

Yoğurтта Lezzet Bileşenlerinin Oluşumu ve Bu Oluşum Üzerine Etki Eden Faktörler

Şenol Köse^{1*}, Elvan Ocak

Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü

Geliş Tarihi (Received): 17.01.2013, Kabul Tarihi (Accepted): 12.06.2013

* Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): senolkose28@hotmail.com (Ş. Köse)

☎ 0 432 225 10 24 📠 0 432 486 54 13

ÖZET

Geleneksel süt ürünlerimizden birisi olan yoğurt, laktik asit bakterilerini içeren, kendine özgü tat, aroma ve kıvamına sahip fermente bir süt ürünüdür. Tipik yoğurt aromasını, ekşimsi ve serinletici tat sağlayan laktik asit ve yoğurdun temel aroma bileşeni olarak düşünülen asetaldehit, aseton ve diasetil gibi çeşitli karbonil bileşikler oluşturmaktadır. Bu bileşenler içerisinde asetaldehit temel aroma maddesi diğerleri ise tat-aromayı destekleyici maddeler olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada, yoğurтта aromayı oluşturan maddeler ile bunların oluşumunu etkileyen faktörler incelenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yoğurt, Aroma bileşenleri

Formation of Aroma Compounds in Yoghurt and Factors Affecting the Formation

ABSTRACT

Yoghurt is one of the traditional fermented dairy products which contains lactic acid bacteria, has unique taste, aroma and texture. The typical yoghurt aroma comes from lactic acid, which provides sour and refreshing taste to yoghurt, and various carbonyl compounds such as acetaldehyde, acetone and diacetyl, which are considered to be the basic aroma compound of yoghurt. Acetaldehyde is the basic aroma substance among these components while others are considered to be as flavor-aroma supporting materials. In this review, substances that constitute to the aroma of yoghurt and factors influencing the formation of these substances are presented.

Key Words: Yoghurt, Aroma compounds

GİRİŞ

Yoğurt, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*'un faaliyeti sonucu elde edilen, besin değeri ve sindirimi yüksek fermente bir süt ürünüdür. Yoğurt, TS 1330 yoğurt standardına göre ise, "inek sütü, koyun sütü, manda sütü, keçi sütü veya karışımlarının pastörize edilmesi veya pastörize sütün, gerektiğinde süt tozu ilavesiyle homojenize edilip veya edilmeden *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*'dan oluşan yoğurt kültürünün ilave edilmesi ve uygun işlemlerden sonra

elde edilen ürün" olarak tanımlanmaktadır [1]. Bu kültürler, fermantasyonla laktozdan laktik asit üreterek sütün pH' sını 6.3-6.5'ten 4.6'nın altına düşürmekte, yoğurda özgü karakteristik tat ve koku sağlamakta, sert bir pıhtı oluşturarak son ürüne bir stabilite ve viskozite kazandırmaktadırlar [2].

İlk defa Türkler tarafından üretildiği düşünülen yoğurdun çok eski bir tarihi vardır. Türk kültürünün etkisi altında kalmış Balkan ülkeleri bir yana bırakılırsa, Amerika'da yaklaşık olarak 45-50 yıl önce, Avrupa'da da yirminci yüzyıl başlarından itibaren tanınmaya ve yapılmaya

başlanan bu gıdanın en azından 1000 yıl önce Türk ülkelerinde yapıldığı ve yendiği bir gerçektir [3]. Kaşgarlı Mahmut'un 10. yüzyılda yazdığı "Divan-ı Lügat-ı Türk" ve Balasagunlu Yusuf Has Hacib tarafından yazılan "Kutat-ku Bilig" de yoğurt kelimesine bugünkü anlamında rastlanılmaktadır [4]. Yoğurt kendi kültürümüzün ürünüdür ve Avrupa'ya da aynı isimle geçmiştir [3].

