

## LAKTİK ASİT FERMENTASYONUNDA FENOLİK BİLEŞİKLER VE ÖNEMİ

Gözde OKCU, Evrim GÜNEŞ ALTUNTAŞ, Kamuran AYHAN

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara

### Özet

Laktik asit bakterilerinin (LAB) insan sağlığı üzerine pek çok yararının olduğu ve yıllardır fermente ürünlerin üretiminde güvenli kabul edilerek (GRAS-generally recognized as safe) kullanıldığı bilinmektedir. Özellikle doğal olarak hammaddede varolan ya da ticari olarak starter kültür katkısıyla üretilen fermente ürünlerdeki laktik asit bakterileri fermentasyon sırasında son ürün olarak laktik asit üretebilmektedir. Laktik asit bakterileri ürünün güvenliğini, besinsel değerini, duyuşal özelliklerini ve raf ömrünü korumak ve/veya geliştirmek için basit ve değerli bir biyoteknolojik uygulama olarak kabul edilmektedir. Diğer yandan, fenolik bileşiklerin aroma üzerinde önemli katkılarının olduğu ve maya yada LAB gibi mikroorganizmaların metabolizmaları sonucunda oluşabildiği bilinmektedir. Fenolik bileşikler ile laktik asit bakterileri arasındaki ilişki günümüzde dikkat çeken bir konudur. Bu ilişki LAB'nin fenolik bileşikleri parçalayabilme özelliği ile ya da fenolik bileşiklerin bakteriyel gelişim üzerinde olumlu-olumsuz etkileri şeklinde olmak üzere farklı şekillerde ortaya çıkabilmektedir. Bu derleme makalede, laktik asit bakterileri ve fermentasyonları, fenolik bileşikler ve LAB ile fenolik bileşikler arasındaki ilişki tartışılmaya çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** laktik asit fermentasyonu, laktik asit bakterileri, fenolik bileşikler

## IMPORTANCE AND PHENOLIC COMPOUNDS AT THE LACTIC ACID FERMENTATION

### Abstract

It is known that lactic acid bacteria have an important effect on human health and are used in fermentation processes as generally recognized as safe (GRAS). LAB which have a great fermentation capability are able to produce lactic acid as the product of the fermentations. Among the various technologies, fermentations carried out by lactic acid bacteria are accepted as the simple and valuable biotechnological applications when used to maintain safety, nutritional properties, sensory quality or shelf life of the fermented products. On the other hand, it is known that phenolic compounds have an important contribution on flavor and can be occurred by the metabolic activities of the microorganisms such as yeast and LAB. Nowadays, the relationship between LAB and phenolic compounds has an increasing interest. This relationship can be exist in different ways; either by degradation of the phenolics by LAB or the positive-negative effect of phenolics on the bacterial growth. In this review, LAB and their fermentations, phenolic compounds and the relationship between LAB and phenolics were discussed.

**Keywords:** lactic acid fermentation, lactic acid bacteria, phenolic compounds

## 1. GİRİŞ

Günümüzde tüketicilerin kimyasal katkı maddesi içermeyen, doğal ve sağlıklı olumlu yönde etkileyen özelliklere sahip ürünlere karşı ilgisinin artmış olması laktik asit bakterilerinin yapmış olduğu fermentasyon konusunda yapılan çalışmalara hız kazandırmıştır. Pek çok gıdanın farklı bir ürün şeklinde ortaya çıkmasında, kendine özgü tat ve aroma kazanmasında kullanılan hammadde ve üretim teknolojisi yanında laktik fermentasyonlar çok önemli role sahiptir (Tunail, 2009). Bunun yansısı, süt, et ve sebzelerden yapılan ürünlerde sıklıkla kullanılan laktik asit bakterileri, özellikle bakteriyosin üretimi gibi metabolik özellikleri nedeniyle de önemlidir (Klaenhammer, 1988; Cintas ve ark., 1998; Cosansu ve ark., 2007; Altuntaş ve ark., 2010a).

Kardiyovasküler hastalıklar ve kanseri önlediği için taze sebze ve meyve tüketimine olan ilgi her geçen gün artmış olup, Avrupa’da 21 farklı ticari bitkisel fermentasyon ürünü arasında ekonomik anlamda en çok dikkat çekenleri zeytinyağı, laktik asit bakterilerinin katıldığı salatalık ile lahana turşusu ve meyve şaraplarıdır (Dinçer ve ark., 2010).

Yapısal olarak büyük farklılıklarından dolayı bitkilerden ve bunlardan elde edilen ürünlerde bulunan binlerce farklı fenolik bileşik pek çok gıdanın tat ve aromasına katkıda bulunur (Utuş, 2008). Bunlara ek olarak, fenolik bileşiklerin doğal antioksidan madde özelliği de göstermekte olup, serbest radikallerin neden olduğu reaksiyonları durdurarak veya önleyerek kanser, kalp hastalığı ve akciğer hastalıkları gibi pek çok hastalığın oluşumunu engellediği ifade edilmektedir (Alberto ve ark., 2007; Curiel ve ark., 2010; Nizamlioğlu ve Nas, 2010).

Laktik asit bakterileri ile fenolik bileşikler arasındaki ilişki farklı şekillerde ortaya çıkabilmektedir. Bu ilişki, mekanizması tam olarak anlaşılammış olmakla birlikte, LAB’nin özellikle de *Lactobacillus plantarum*’un bazı gıda fenolik bileşiklerini biyosentezleme yada parçalaması yada gelişiminin bu bileşiklerden olumlu/olumsuz etkilenmesi şeklinde gözlenmektedir. (Rodriguez ve ark., 2009).

Çağımızda tüketicilerin beslenme konusunda daha fazla bilinçlenmesi, doğal ve sağlıklı ürünlere olan ilginin artmasına neden olmuştur. Bu açıdan bakıldığında LAB’nin çiğ sebzelerin doğal mikroflorası olması ve fermente gıda ve içeceklerin fenolik bileşikler veya türevlerince zengin olması nedeniyle de bu konuya giderek artan bir ilgi söz konusudur.

## 2. LAKTİK ASİT FERMENTASYONU

İnsanlar gıdaların saklanması gerektiğini fark ettikleri zamandan beri fermentasyon işleminden yararlanmışlardır. Geleneksel olarak fermente ürünlerin üretiminde doğal olarak hammaddeden gelen *Lactobacillus* cinsi bakteriler laktik asit fermentasyonunu gerçekleştirmektedir. Bu nedenle hammadde üzerindeki mikroorganizmaların tipi ve sayısı, başarılı bir fermentasyon ve son ürün kalitesi için çok önemlidir ( Canbaş ve Fenercioğlu, 1984; Seven ve Ayhan, 1999; Cosansu ve Ayhan, 2002; Curiel ve ark., 2010).

Özellikle salatalık, lahana ve zeytin fermentasyonunun yanı sıra diğer bazı sebzeler için de laktik asit fermentasyonu endüstriyel boyutta yapılmaktadır. Hatta, sofralık zeytin, dünya ekonomisinde en önemli fermente sebzelerden biri haline gelmiştir (Aktan ve Kalkan, 1999). Zeytin fermentasyonunda zeytinin doğal florasında bulunan LAB’nin önemli bir rolü olduğu bilinmektedir. Buna göre; *Leuconostoc mesenteroides*, *Leuconostoc pseudomesenteroides* veya *Pediococcus pentosaceus* gibi diğer LAB türleri de izole edilmelerine rağmen, gerçekte zeytin fermentasyonunda kullanılan starterler olan *L. plantarum* ve *Lactobacillus pentosus* asıl sorumlu türlerdir (Ruíz-Barba ve Jimenez-Diaz, 1994; Ercolini ve ark., 2006).

