı fonksiyonel özellikleri. Gıda Teknolojisi, 14(11): 85-88.
- Chang JM, Fang TJ. 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 Microbiol, 24(7-8): 745-751.
- Chen H, Chen T, Giudici P, Chen F. 2016. Vinegar functions on health: Constituents, sources, and formation mechanisms. Compr Rev Food Sci S, 15: 1124-1138. doi:10.1111/1541-4337.12228
- Choi HJ, Gwak KJ, Choi DB, Park JY, Cheong HS. 2015. Antimicrobial efficacy of fermented dark vinegar from unpolished rice. Microbiology and Biotechnology Letters, 43(2): 97-104. http://dx.doi.org/10.4014/mbl.1504.04005
- Çelikyurt G, Arıcı M. 2008. Gıda koruyucusu olarak mikrobiyal kaynaklı organik asitler ve önemi. Türkiye 10. Gıda Kongresi; 21-23 Mayıs, Erzurum, pp. 1023-1026.
- Demirgöl F. 2018. Çadırdan Saraya Türk Mutfağı. Uluslararası Türk Dünyası Turizm Araştırmaları Dergisi, 3(1): 105-125.
- Duru A. 2016. Elma, nar ve üzüm sirkesinin *Flavobacterium psychrophilum* bakteriyel balık patojenine karşı in vitro antibakteriyel aktivite ve biyofilm oluşumuna etkisinin incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Isparta.
- Elhan S. 2014. Farklı sirke çeşitleri ve konsantrasyonlarının salata bileşenlerinin dezenfeksiyonunda kullanım imkanlarının araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Fonseca MDS, Santos VAQ, Calegari GC, Dekker RFH, Barbosa-Dekker ADM, Cunha MAAD. 2018. Blueberry and honey vinegar: Successive batch production, antioxidant potential and antimicrobial ability. Braz. J. Food Technol., 21: e2017101, https://doi.org/10.1590/1981-6723.10117.
- Gülmez M, Oral N, Sezer Ç, Duman B, Vatansver L. 2006. Satış yerlerinden alınan maydanoz örneklerinin kekik suyu ve sirke ile dekontaminasyonu. Kafkas Univ Vet Fak Derg, 12(1): 41-47.
- Hindi NK. 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(1): 42-51.
- Jang YK, Lee MY, Kim HY, Lee S, Yeo SH, Baek SY, Lee CH. 2015. Comparison of traditional and commercial vinegars based on metabolite profiling and antioxidant activity. J. Microbiol. Biotechnol, 25(2): 217-226. doi: http://dx.doi.org/10.4014/jmb.1408.08021
- Karapınar M, Gönül ŞA. 1992. Removal of *Yersinia enterocolitica* from fresh parsley by washing with acetic acid or vinegar. Int. J. Food Microbiol. 16(3): 261-264. doi: https://doi.org/10.1016/0168-1605(92)90086-I
- Koç İ, Yardım EN, Çelik A, Mendeş M, Mirtağoğlu H, Namli A. 2018. Fındık kabuklarından elde edilmiş odun sirkesi'nin in vitro şartlarında küf etmenlerine karşı antifungal etkisinin belirlenmesi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 7(2): 296-300.
- Lavieri NA, Sebranek JG, Brehm-Stecher BF, Cordray JC, Dickson JS, Horsch AM, Mendonca AF. 2014. Investigating the control of *Listeria monocytogenes* on alternatively-cured frankfurters using natural antimicrobial ingredients or post-lethality interventions. Meat Sci. 97(4): 568-574. doi: https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.03.004
- Lukasik J, Bradley ML, Scott TM, Dea M, Koo A, Hsu WY, Farrah SR. 2003. Reduction of poliovirus 1, bacteriophages, *Salmonella* Montevideo, and *Escherichia coli* O157: H7 on strawberries by physical and disinfectant washes. J. Food Prot. 66(2): 188-193.
- Nastou A, Rhoades J, Smirniotis P, Makri I, Kontominas M, Likotrafiti E. 2012. Efficacy of household washing treatments for the control of *Listeria monocytogenes* on salad vegetables. Int. J. Food Microbiol. 159(3): 247-253. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.09.003
- Özen M. 2018. Vişne sirkesinin üretim aşamalarında antioksidan ve biyoaktif bileşenlerin belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye.
- Park SY, Kang S, Ha SD. 2016. Antimicrobial effects of vinegar against norovirus and *Escherichia coli* in the traditional Korean vinegared green laver (*Enteromorpha intestinalis*) salad during refrigerated storage. Int. J. Food Microbiol. 238: 208-214. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.09.002
- Sengun IY, Karapınar M. 2005. Elimination of *Yersinia enterocolitica* on carrots (*Daucus carota* L.) by using household sanitisers. Food Control, 16(10): 845-850. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.07.006
- Şengün İY, Karapınar M. 2006. Bazı sebzelere inokule edilen *Salmonella typhimurium*'un limon suyu ve sirke ile inaktivasyonu. Gıda, 31(3): 161-167.
- Şengün İY, Kılıç G. 2018. Dut sirkesinin mikrobiyolojik, fiziksel, kimyasal, antiradikal ve antimikrobiyal özellikleri. Akademik Gıda, 16(2): 168-175. doi: 10.24323/akademik-gıda.449860
- Şengün İY, Kılıç G. 2019. Farklı sirke çeşitlerinin mikroflorası, biyoaktif bileşenleri ve sağlık üzerine etkileri. Akademik Gıda, 17(1): 89-101. doi:10.24323/akademik-gıda.544831
- Ural MŞ, Çalta M, Celayir Y. 2011. Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1972) yumurtalarının dezenfeksiyonunda sirkenin kullanılabilirliği. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi FABA 2011 SYMPOSIUM SPECIAL ISSUES, 2(3): 81-88.
- Ünal E, Canbaşı A. 2008. Dimrit üzümünden değişik yöntemlerle sirke üretimi üzerinde bir araştırma. Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü. 17(7): 126-134
- Wu F, Doyle M, Beuchat L, Wells J, Mintz E, Swaminathan B. 2000. Fate of *Shigella sonnei* on parsley and methods of disinfection. J. Food Prot. 63(5): 568-572.
- Yagnik D, Serafin VJ, Shah A. 2018. Antimicrobial activity of apple cider vinegar against *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*; downregulating cytokine and microbial protein expression. Sci. Rep. 8(1): 1732. doi:10.1038/s41598-017-18618-x
- Yang JF, Yang CH, Liang MT, Gao ZJ, Wu YW, Chuang LY. 2016. Chemical composition, antioxidant, and antibacterial activity of wood vinegar from *Litchi chinensis*. Molecules. 21(9): 1150. https://doi.org/10.3390/molecules21091150.