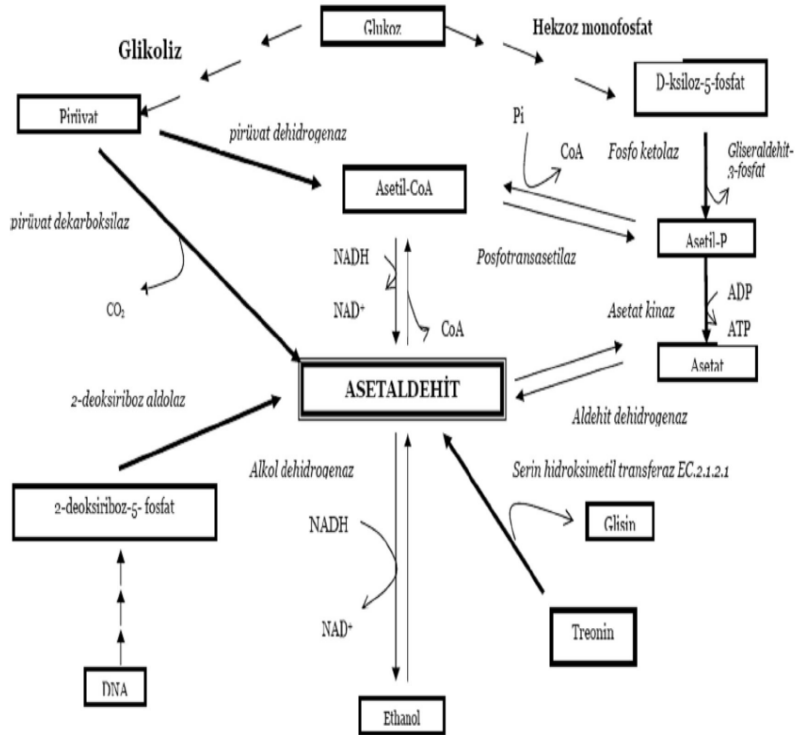
Yoğurt yurdumuzun her yerinde, her çeşit sütte veya bunların karışımından yapılmaktadır. Sütü tam ve eksiksiz besin haline getiren bütün maddeler biraz daha yoğun biçimde yoğurt içerisinde bulunur. Yıllardır süt içme alışkanlığını kazanamayan toplumumuz sütün tüm bileşenlerinden, yani yağ, protein, mineral maddeler, süt şekeri, çeşitli vitamin, enzim ve bağışıklık maddelerinden yoğurt tüketerek yararlanmaktadır [5]. Yoğurdun kimyasal bileşimi süte benzemekle birlikte, üretimi sırasında sütün kurumadde miktarının artırılması ve bakteriyel fermentasyon sırasında meydana gelen değişimden dolayı bazı farklılıklar olmaktadır. Süte göre yoğurtta protein oranı daha yüksek, laktik asit fermentasyonu nedeniyle laktoz oranı daha düşüktür. Fermentasyon ile biyolojik zenginleşme meydana gelmekte (protein, vitamin ve aminoasitlerin zenginleşmesi), gıda muhafazası (laktik asit fermentasyonu) mümkün olmakta, tat ve aromaların gelişmesi sağlanmaktadır [6].

Yoğurt besin değeri ve hazım olabilirliği yüksek önemli bir süt ürünüdür [7]. Fermentasyon sırasında sütün protein, yağ ve laktozunda meydana gelen kısmi hidrolizasyon nedeniyle sindirimi kolaydır. Ayrıca, laktoz intolerans kişilerin tüketimine elverişli, antitümör ve antikolesterolemik özellikleri bulunmaktadır. Laktik asit bakterilerinin ürettiği antibiyotikler ve antimikrobiyal maddeler insanları patojen mikroorganizmalara karşı korumaktadır. Bu nedenlerle yoğurt, her yaş grubundaki insanın günlük beslenmesinde bol ve ucuz bir şekilde yararlanabileceği fermente bir süt ürünüdür [8, 9].

Yoğurtta kaliteyi oluşturan en önemli unsurlardan biri aromadır. Çeşitli bileşiklerin etkisiyle oluşan aroma, yoğurdun duyuşsal özelliklerini belirleyen önemli bir kalite ölçüsüdür [3]. Yoğurdun tat ve aroması, *S. thermophilus* ve *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* tarafından sentezlenen laktik asit başta olmak üzere pirüvik, okzalik ve süksinik asit gibi uçucu olmayan asitler ile asetaldehit, aseton, diasetil gibi karbonil bileşenlerinden kaynaklanmaktadır [10].