Lahana turşusu fermentasyonunda kaliteyi veya son ürünün güvenliğini etkileyen pek çok fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik farklılıklar sözkonusudur. Literatür bilgilerine göre bu

fermentasyonda temel olarak LAB'den *L. mesenteroides*, *L. brevis*, *P. pentosaceus* ve *L. plantarum* 'un çalıştığı ifade edilmiş olsa da, son çalışmalarda *Leuconostoc citreum* ve *Lactobacillus paraplantarum*'un varlığı da tespit edilmiştir (Cosansu ve Ayhan, 2002; Plengvidhya ve ark., 2007).

Salatalık fermentasyonunda *L. plantarum*, *L. brevis*, *L. pentosus* ve *Leuconostoc* spp.'nin yer aldığı bilinmektedir. *Leuconostoc* ve *Lactobacillus* cinslerinin fermentasyonun ilk aşamasında baskın olduğu ve daha sonra *Lactobacillus* ve *Pediococcus*'un dominant cins olarak ortaya çıktığı, fermentasyonun son basamağında ise *Pediococcus* cinsine ait türlere rastlanıldığı ifade edilmektedir (Akbaş, 2006; Rodriguez ve ark., 2009).

## 2.1. Laktik Asit Bakterileri (LAB)

Laktik asit bakterileri (LAB) morfolojik, metabolik ve fizyolojik karakteristiklerine göre Gram pozitif bakterilerinin bir grubunu oluşturmaktadır. Bu grupta yer alan bakterilerin genel tanımı; Gram pozitif, *Sporolactobacillus inulinus* hariç spor oluşturmeyen, katalaz negatif, sitokroma sahip olmayan, aerobik olmayan ama aerotolerant, *Pediococcus* cinsi hariç yalnız tek düzlemde bölünen, asidi tolere edebilen, kuvvetli fermentatif olup şeker fermentasyonu sırasında başlıca son ürün olarak laktik asit üreten, bazı istisnalar hariç hareketsiz, kok veya çubuk şeklinde bakterilerdir. Laktik asit bakterileri genellikle besin içeriği bakımından zengin olan ortamlarda, örneğin süt, et ve sebzelerde bulunmaktadırlar (Tunail ve Köşker, 1989; Çon ve Gökalp, 2000).

Daha önceleri laktik asit bakterileri olarak *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Streptococcus* ve *Leuconostoc* cinsleri incelenmekte iken son yıllarda yapılan genetik çalışmalar sonucu *Lactococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Weissella* ve *Vagococcus* cinsleri de bu grupta incelenmeye başlanmıştır. Yine son yıllara ait literatürde bu grupta *Aerococcus*, *Oenococcus*, *Atopobium*, *Dolosigranum*, *Tetragenococcus*, *Alloiococcus* ve *Gemella* gibi yeni cins isimlerine rastlanmakta ise de bu cinslerle ilgili taksonomik çalışmaların henüz tamamlanmadığı bildirilmektedir (Temiz ve Yılmaz, 2003).

Gıdalarda sadece gıda kaynaklı patojen ve bozulma etmeni mikroorganizmaları inhibe etmek ve/veya raf ömrünü uzatmak için kullanılan ve gıdanın duyuusal özelliklerinde değişime sebep olmayan antogonistik kültürler "koruyucu kültürler" denir. Laktik asit bakterileri (LAB) uzun yıllardır gıda üretimlerinde starter ya da koruyucu kültür olarak kullanılan güvenilir bakteriler olup bakteriyosinleri de içeren çeşitli antimikrobiyel bileşikler üretirler (Kuleaşan, 2002; Tunail, 2009; Altuntaş ve ark., 2010a). Laktik asit bakterilerinin antagonizması diğer mikroorganizmalarla besin öğeleri için yarışarak ya da organik asitler (asetik, propiyonik ve laktik asit gibi), hidrojen peroksit, antimikrobiyel enzimler, diasetil ve bakteriyosinler gibi bir veya daha fazla antimikrobiyel aktiviteye sahip bileşikler üretmelerinden kaynaklanmaktadır (Klaenhammer, 1988; İşleroğlu ve ark., 2008).

Laktik asit bakterilerinin insan sağlığı üzerine pek çok yararları olduğu uzun zamandır bilinmekte olup, son 20 yıldır laktik asit bakterilerinin ve fermente süt ürünlerinin antikanserojen etkisi olduğu ileri sürülmüştür (Akçelik ve Ayhan, 1992; Altuntaş ve ark., 2010b). Bunlara ek olarak laktik asit bakterileri, fermente et, sebze, meyve ve tahıl ürünlerinin üretim ve olgunlaştırılmasında önemli rol oynamaları nedeni ile gıda teknolojisinde büyük önem taşımaktadırlar. Çeşitli gıdaların bu yöntemle muhafazası en eski gıda muhafaza metotlarından biri olarak kabul edilmektedir. Günümüzde modern işleme ve koruma yöntemleri geliştirilmiş olmasına rağmen, özellikle son yıllarda tüketicilerin doğal ve katkısız ürünlere gösterdikleri talep nedeniyle, LAB potansiyel gıda koruyucusu olarak önemini halen sürdürmektedir (Çon ve Gökalp, 2000; Tunail, 2009; Coşansu ve ark., 2010; Sofos ve Geornaras, 2010).

Son yıllarda LAB'nin bu önemli özelliklerinin dışında fenolik bileşikler ile ilişkisi üzerinde durulmaktadır. Laktik asit bakterileri ile fenolik bileşikler arasındaki ilişki; LAB'nin fenolik bileşikleri sentezlemesi yada metabolize etmesi ile fenolik bileşiklerin bulunduğu ortamlarda inhibe/aktive olması şekillerinde olabilmektedir. Örneğin *L. plantarum*, anaerobik koşullarda kinat ve şikimati indirgeyebildiği (Whiting ve Coggins, 1969), buna karşın hidroksisinnamik asit bulunan ortamlarda *L. plantarum* ile diğer laktik asit bakterilerinden *Lactobacillus collinoides* ve *L. brevis*'in gelişiminin olumsuz etkilendiği (Stead, 1993) bilinmektedir. Yine yeşil zeytin ekstraktı olan oleuropeinin de *L. plantarum* üzerinde inhibitör etkiye sahip olduğu saptanmıştır (Ruiz-Barba ve ark., 1991). Bu inhibisyon mekanizması tam olarak anlaşılamamış olmakla birlikte, oleuropeinin hücrelerin ATP içeriğini azaltarak etki ettiği düşünülmektedir (Juven ve ark., 1972).

Bunların yanı sıra LAB'nin meyvelerin muhafazasında kullanılan sülfür dioksit gibi kimyasal maddelerin kullanımını azaltma/ortadan kaldırma potansiyeli de sözkonusudur. LAB'nin bu amaçlı kullanımı ile meyvelerin fenolik bileşik ve antioksidan düzeyleri de korunabilmektedir (Martinez-Castellanos ve ark., 2011).

Çizelge 1. Sebze fermentasyonu boyunca laktik asit üretimi yapan bakteriler ve özellikleri (Daeschel ve Fleming, 1984)

## 2.2. Laktik Starter Kültürler

LAB	<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Lactobacillus brevis</i>	<i>Pediococcus cerevisiae</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
<b>Morfoloji</b>	Kısa ve orta çubuklar, genellikle tek olarak bulunurlar	Kısa çubuklar, tek olarak veya kısa zincirler şeklinde bulunurlar	Koklar tek, çift veya dörtlü olarak bulunurlar	Kok veya çubuklar, genellikle çift olarak bulunurlar
<b>Optimum sıcaklık (°C)</b>	30-35	30	35	20-30
<b>45 °C'de gelişim</b>	---	---	+	---
<b>%8 NaCl'de gelişim</b>	+	---	+	---
<b>Glukoz metabolizması</b>	Homofermentatif laktik asit	Homofermentatif laktik asit, asetik asit, etanol, CO <sub>2</sub>	Homofermentatif laktik asit	Homofermentatif laktik asit, asetik asit, etanol, CO <sub>2</sub>
<b>Ürettiği laktik asit konfigürasyonu</b>	DL	DL	DL	L

Günümüzde endüstriyel starter kültürlerin, ürün için gerekli olan karakteristikler bakımından yetersiz kalması ve yeni starter kültürlerin ticari uygunluğunun kısıtlı olması söz konusudur. Gıda mikroorganizmaları konusunda genetik ve metabolizma alanlarında yaşanan

gelişmeler starterlerin gelişimi için yeni perspektifler ortaya koymuştur. Moleküler biyolojiyle starter kültürlerin arzu edilen şekillerde geliştirilmesi mümkün olmuştur. (Leroy ve De vuyst, 2004; Ayhan ve ark., 2005; Candogan ve ark., 2009).

Laktik asit bakterileri, laktik asit üretmeyi başlattıkları için starter olarak adlandırılmıştır. Laktik starterlerin bir kısmı mezofilik, bir kısmı da termofilik karakterlidir. En fazla kullanılan starterlerden *Lactobacillus lactis* subsp. *lactis* ve *Lactobacillus lactis* subsp. *cremoris* ile *Lactobacillus casei* ise mezofilik kültürlerdir. Asit geliştirici starterler veya aroma geliştirici laktik asit bakterileri; sıvı kültürler, liyofilize kültürler veya derin dondurulmuş kültürler halinde endüstriye sunulmaktadır (Tunail, 2009).

Hem hijyen hem de güvenlik noktalarına bakış açısından starter kültür olarak LAB'nin veya bakteriyosin üreten LAB yada bakteriyosinlerin kullanımı tavsiye edilmektedir. Hatta, günümüzde daha çok bakteriyosin üreten starter kültür kullanımı ile mikrobiyolojik risklerin azaltılması amaçlanmaktadır (O'Keefe ve Hill 1999; Durlu-Özkaya, 2001; Coşansu ve ark., 2010). LAB, ürünlerin hızlı asidifikasyonuna yol açarak, bozulma yapan ve patojen bakterilerin gelişimini inhibe etmektedir. Buna ek olarak, fermente gıdalarda işleme sırasında kimyasal ve biyolojik olarak meydana gelen hatta zehirlenmelere yol açabilen biyojen aminlerin oluşumunun engellenmesinde biyojen amin oluşturmeyen starter kullanımının yararlı olduğu görülmüştür (O'Keefe ve Hill, 1999; Durlu-Özkaya ve ark., 2001; Turgut, 2006). Ayhan ve ark. (1999) yaptıkları çalışmada Türk sucuklarının üretimi ve olgunlaştırılması sırasında tüm fermentasyon süresince oluşan biyojen amin miktarları üzerine *Lactobacillus sake*, *Pediococcus pentosaceus*'u içeren starter kültürünün etkilerini araştırmışlardır.

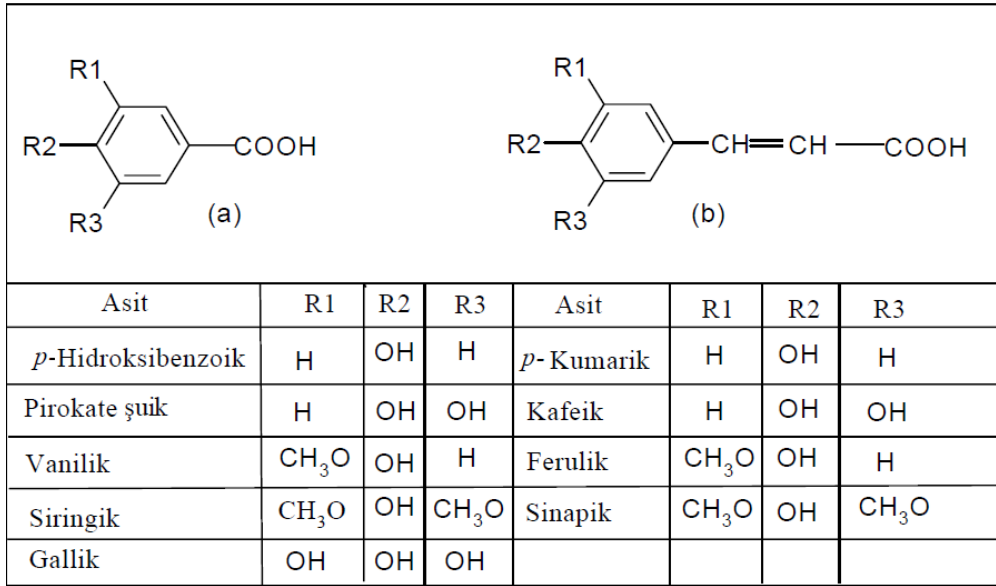
Starter kullanımının biyojen aminlerden tiramin oluşumunu etkilemediği ancak putresini inhibe ettiğini saptamışlardır.

Süt ürünlerinde LAB starterlerinin büyük çoğunluğu rutin olarak kullanılmasına rağmen et ve bazı fermente gıdalar ile sebze fermentasyonlarında sadece birkaç kültür kullanılmaktadır. *Lactobacillus plantarum* ve *Lactobacillus brevis* sebze sularının fermentasyonunda en sık kullanılan starter kültürler olup, örneğin domates suyunun duysal ve sağlığa yararlı özelliklerini artırmak için Di Cagno ve ark. (2009) *L. plantarum* suşlarını kullanmışlardır. Şarap üretiminde *Oenococcus oeni* en önemli laktik asit bakterisidir ve starter kültür olarak kullanılır. Bunlara ek olarak *L. plantarum* salatalık, lahana ve zeytin gibi bitki kökenli gıda ürünlerinin fermentasyonunda ticari starter olarak kullanılmaktadır (Ruíz-Barba ve Jimenez-Diaz, 1994; Rodriguez ve ark., 2009).

### 3. FENOLİK BİLEŞİKLER

Fenolik bileşikler, flavanların polimerleri olup, başlıca flavan 3-4-diollerden oluştuğu bilinmektedir (Bayrak, 2006). Bu bileşikler fenol halka sayılarının fonksiyonuna bakılarak farklı gruplarda sınıflandırılabilirler ve bir halkayı diğerine bağlayarak yapısal element görevi üstlenebilirler. Fenolik asitler, flavanoidler, stilbenler ve lignanlar olarak gruplandırılmakta olup, flavanoidler de kendi aralarında flavonoller, flavonlar, izoflavonlar, flavanonlar ve antosiyanidinler olarak ayrılabilirler. Bu çeşitliliğe ek olarak, polifenoller çeşitli karbonhidratlar ve organik asitlerle ilişkili olabilirler (Manach ve ark., 2004).

Fenolik bileşikler besinsel ve antioksidan özelliklere sahip olmalarının yanısıra lezzet, burukluk, renk gibi birden fazla duysal gıda özelliklerini etkilemekte olup, bitki kökenli birçok gıda ürününün tadına ve aromasına katkıda bulunurlar. Fenolik bileşiklerin aromaya olan katkısı başlıca uçucu fenollerin varlığına bağlıdır ve bunlar ya yüksek alkollerin hidrolizinden üretilebilirler yada maya ve laktik asit bakterileri gibi mikroorganizmaların metabolizmaları sonucunda oluşabilirler. Yine fenolik bileşikler arasında yer alan flavanoidler ise doğal gıda pigmentleridir ve sebze ürünlerinin rengini büyük ölçüde etkilerler (Rodriguez ve ark., 2009).