AROMA BİLEŞİKLERİNİN OLUŞUMU

S. thermophilus ve *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* farklı metabolik yollar kullanarak karbonhidrat, protein ve nükleik asitlerden asetaldehit üretebilirler. Aşağıda bu muhtemel metabolik yollar şematize edilerek (Şekil 1) kısaca özetlenmiştir.



Şekil 1. Farklı metabolik yollarla asetaldehit oluşumu [39]

Glukozdan asetaldehit ve etanol oluşumu *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* ve *S. thermophilus*'un sahip olduğu aldehit dehidrogenaz ve alkol dehidrogenaz enzimiyle katalize edilir. Bu enzimlerden aldehit dehidrogenaz her

iki mikroorganizmanın dört suşunun her birinde bulunurken, alkol dehidrogenaz *S. thermophilus*'un dört suşundan yalnızca ikisinde yer almaktadır [11].

EMF (Emlden-Meyerhof-Parnas) yolu ile α -karboksilaz tarafından katalize edilerek asetaldehit üretimi için gerekli pirüvat glukozdan sentezlenmektedir. Alternatif olarak, pirüvat üzerinde pirüvat dehidrogenaz enziminin etkisiyle asetil co-A oluşur. Bu da aldehit dehidrogenaz enzimiyle indirgenerek asetaldehit sentezleyebilmektedir. Asetaldehit aldehit dehidrogenaz enzimi ile sentezi asetat veya asetil CoA'nın indirgenmesi sonucunda meydana gelmekte, alkol dehidrogenaz ise asetaldehiti etanole indirgemektedir [2]. Enzim aktivitesi, gelişme ortamında laktöz içeriğinin %0.5'ten %5'e arttığı veya sıcaklığın 30°C'den 37°C'ye yükseldiği durumlarda azalmaktadır [12].

L. delbrueckii subsp. bulgaricus ve *S. thermophilus* aroma maddesi üretmek için proteinleri hammadde olarak kullanma yeteneğindedir. Süt proteinleri *L. delbrueckii subsp. bulgaricus*'un proteinaz enzimi ile peptidlere, *S. thermophilus*'un enzimi olan peptidazlar ile aminoasitlere kadar parçalanmaktadır [13]. *L. delbrueckii subsp. bulgaricus*, treonin aldolaz enzimi ile asetaldehit ve glisin üretmektedir [14]. Yoğurt kültürüne %0.5 oranında treonin ilave edildiğinde üretilen asetaldehit miktarı artmaktadır. Enzim aktivasyonunu önemli ölçüde etkileyen iki madde glisin ve sitsindir [2]. Treonin aldolaz enziminin bakteriler tarafından üretimine pH değişimi düşük düzeyde etki ederken sıcaklığın 30°C'den 37°C'ye yükselmesi enzim sentezini azaltmaktadır. İlaveten, inkübasyon sıcaklığının 30°C'den 42°C'ye yükselmesi treonin aldolaz aktivitesini azaltmaktadır [14]. Methionin aminoasiti ise yalnız *S. thermophilus*'la inoküle edilmiş bir gelişme ortamında asetaldehit düzeyini artırmaktadır [2]. Ayrıca *S. thermophilus*'un bir suşunda bulunan deoksiriboaldolaz enzimi ile timidinden asetaldehit meydana gelmektedir. Bu enzim *L. delbrueckii subsp. bulgaricus*'da aktif değildir. Timidin fosforilaz ve deoksiribomutaz enzimleri, DNA' yı 2-deoksiriboz-5 fosfat'a indirgenmektedir. Oluşan bu ürünü deoksiriboaldolaz enzimi asetaldehit ve gliseraldehite parçalamaktadır [11]. Bakteri gelişimi esnasında DNA parçalanmasının çok az olması gerektiğinden asetaldehit oluşumuna bu yolun katkısı oldukça düşüktür [15].