Şekil 1. Fenolik asitlerin genel yapısı: a) Benzoik asit türevleri b) Sinamik asit türevleri (Nizamhoğlu ve Nas, 2010)

Meyveler, sebzeler ve çay gibi içecekler insanların günlük diyetinde yer alan fenolik bileşiklerin ana kaynağıdır. Akdeniz diyeti, fenolik bileşiklerin duyuşal ve besinsel özelliğinden sorumlu olduğu, şarap ve sofralık zeytin gibi fermente gıdalar içerir. Örneğın şarap karmaşık fenolik bileşik kompozisyonuna sahiptir ve hem şarap prosesine hem de üzüm çeşitliliğine bağılı olarak 100 mg/L'den 200 mg/L'ye değışen konsantrasyonlarda çeşitli fenolik bileşikler (hidroksisinnamik ve hidroksibenzoik) içermektedir (Reguant ve ark., 2000; Campos ve ark., 2003).

Bunlara ek olarak batı dünyasında çok az bilinen siyah veya mor havucun Türkiye, Afganistan, Mısır, Pakistan, Hindistan ve uzak doğuda geleneksel tüketimi yaygındır. Ülkemizde Adana ve yöresinde tüketimi yaygın olan şalgam suyunun hammaddelerinden biri olan mor havucun kökünde 40'dan fazla fenolik bileşik tespit edilmiş olup bunların çoğı *p*-kumarik, kafeik ve ferulik asit olarak belirlenmiştir (Kammerer ve ark., 2004).

Geleneksel olarak, fenolik bileşikler beslenme açısından istenmeyen bileşikler olarak kabul edilmektedir. Bunun nedeni, proteinlerin çökmesine, sindirim enzimlerinin inhibe olmasına ve vitaminler ile minerallerin kullanımının etkilenmesine, gıdaların besinsel değerlerinin azalmasına neden olmalarıdır. Ancak antioksidan aktivitelerinin fark edilmesi ile sağığı olumsuz etkileyen özelliklerinin araştırılması azalmıştır. Hatta günümüzde, günlük diyetinde yer alan fenolik bileşiklerin, bazı kimyasalların zararlı etkilerini önleyici (kemopreventif) özelliğı nedeniyle sağık için yararlı olduğı ve bu özelliğın daha çok antioksidan aktivitesinden kaynaklandığı ifade edilmektedir (Rodriguez ve ark., 2009).

Fenolik bileşikler sağık açısından sahip olduğı bu özelliklerinin yanında, laktik fermentasyonlarda görev alan LAB üzerinde de bazı etkilere sahiptir. Yapılan bir araştırmada Gallik asit ve kateşinin *Lactobacillus hilgardii*'nin gelişimini teşvik ettiğı bu konuda yapılan bir

çalışmada tespit edilmiştir (Alberto ve ark., 2001). Diğer yandan, fenolik bileşiklerin yine LAB gelişimi üzerinde olumsuz etkileri de sözkonusudur. Bu bakterisidal etkinin hücre duvarı ve sitoplazmik membran ile ilişkili olduğu ileri sürülmektedir (Ruiz-Barba ve ark., 1990).

Bugüne kadar yapılan çalışmalar, fenolik bileşiklerin daha çok LAB'nin gelişimini olumsuz etkilediğini, hatta laktik asit bakterilerinin metabolize ettiği fenolik bileşiklerin de sınırlı sayıda olduğunu göstermiştir (Rodriguez ve ark., 2009).

#### 4. FENOLİK ASİT DEKARBOKSİLİZ VE ÖNEMİ

Fenolik dekarboksilaz enzimi üreten suşların gıdalarda aroma oluşumu veya fermente yiyecek ve içeceklerin organoleptik kalitelerinin kontrolünde kullanılabildikleri bilinmektedir (du Toit ve ark., 2010). Laktik asit bakterilerinin bu enzime sahip olduğu bilinmekle birlikte, laktik asit bakterileri dışında kalan bakterilerden sadece iki fenolik asit dekarboksilaz enzimi saflaştırılmıştır; bunlar *Pseudomonas fluorescens*'ın ferulik asit dekarboksilaz ve *Bacillus pumilus*'un ferulik ile p-kumarik asit dekarboksilaz enzimleridir. (Cavin ve ark., 1997).

Laktik asit bakterileri ve fenolikler arasındaki ilişki iki şekilde düşünülebilir: LAB, fenollerini daha az kompleks fenolik metabolitlere indirgeyebilir veya bakteri gelişimi fenoliklerden olumlu yada olumsuz şekilde etkilenebilir. Bu iki etkileşim içinde fenolik bileşiklerin konsantrasyonu çok önemlidir. Örneğin, bakteri belli bir konsantrasyondaki fenolik bileşiği tolere edebilir hatta metabolize edebilir. Aynı zamanda düşük fenolik konsantrasyonlar bakterinin gelişimini teşvik edebilir ya da yüksek konsantrasyondaki fenolik bileşiklerin varlığı bakterileri inhibe edebilir (Stead, 1993).

Laktik asit bakterilerinden bazılarının şaraptaki gallik asit, kateşin, 4-etilguaiakol ve 4-etilfenol gibi fenolikleri oluşturduğu çeşitli araştırmalarla gösterilmiştir. Hatta Herna'ndez ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmada LAB'nin trans-kaftarik ve trans-kutarik asidi substrat olarak kullanabildikleri ve malolaktik fermentasyon (MLF) esnasında sinnamol esteraz enzim aktivitesiyle hidroksisinnamik asit konsantrasyonunu arttırdıkları saptanmıştır.

Malolaktik fermentasyon LAB'nin şarapta gerçekleştirdiği ikincil fermentasyondur. Bu fermentasyon sırasında şarap hem deasidifiye olur, hem mikrobiyel stabilite kazanır hem de aroma kazanır. Bu aşamada temel olarak *Oenococcus oeni* aktif rol oynarken bazı laktobasillerin de görev aldığı bilinmektedir. MLF sırasında bu LAB'nin glikozidaz, proteinaz, esteraz, fenolik asit dekarboksilaz ve sitrat liyaz gibi enzimleri ortama salınmaktadır (Maicas ve ark., 1999). Son yıllarda yapılan araştırmalar, üzümde gelen taninlerin MLF ve malolaktik kültürler üzerinde negatif etkiye sahip olduğunu bildirmektedir. Örneğin; şarapta bulunan fenoliklerden kafeik asitin bakteriyel gelişimi olumlu etkilediği buna karşın ferulik asitin ise bakterinin türüne bağlı olarak olumsuz etki gösterdiği tespit edilmiştir (Garcia-Ruiz ve ark., 2008; du Toit ve ark., 2010)

Rozes ve ark. (2003) şarap üretiminde 50 mg/L veya daha fazla fenolik bileşiğin *Oenococcus oeni*'nin gelişimini teşvik ettiğini bulmuşlardır. Araştırmacılar, aynı zamanda fenolik bileşiklerin, şeker tüketim oranını azalttığını, sitrik asit tüketimini ve asetik asit verimini ise arttırdığını belirlemişlerdir.

Laboratuvar koşullarında şaraplarda yapılan araştırmalarda hidroksisinnamik asit ve esterlerinin LAB'nin gelişimi üzerine stimüle edici etkisinin olduğu gösterilmekle birlikte (Herna'ndez ve ark., 2007) buna karşıt olarak, yüksek konsantrasyonlarının bakteri hücrelerine toksik etki yapabildiği de ifade edilmektedir (Reguant ve ark., 2000).