AROMA BİLEŞİKLERİNİN OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Asetaldehit ve diğer aroma bileşenlerinin oluşumunda, starter kültür organizmalarının spesifik enzim aktiviteleri en önemli etkili faktörlerden birisidir. Spesifik enzim aktiviteleri diğer birçok faktörde karbonil bileşenlerinin oluşumu üzerine etkilidir. Örneğin; değişik tür sütlerden üretilen yoğurtlarda karbonil bileşenleri arasındaki farklılık, hammadde sütün bileşim özellikleri ile ilgilidir [3]. Nitekim, keçi sütü yoğurtlarında, karbonil bileşenlerinin özellikle temel aroma maddesi olarak kabul edilen asetaldehit miktarının inek sütü yoğurtlarından daha düşük düzeyde olduğu belirtilmektedir [11]. Keçi sütünden ürettikleri set yoğurtların 30 günlük, süzme yoğurtların ise 60 günlük depolama süresince organik asit içeriğinin tat-aroma üzerine etkisini inceleyen Atamer ve ark. [16],

asetaldehit, aseton, 2-bütanon ve diasetil içeriklerinin set yoğurtlarında sırasıyla 5.20 ile 9.11 ppm, 6.77 ile 8.06 ppm, 1.27 ile 2.13 ppm, 6.16 ile 2.70 ppm arasında, süzme yoğurtlarında ise yine sırasıyla 6.03 ile 10.09 ppm, 3.01 ile 11.71 ppm, 1.62 ile 3.80 ppm arasında ve iz miktarda değiştiğini tespit etmişlerdir. Bunun sebebi olarak da; literatürlerde, keçi sütünün glisin içeriğinin yüksek, sitrat içeriğinin ise düşük olması gösterilmektedir. Özellikle de, glisin treoninin asetaldehite dönüşümünde rol oynayan enzimleri inhibe etmesinden kaynaklandığı belirtilmektedir [17, 2].

Yoğurt üretiminde kullanılan kültürler de oluşan aromatik bileşiklerin miktarını etkilemektedir [3]. Nitekim inek sütüne CH-1, YF-3331 ve YC-350 aromatik yoğurt kültürleri ilave edilerek üretilen set tip yoğurtlarda uçucu bileşenleri belirleyen Güler ve ark. [18], depolama süresince kullanılan kültürün çeşidine bağlı olarak her bir uçucu bileşenin istatistiksel olarak önemli bir değişim gösterdiğini tespit etmişlerdir. Yine Bonzar ve ark. [19], yoğurt kültürü ve probiyotik kültür kullanarak ürettikleri koyun yoğurtlarında, diasetil ve asetaldehit miktarının probiyotik kültür kullanılarak yapılanlarda daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar bu durumun farklı mikrobiyal türlerin hatta aynı türün farklı suşlarının metabolik aktivitelerindeki çeşitlilikten kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Nitekim, yapılan çalışmalarda *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* ve *S. thermophilus* bakterilerinin farklı suşları ile üretilen yoğurtlarda oluşan aroma bileşiklerinin miktarlarının da farklı olduğu gözlenmiştir [20].

Martin ve Chou [21], yoğurtta asit gelişimi ve tat oluşumunun eşzamanlı olduğunu belirtmişlerdir. Süt asidinin varlığında ekşi bir tadın yanı sıra, 20-40 ppm arasında oluşan asetaldehit yoğurt aromasında etkili olmaktadır. Yoğurt jelini soğutma ve olgunlaştırma sürecinde de asetaldehit oluşmaya devam etmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda, yoğurt jelinin pH'sı 4.4-4.0 arasında olduğu zaman asetaldehitin sentezlenmesi ve miktarının arttığı gözlenmiştir. En kuvvetli yoğurt aroması ise pH 4.2-3.8 arasında elde edilmektedir.

Kaymaklı ve homojenize yoğurtların uçucu aromatik bileşen içeriklerinin depolama sıcaklığıyla değişimini inceleyen Oymael ve Us [22], kaymaklı yoğurtların asetaldehit miktarının homojenize yoğurtlardan daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Buna karşın diasetil miktarının ise kaymaklı yoğurtta homojenize yoğurttan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Homojenize yoğurtta yağ globülleri küçük zerrelere parçalanmışken, kaymaklı yoğurttaki bozulmamış yağ tabakasının diasetilin en önemli kaynağı olduğu tespit edilmiştir [22]. Görüldüğü gibi yoğurt üretiminde kullanılan süte uygulanan işlemlerde tat-aroma üzerine etki edebilmektedir.

Bunlara ilaveten, süte farklı bileşikler katılmasıyla beraber üretilen yoğurtların özelliklerinin araştırıldığı çalışmalarda, bu yoğurtların aroma bileşiklerinin oluşumu ve miktarında da değişikliklerin meydana geldiği sonucuna varılmıştır [23, 24].

TAT VE AROMA BİLEŞENLERİ

Yoğurt hangi tür sütte üretilirse üretilsin, başlıca laktik asitten kaynaklanan ekşi tadının yanı sıra uçucu karbonil bileşikleri ve asitlerin neden olduğu karakteristik aromasını tüketiciler daha fazla önemsemektedir. Yoğurt üretiminde kullanılan starter kültürler (*L. delbrueckii*

subsp. bulgaricus ve *S. thermophilus*) tat ve koku bileşenlerinin oluşumunda büyük bir role sahiptirler (Tablo 1). Bunun yanı sıra kullanılan sütün türü (Tablo 2), inkübasyon süresi ve sıcaklığı, yoğurdun muhafaza süresi, yoğurt sütüne uygulanan ısıl işlem, starter kültürün faaliyeti ve çeşidi de önemli olmaktadır [25].

Tablo 1. Yoğurt starter organizmaları tarafından sentezlenen karbonil bileşikleri µg/g [10]

Organizma	Asetaldehit	Aseton	Asetoin	Diasetil
<i>S. thermophilus</i>	1.0-13.5	0.2-5.2	1.5-7.0	0.1-13
<i>L. delbrueckii subsp. bulgaricus</i>	1.4-77.5	0.3-3.2	İz-2.0	0.5-13.0
Karışık kültür	2.0-41.0	1.3-4.0	2.2-5.7	0.4-0.9

Tablo 2. Farklı memeli hayvan sütlerinden yapılan yoğurtlardaki aroma bileşikleri (µg/g) (Akın, 2006)

Süt	Asetaldehit	Aseton	Etanol
İnek	4-26	3-25	19-365
Koyun	7-30	5-30	10-255
Keçi	5-19	3-40	25-355
Manda	6-28	5.30	5-195

Yoğurtta bulunan aroma maddeleri dört grupta incelenir [26]:

1. Uçucu olmayan asitler: Laktik asit, prüvik asit, okzalik asit ve süksinik asit
2. Uçucu asitler: Asetik asit, propiyonik asit, bütirik asit ve kaprik asit
3. Karbonil bileşikler: asetaldehit, aseton, asetoin ve diasetil
4. Diğer bileşikler: Protein, yağ ve süt şekerlerinin termal parçalanması yoluyla oluşan bileşiklerdir.

Yoğurt aromasına direkt olarak olmasa da dolaylı olarak katkıda bulunan ve tat-aromayı artırıcı etki yapan diğer bileşenler ise:

1. Uçucu yağ asitleri: Asetik, propiyonik, bütirik, izovalerik, kaproik ve kaprik asitler.
2. Amino asitler: serin, glutamik asit, prolin, valin, lösin, izolösin ve tirozin
3. Süt bileşenlerinin termal parçalanması ile oluşan bileşikler;
 - a. Yağlardan oluşanlar
 1. Keto asitler (*aseton, butanon, heksanon*)
 2. Hidroksi asitler (*v-velerolaktone, δ-kaprolakton, δ-kaprilakton*)
 3. Diğer bileşikler (*2-heptanon, 2-nonanon, 2-undecanon, pentan*)
 - b. Laktozdan oluşanlar (*furfural, furfuralalkol, 5-metilfurfural, 2-pentilfuran*)
 - c. Yağ ve/veya laktozdan oluşanlar (*benzilalkol, benzaldehit, metilbenzoat*)
 - d. Proteinden oluşanlar
 1. Metiyonin (*dimetilsülfid*)
 2. Valin (*isobütiraldehit*)
 3. Fenilanin (*fenilasetaldehit*)
4. *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* tarafından üretilen n-pentaldehit ve 2-Heptanon olarak özetlenebilir [27].