Vivas ve ark. (1997) yaptıkları çalışmada bazı hidroksibenzoik asitlerin hücre gelişimini aktive edebildiklerini ve malolaktik fermentasyon oranlarını azaltabildiklerini göstermişlerdir. Diğer bir araştırma grubu ise bazı hidroksisinnamik asitlerin, şarapta bozulma yapan

*Lactobacillus collinoides*, *L. brevis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* gibi bakteriler ve bazı mayalar gibi çeşitli mikroorganizmaların gelişimini inhibe edebildiğini ortaya koymuşlardır (Herald ve Davidson, 1983).

Uçucu fenoller şarap aromasına önemli katkıları olan bileşikler olup, belirli seviyelerin üzerinde şarap kalitesini negatif şekilde etkileyebilirler. Dolayısıyla, şarap kalitesinin kontrolünde bu bileşikler önemlidir. Uçucu fenollerin öncü bileşikleri olan p-kumarik ve ferulik hidroksisinnamik asitleri üzüm meyve suyu ve şarabın doğal bileşenleridir. Bu bileşiklerin dönüşümü iki enzimatik reaksiyondan oluşur. İlk aşamada, hidroksisinnamik asit kendine karşılık gelen vinil türevlerine (p-kumarik asitten 4-vinilfenol veya ferulik asitten 4-vinilguaiakol) dekarboksile olur; ikinci reaksiyon adımında redüktaz vinili kendine karşılık gelen etil bileşiklerine (4-etilfenol veya 4-etil guaiakol) dönüştürür (Heresztyn, 1986).

Couto ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada LAB'nin p-kumarik ve ferulik asitten uçucu fenol oluşturma kapasitesini gaz kromatografisiyle incelemişler ve 13 adet suşun p-kumarik asitten uçucu fenol üretebildiğini, bunlardan sadece üçünün ise 4-etilfenol ürettiğini ortaya koymuşlardır. Araştırmada, 10 adet suş sadece 4-vinilfenol oluşturabilmiş, *L. brevis* ve *L. plantarum*'un tek bir suşu p-kumarik ve ferulik asit türevlerini meydana getirmiştir. *L. collinoides*'in bir suşunun kuvvetli bir 4-etilfenol üreticisi olduğu anlaşılmıştır. Diğer *Lactobacillus* türleri (*L. mali*, *L. sake* ve *L. viridescens*) yüksek konsantrasyonlar da 4-vinilfenol ürettiği saptanmıştır. Araştırmada 8 adet *Pediococci* suşundan yedisi p-kumarik asitten 4-vinilfenol, *P. acidilactici* ve *P. dammosus*'un da 4-vinilfenol ürettiği belirlenmiştir. Çalışılan iki *O. oeni* suşu p-kumarik asit türevlerini oluşturamadığı ve test edilen *L. mesenteroides* de uçucu fenol üreticisi olmadığı anlaşılmıştır.

Benzer bir çalışmada gıdalardan izole edilmiş olan *Lactobacillus brevis* suşlarının 15 adet gıda fenolüğü metabolize etme özelliği araştırılmıştır. Sınnamik asitlerle yapılan bu çalışmada, *L. brevis*'in sadece p-kumarik, ferulik ve kafeik asitleri metabolize edebildiği gözlenmiştir (Curiel ve ark., 2010).

Cavin ve ark. (1993) *L. brevis*, *L. plantarum* ve *P. pentosaceus*'un, p-kumarik ve ferulik asidi dekarboksile edebildiğini ortaya koymuşlardır. Chatonnet ve ark. (1995) ise *L. brevis* ve *P. pentosaceus*'un bazı suşlarının p-kumarik asidi 4-vinilfenole dekarboksile edebildiğini belirtmişlerdir.

Genellikle fermente gıdaların tüketilmesinden dolayı oluşan gıda zehirlenmesi vakalarında biyojen aminler yer almaktadır (Ayhan ve Durlu-Özkaya, 2007). Diğer yandan, putresin ve kadaverin gibi biyojen aminler karsinojenik nitrozaminlerin öncü bileşikleri olarak tanımlanırlar. Alberto ve ark. (2007) tarafından şarapta yapılan bir araştırmada protokatesuik, vanilik ve kafeik asit gibi fenolik asitlerin *Lactobacillus hilgardii*'nin gelişimini teşvik ederek agmatinden putresin oluşumunu engellediğini ifade etmişlerdir. Garcı'a-Ruiz ve ark. (2008) ise şarapta yaygın olarak kullanılan SO<sub>2</sub>'e alternatif yeni antimikrobiyel madde olarak fenolik ekstraktların kullanılabilceğini önermişlerdir.

De las rivas ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada fenolik asit dekarboksilaz üretiminden sorumlu *pdc* geninin varlığı için moleküler taramanın şarapta bulunan LAB'nin uçucu fenol üretebilme potansiyellerinin saptanmasında yeterli bir metot olduğu sonucuna varmışlardır. Araştırmada polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) tekniği kullanılarak her bakteri türünden bir suş seçilmiş ve bu suşların hidroksisinnamik asidi dekarboksile edebilme yetenekleri daha çok p-kumarik ve ferulik asit üzerinde çalışılmıştır. Denemede, *L. plantarum*'a ait bir suşun üç hidroksisinnamik asidi vinil türevlerine dekarboksile edebildiği kanıtlanmış, ayrıca vinilfenol ve vinil kateşölü, etil türevlerine (etilfenol ve etilkateşöl) indirgedikleri belirlenmiştir. *L. brevis* and *P. pentosaceus* suşlarının p-kumarik ve kafeik asidi tamamen dekarboksile ettikleri saptanmış olmakla birlikte, çalışmada sadece bunların vinil türevleri saptanabilmiştir.



*L. plantarum* iki çeşit fenolik asit dekarboksilaz üretebilmektedir; PAD yada PDC olarak isimlendirilen birinci fenolik dekarboksilaz, p-kumarik, ferulik ve kafeik asitleri vinil türevlerine dekarboksilize eder. Diğer enzimi ise padA (pdc) geni tarafından üretilen fenol asit dekarboksilaz enzimidir ve p-kumarik asite göre ferulik asit ile çok daha iyi aktive olmaktadır. Bu ikinci enzim hala karakterize edilememiştir (Rodriguez ve ark., 2009).

Ruiz-Barba ve ark. (1990; 1991) *L. plantarum* ile zeytinden elde edilen fenolik bileşikler arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bu çalışmada fenolik bileşik içeren alkali olmayan yeşil zeytin salamurasının *L. plantarum* üzerinde belirgin bir bakterisidal etki yaptığı gösterilmektedir. Denemede yeşil zeytinden ekstrakte edilen oleuropeinin yeşil zeytin fermente salamurasından izole edilen *L. plantarum* suşlarına karşı bakterisidal etkisi olduğu saptanmıştır.

Theobald ve ark. (2007) yeşil çayda bulunan fenolik asitlerin (özellikle epigallokateşin galat) *O. oeni*'nin gelişimini teşvik ettiğini bulmuşlardır. Ancak, bileşiğin konsantrasyonuna bağlı olarak aynı zamanda *O. oeni*'nin gelişimini inhibe edebildiğini de ifade etmişlerdir.

Şaraplarda bozulmaya neden olan *L. hilgardii* 'nin gelişimi üzerine gallik asit ve kateşinin farklı konsantrasyonlarının etkisi Alberto ve ark. (2001) tarafından araştırılmıştır. Bu fenolik bileşikler, şarapta buldukları normal konsantrasyonlarda sadece bakteri gelişimini teşvik etmişlerdir. Campos ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmada da *L. hilgardii*'nin gelişimi üzerine p-kumarik asit güçlü bir inhibitör etki gösterirken kafeik ve ferulik asitin ise olumlu etki yaptığı belirlenmiştir.

#### 4.1. Atıkların Uzaklaştırılmasında Laktik Asit Bakterileri ve Fenolik Bileşikler

Çeşitli gıda endüstrileri tarafından üretilen atıkların uzaklaştırılması son yıllarda üzerinde en yoğun çalışılan konular arasında yer almaktadır. Biyolojik arıtmaları açısından zorluklara neden olan fenolik bileşiklerin varlığı ciddi bir çevre sorunu teşkil etmektedir. Diğer yandan, yüksek değerli bileşikler elde etmek ve çevre problemlerini azaltmak için bu yan ürünlerden yararlanmaya önemli bir ilgi söz konusudur. Bu kapsamda fenolik bileşikler yüksek düzeyde içeren gıda yan ürünlerinin yeniden değerlendirilebilmesi açısından laktik asit bakterilerinin kullanımıyla ilgili bazı öneriler vardır. Arvanitoyannis ve Kasaveti (2007) laktik asit bakterilerinin oksijen baskısını, redoks potansiyelini ve pH'yı düşürerek zeytin atıklarında bulunan fenolik bileşiklerin biyolojik dönüşümünde önemli rol üstlendiğini ileri sürmektedirler. Bilindiği gibi zeytin endüstrisi atık iki madde üretir ve bunlar katı maddeler ile zeytin fabrikası atık suyu (olive mill wastewater, OMW) dur. En karışık bitki atıklarından biri olan OMW'nin ekolojik problemi, öncelikle OMW'yi toksik yapan ve biyolojik parçalanmaya dirençli kılan fenolik bileşiklerin varlığına bağlıdır. OMW kararsızdır ve fenolik bileşiklerin oto-oksidasyonundan dolayı aerobik koşullar altında siyah renge (karasu) döner (Arvanitoyannis ve Kasaveti, 2007). Bu konuda yapılmış bir çok çalışma bulunmaktadır (Hamdi ve ark., 1992; Yeşilada ve ark., 1999; Lopes ve ark., 2008; Blika ve ark., 2009; Jarboui ve ark., 2009).

Zeytinyağı doğal antioksidan olarak tokoferol, karetenoid, sterol ve fenolik bileşikler içermekte olup, esas olarak fenolik bileşiklerden gallik, kafeik, vanillik, p-kumarik, sirinjik, ferulik, homovanillik, p-hidroksibenzoik ve protokateşik asitler, tirozol, hidroksitirozol, oleuropein ve ligstrosit aglikanlar tanımlanmıştır. Bu bileşiklerin hepsi zeytinde antioksidan ve duysal özellikleri belirlerler ve hatta kalp hastalığı ve kansere karşı önleyici etkilerinin olduğu da ileri sürülmektedir. İşte bu nedenle son yıllarda zeytinyağında polifenollerin artırılması konusunda çalışmalar başlamıştır (Kachouri ve Hamdi, 2004).

Şarap üretiminden çıkan atıkların uzaklaştırılması şarap imalatçıları açısından uzun zamandan beri bir problemdir. Toplamda şarap üretiminin % 20 'sinden fazlası atıktır ve bu ciddi çevre problemleri teşkil edecek binlerce tona karşılık gelir. p-Kumarik asit şarap distile atık suyunun fenolik fraksiyonunu temsil eden bir bileşiktir (Arvanitoyannis ve ark., 2006). *L.*

*plantarum* fenol asit dekarboksilaz enzim (phenolic acid decarboxylase, PAD) faaliyetiyle p-kumarik asidi vinil fenole dekarboksile eder. Bu nedenle *L. plantarum*'un gelişimi veya saflaştırılmış *L. plantarum* PAD'ın kullanımı, p-kumarik asit solüsyonunda bu fenolik bileşiği daha az toksik türevi olan vinilfenole dönüştürebilecektir. Bu bileşik yeni kokulu kimyasalların biyoteknolojik üretiminde değerli bir araüründür ve aynı zamanda gıdalarda aroma artırıcı olarak kabul edilir (JECFA; Joint Expert Committee on Food Additives, 2001).

## 5. SONUÇ

Geçmişten günümüze kadar yapılan çalışmalar ile LAB'nin gıda kökenli patojen mikroorganizmaları inhibe edebildiği ve gıdaların raf ömrünü uzatmak amacı ile kullanılabilme potansiyeline sahip olduğu bilinmektedir. Son yıllarda araştırmacılar ve gıda üreticileri bitki kökenli gıda ürünlerinin önemli bileşenleri olan fenolik bileşiklerle antioksidan özellikleri, günlük diyetle sıklıkla yer almaları ve kanser, kardiyovasküler ve dejeneratif hastalıklar gibi çeşitli hastalıkların önlenmesinde olası rollerinin bulunması nedeniyle daha fazla ilgilenmeye başlamışlardır. Şimdiye kadar LAB ile fenolik bileşikler arasındaki metabolizma ilişkisi hakkında sınırlı sayıda araştırma olduğundan konu ile ilgili yapılacak yeni araştırmalar, metabolik yolların belirlenmesiyle biyoteknolojik olarak yararlı suşların ve proteinlerin (enzim) elde edilmesi, yeni tanımlanan suşlar ve proteinler, duyuusal ve besinsel özellikleri geliştirilmiş gıdaların elde edilebilmesi için şüphesiz olumlu katkı sağlayacaktır. Buna ek olarak, gıda atıklarında bulunan fenolik bileşiklerin degradasyonundan antioksidan gibi yüksek değerli bileşikler elde edebilmek için bu suşların veya enzimlerinin kullanılabilmesi belki de mümkün olabilecektir.

## KAYNAKLAR

- Alberto, M.R., Farias, M.E. and Manca de Nadra, M.C. 2001. Effect of gallic acid and catechin on *Lactobacillus hilgardii* 5w growth and metabolism of organic compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 4359–4363.
- Alberto, M.R., Arena, M.E. and Manca de Nadra, M.C. 2007. Putrescine production from agmatine by *Lactobacillus hilgardii*: effect of phenolic compounds. Food Control, 18: 898-903.
- Altuntaş, E.G., Ayhan, K., Okcu, G., Erkanlı, K., Balcı, M.H. ve Sonakın, S.S. 2010a. Çiğ süt ve peynir örneklerinden izole edilen laktik asit bakterilerinin antimikrobiyel aktiviteleri. Gıda 35(3): 197-203.
- Altuntas, E.G., Cosansu, S. and Ayhan, K. 2010b. Some growth parameters and antimicrobial activity of a bacteriocin producing strain *Pediococcus* sp. 13. International Journal of Food Microbiology, 141(1-2): 28-31.
- Akbaş, L.G. 2006. Değişik turşularda biyojen amin miktarları üzerine araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 96 s.
- Akçelik, M. ve Ayhan, K. 1992. Laktik asit bakterilerinin tedavi edici rolü. Biyoteknoloji Haber Bülteni, 5:2-3.
- Aktan, N. ve Kalkan, H. 1999. Sofralık zeytin teknolojisi. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir 122 s.
- Arvanitoyannis, I.S. and Kassaveti, A. 2007. Current and potential uses of composted olive oil waste. International Journal of Food Science and Technology 42: 281–295.
- Arvanitoyannis, I.S., Ladas, D. and Mavromatis, A. 2006. Wine waste treatment methodology. International Journal of Food Science and Technology 41: 1117–1151.

- Ayhan, K., Kolsarıcı, N. and Özkan, G.A. 1999. The effects of a starter culture on the formation of biogenic amines in turkish soudjoucks. *Meat Science* 53:183-188.
- Ayhan, K. and Durlu-Özkaya, F. 2007. Biogenic amines in foods. Chapter 5. ( In: *Metabolism and Applications of Lactic Acid Bacteria*). 87-113. ISBN: 978-81-308-0203-9. Ed: Barbaros ÖZER (Research Signpost Publishing, Kerala-India). 201 page.
- Ayhan, K., Durlu-Özkaya, F. ve Tunail, N. 2005. Commercially important characteristics of Turkish origin domestic strains of *S. thermophilus* and *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. *International Journal of Dairy Technology*, 58(3): 150-157.
- Bayrak, A. 2006. Gıda Aromaları, Bölüm 3. Aroma Kimyası (133-134). Baran Ofset, Ankara 497 sayfa. ISBN: 9966-5476-0-3.
- Blika, P.S., Stamatelatos, K., Kornaros, M. and Lyberatos, G. 2009. Anaerobic digestion of olive mill wastewater. *Global NEST Journal*, 11(3): 364-372.
- Campos, F. M., Couto, J.A. and Hogg, T.A. 2003. Influence of phenolic acids on growth and inactivation of *Oenococcus oeni* and *Lactobacillus hilgardii*. *Journal of Applied Microbiology*, 94: 167–174.
- Canbaş, A. ve Fenercioğlu, H. 1984. Şalgam suyu üzerinde bir araştırma. *Gıda* 9(5): 299-286.
- Candogan, K., Wardlaw, F.B. and Acton, J.C. 2009. Effect of starter culture on proteolytic changes during processing of fermented beef sausages. *Food Chemistry*, 116(3): 731-737.
- Cavin, J.F., Andioc, V., Etievant, P.X. and Divies, C. 1993. Ability of wine lactic acid bacteria to metabolize phenol carboxylic acids. *American Journal of Enology and Viticulture*, 44: 76-80.
- Cavin, J.F., Barthelmebs, L., Guzzo, J., Van Beeumen, J., Samyn, B., Travers, J.F. and Divies, C. 1997. Purification and characterization of an inducible p-coumaric acid decarboxylase from *Lactobacillus plantarum*. *FEMS Microbiology Letters*, 147: 291-295.
- Chatonnet, P., Dubourdieu, D. and Boidron, J.N. 1995. The influence of *Brettanomyces/Dekkera* sp. yeasts and lactic acid bacteria on the ethylphenol content of red wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 46: 463-468.
- Cintas, L.M., Casaus, P., Fernandez, M.F. and Hernandez, P.E. 1998. Comparative antimicrobial activity of enterocin L50, pediocin PA-1, nisin A and lactocin S against spoilage and foodborne pathogenic bacteria. *Food Microbiology*, 15: 289-298.
- Çon, A. ve Gökalp, H. 2000. Laktik asit bakterilerinin antimikrobiyal metabolitleri ve etki şekilleri. *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 30: 180–190.
- Cosansu, S. ve Ayhan, K. 2002. Fermente ürünler ve mikrobiyolojik bozulmaları. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No: 27, 33 sayfa*.
- Cosansu, S., Kuleasan, H., Ayhan, K. and Materon, L. 2007. Antimicrobial activity and protein profiles of *Pediococcus* spp. isolated from Turkish sucuk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 31: 190-200.
- Cosansu, S., Geornaras, I., Ayhan, K. and Sofos, J.N. 2010. Control of *Listeria monocytogenes* by bacteriocin-producing *Pediococcus acidilactici* 13 and its antimicrobial substance in a dry fermented sausage sucuk and in turkey breast. *Journal of Food and Nutrition Research*, 49(4): 206-214.
- Couto, J.A., Campos, F.M., Figueiredo, A.R. and How, T.A. 2006. Ability of lactic acid bacteria to produce volatile phenols. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57: 166-171.
- Curiel, J.A., Rodriguez, H., Landete, J.M., De las Rivas, B. and Muñoz, R. 2010. Ability of *Lactobacillus brevis* strains to degrade food phenolic acids. *Food Chemistry*, 120: 225-229.
- Daeschel, M.A. and Fleming, H.P. 1984. Selection of lactic acid bacteria for use in vegetable fermentations. *Food Microbiology*, 1:303-313.

- De las rivias, B., Rodriguez, H., Curiel, J.A., Landete, J.M. and Munoz, R. 2009. Molecular screening of wine lactic acid bacteria degrading hydroxycinnamic acids. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 5: 490–494.
- Di Cagno, R., Surico, R.F., Paradiso, A., De Angelis, M., Salmon, J.-C., Buchin, S., De Gara, L. and Gobbetti, M. 2009. Effect of autochthonous lactic acid bacteria starters on healthpromoting and sensory properties of tomato juices. *International Journal of Food Microbiology*, 128: 473–483.
- Diñçer, E., Kıvanç, M. ve Karaca, H. 2010. Biyokoruyucu olarak laktik asit bakterileri ve bakteriyosinler. *Gıda*, 35(1): 55-62.
- du Toit, M., Engelbrecht, L., Lerm, E. and Krieger-Weber, S. 2010. *Lactobacillus*: the next generation of malolactic fermentation starter cultures—an overview. *Food Bioprocess Technology*, doi: 10.1007/s11947-010-0448-8.
- Durlu-Özkaya, F. 2001. Salamura beyaz peynirden izole edilen bazı laktokok, enterokok ve laktobasil suşlarının proteolitik aktivite, bakteriyosin etkenliği ve biyojen amin oluşumu açısından karşılaştırılması. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. Ankara. 134 s.
- Durlu-Özkaya, F., Xanthopoulos, V., Tunail, N. and Litopoulou-Tzanetaki, E. 2001. Technologically important properties of lactic acid bacteria isolates from Beyaz cheese made from raw ewes' milk. *Journal of Applied Microbiology*, 91: 861-870.
- Ercolini, D., Villani, F., Aponte, M. and Mauriello, G. 2006. Fluorescence in situ hybridisation of *Lactobacillus plantarum* group on olives to be used in natural fermentations. *International Journal of Food Microbiology* 112: 291–296.
- García-Ruiz, A., Bartolome, B., Martí'nez-Rodríguez, A.J., Pueyo, E., Martí'n-A'lvarez, P.J. and Moreno-Arribas, M.V. 2008. Potential of phenolic compounds for controlling lactic acid bacteria growth in wine. *Food Control*, 19: 835-841.
- Hamdi, M., Garcia, J.L. and Ellouz, R. 1992. Integrated biological process for olive mill wastewater treatment. *Bioprocess Engineering*, 8: 79-84.
- Herald, P.J. and Davidson, P.M. 1983. Antibacterial activity of selected hydroxycinnamic acids. *Journal of Food Science*, 48: 1378–1379.
- Heresztyn, T. 1986. Metabolism of volatile phenolic compounds from hydroxycinnamic acids by *Brettanomyces* yeast. *Archives of Microbiology*, 146: 96-98.
- Herna'ndez, T., Estrella, I., Carlavilla, D., Martí'n-A'lvarez, P. J. and Moreno-Arribas, M. V. 2006. Phenolic compounds in red wine subjected to industrial malolactic fermentation and ageing on lees. *Analitica Chimica Acta*, 563: 116–125.
- Herna'ndez, T., Estrella, I., Pe'rez-Gordo, M., Alegri'a, E-G., Tenorio, C. and Ruiz-Larrea, F. 2007. Contribution of *Oenococcus oeni* and *Lactobacillus plantarum* to the non anthocyanin phenolic composicio'n of red wine during malolactic fermentation. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 55: 5260–5266.
- İşlerog'lu, H., Yıldırım, Z. ve Yıldırım, M. 2008. Yöresel peynirden antimikrobiyal aktiviteye sahip laktik asit bakterisinin izolasyonu ve tanısı. *Gazi Osmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(1): 1–6.
- Jarboui, R., Hadrich, B., Gharsallah, N. and Ammar, E. 2009. Olive mill wastewater disposal in evaporation ponds in Sfax (Tunisia): moisture content effect on microbiological and physical chemical parameters. *Biodegradation*, 20: 845–858.
- Joint Expert Committee on Food Additives (JECFA), 2001. Evaluation of certain food additives and contaminants. In 55th report of the joint WHO/FAO expert committee on food additives. WHO Technical Report series 901. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

- Juven, B., Henis, Y. and Jacoby, B. 1972. Studies on the mechanism of the antimicrobial action of oleuropein. *Journal of Applied Bacteriology*, 35: 721-732.
- Kachouri, F. and Hamdi, M. 2004. Enhancement of polyphenols in olive oil by contact with fermented olive mill wastewater by *Lactobacillus plantarum*. *Process in Biochemistry*, 39: 841-845.
- Kammarer, D., Carle, R. and Schiber, A. 2004. Characterization of phenolics acids in black carrots (*Daucus carota* spp. *sativus* var. *atrorubensa alef.*) by high performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrophotometry*, 18(12): 1331-1340.
- Klaenhammer, T.R. 1988. Bacteriocins of lactic acid bacteria. *Biochimie*, 70(3): 337-349.
- Kuleaşan, H. 2002. Laktobasiller tarafından üretilen bakteriyosinlerin tanımlanması, sınıflandırılması ve bunların bazı gıda kaynaklı patojenler üzerindeki etkilerinin belirlenmesi. Ank. Üniv. Fen Bil. Enst. Doktora tezi, 82 s.
- Leroy, F. and De Vuyst, L. 2004. Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trend in Food Science and Technology*, 15: 67-78.
- Lopes, M., Araujo, C., Aguedo, M., Gomes, N., Goncalves, C., Teixeira, J.A. and Belo, I. 2008. The use of olive mill wastewater by wild type *Yarrowia lipolytica* strains: medium supplementation and surfactant presence effect. *Wiley Interscience*, doi: 10.1002/jctb.2075.
- Maicas, S., Pardo, I. and Ferrer, S. 1999. Continuous malolactic fermentation in red wine using free *Oenococcus oeni*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 15: 737-739.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémés, C. and Jiménez, L. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79: 727-747.
- Martinez-Castellanos, G., Pelayo-Zaldívar, C., Pérez-Flores, L.J. , López-Luna, A., Gimeno, M., Eduardo Bárzana, E. and Shirai, K. 2011. Postharvest litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) quality preservation by *Lactobacillus plantarum*. *Postharvest Biology and Technology*, 59: 172-178.
- Nizamlioğlu, N.M. ve Nas, S. 2010. Meyve ve sebzelerde bulunan fenolik bileşikler; yapıları ve önemleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* 5(1): 20-35.
- O'Keefe, T. and Hill, C. 1999. Bacteriocins: Potential in food preservation. doi: 10.1006/rwfm.1999.0150.
- Plengvidhya, V., Breidt, F., Lu, Z. and Fleming, H.P. 2007. DNA fingerprinting of lactic acid bacteria in sauerkraut fermentations. *Applied and Environmental Microbiology* 73: 7697-7702.
- Reguant, C., Bordons, A., Arola, L. and Roze`s, N. 2000. Influence of phenolic compounds on the physiology of *Oenococcus oeni* from wine. *Journal of Applied Microbiology*, 88: 1065-1071.
- Rodriguez, H., Curiel J. A., Landete, J. M., Rivas, B., Felipe, F. L., Cordoves, C. G., Mancheno, J. M. and Munoz, R. 2009. Food phenolics and lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 132: 79-90.
- Rozès, N., Arola, L. and Bordons, A. 2003. Effect of phenolic compounds on the co metabolism of citric acid and sugars by *Oenococcus oeni* from wine. *Letters in Applied Microbiology* 36: 337-341.
- Ruiz-Barba, J.L. and Jiménez-Díaz, R. 1994. Vitamin and amino acid requirements of *Lactobacillus plantarum* strains isolated from green olive fermentations. *Journal of Applied Bacteriology* 76: 350-355.
- Ruiz-Barba, J.L., Rios-Sánchez, R.M., Fedriani-Iriso, C., Olias, J.M., Rios, J.L. and Jiménez Díaz, R. 1990. Bactericidal effect of phenolic compounds from green olives on *Lactobacillus plantarum*. *Systematic and Applied Microbiology* 13: 199-205.

- Ruiz-Barba, J.L., Garrido-Fernández, A. and Jiménez-Díaz, R. 1991. Bactericidal action of oleuropein extracted from green olives against *Lactobacillus plantarum*. Letters in Applied Microbiology 12: 65–68.
- Seven, A. ve Ayhan, K. 1999. Starter kültür kullanılarak tamponlanmış ortamda havuç turşusu üretimi. XI. Kükem kongresi, 23(2): 9.
- Sofos, J.N. and Geornaras, I. 2010. Overview of current meat hygiene and safety risks and summary of recent studies on biofilms, and control of *Escherichia coli* O157:H7 in nonintact, and *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat, meat products. Meat Science, 86: 2-14.
- Stead, D. 1993. The effect of hydroxycinnamic acids on the growth of wine-spoilage lactic acid bacteria. Journal of Applied Microbiology, 75: 135–141.
- Temiz, A. ve Yılmaz, R. 2003. *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* 'un klasik ve moleküler yöntemler kullanılarak tanımlanması ve karakterizasyonu. Ortaç On-Line Mikrobiyoloji Dergisi 1(3): 19–42. [www.mikrobiyoloji.org/pdf/702030303.pdf](http://www.mikrobiyoloji.org/pdf/702030303.pdf)
- Theobald, S., Pfeiffer, P., Zuber, U. and König, H. 2007. Influence of epigallocatechin gallate and phenolic compounds from green tea on the growth of *Oenococcus oeni*. Journal of Applied Microbiology, 104: 566–572.
- Tunail, N. 2009. Mikrobiyoloji, Bölüm 9. Taksonomi ve prokaryotların sınıflandırılması (198-199). Pelin Ofset, Ankara 448 sayfa. ISBN: 978-605-603-62-0-0.
- Tunail, N. ve Köşker, Ö. 1989. Süt Mikrobiyolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 966:17, 137 s.
- Turgut, Z. 2006. Starter kültür kullanılarak üretilen hıyar turşularında biyojen amin oluşumu üzerine araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 72 s.
- Utuş, D. 2008. Şalgam suyu üretiminde kullanılan siyah havuç (*Daucus Carota*) boyutunun şalgam suyu kalitesi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 55 s.
- Vivas, N., Lonvaud-Funel, A. and Glories, Y. 1997. Effect of phenolic acids and anthocyanins on growth, viability and malolactic activity of a lactic acid bacterium. Food Microbiology, 14: 291–300.
- Whiting, C.G. and Coggins, R.A. 1969. Quinate metabolism by lactobacilli. Biochemical Journal 115: 60-61.
- Yeşilada, Ö., Şık, S. and Şam, M. 1999. Treatment of olive oil mill wastewater with fungi Tr. J. of Biology, 23: 231-240.