Karbonil bileşiklerin ve laktik asidin yoğurdun tat-aroma dengesinin oluşumundaki rolü birincil öneme sahiptir [10].

Asetaldehit

Yoğurdun oluşumu sırasında diğer aroma maddelerine göre en fazla meydana gelen ve yoğurdun kendine özgü karakteristik tat ve aromasının oluşmasında önemli etkisi olan asetaldehit, yoğurdun bir kalite faktörü olarak kabul edilmektedir [28]. Çeşitli starter kültürlerin asetaldehit üretme gücü farklı olmakla birlikte, sütün yüksek sıcaklıklarda ısıtılması, kurumadde arttırımı asetaldehit üretimini arttırmaktadır. Asetaldehit miktarı inkübasyon süresince artıp, depolama süresi boyunca azalmaktadır [29].

Yoğurt starter kültürlerinin asetaldehit üretmek için ihtiyaç duydukları en önemli süt bileşenleri, laktoz (esas olarak glukoz fraksiyonu), treonin ve methionin aminoasitleridir [2].

Yoğurtlarda asetaldehit üretimi belirli pH değerlerinde gerçekleşmektedir. Asetaldehit üretimi pH 5.2'de başlamakta, pH 4.2'de en yüksek değere ulaşmakta ve pH değeri 4 olduğunda dengeli hale gelmektedir [2,25]. Yoğurt yapımında kullanılan *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* asetaldehit oluşumundan büyük ölçüde sorumlu olan türdür. Ancak, *S. thermophilus* ile birlikte kullanıldığında daha fazla düzeyde asetaldehit üretmektedir. Çünkü *S. thermophilus* ile *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* arasında simbiyotik ilişki söz konusudur [25].

Simbiyotik ilişki içindeki iki bakteriyi içeren kültür süte ilave edildiğinde *S. thermophilus* fermentasyonun başlangıcında *L. delbrueckii subsp. bulgaricus*'a göre daha hızlı gelişerek asitliği yükseltir. *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* proteolitik etkiye sahiptir; süt proteininden valin, lizin, lösin, histidin ve sistein gibi aminoasitleri açığa çıkarır. Sütte peptidlerin ve serbest

aminoasitlerin düşük düzeyde bulunması nedeniyle iyi gelişemeyen *S.thermophilus*, *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* tarafından oluşturulan bu aminoasitleri kullanır. Buna karşın *S. thermophilus* tarafından üretilen formik asit, pirüvik asit ve CO₂ ise *L. delbrueckii subsp. bulgaricus*'un gelişmesini stimüle eder. *L. delbrueckii subsp. bulgaricus*'un açığa çıkardığı aminoasitler, Streptokokların generasyon zamanını kısaltırlar ve ortamdaki bakteri sayısını artırır. Sonuçta *S. thermophilus* inkübasyonun ilk saatlerinde kısa sürede gelişir ve sayıca Laktobasillerin 3-4 kat fazlasına ulaşır. Daha sonra, oluşan laktik asidin etkisi ile bunların faaliyeti yavaşlar ve *L. delbrueckii subsp. bulgaricus*'un sayısı artar [30].

Yoğurtta karakteristik aromanın oluşumu için asetaldehit miktarının belirli bir düzeyde olması gerekmektedir. Ancak araştırmacılar tarafından belirtilen tipik yoğurt aroması için olması gerekli asetaldehit miktarları arasında farklılıklar mevcuttur. Örneğin, Rasic ve Kurman [31] ile Tamime ve Robinson [11]'a göre asetaldehit içeriği 23-41 ppm arasında değişen yoğurtlarda iyi bir aroma sağlanmaktadır. Görner ve ark. [32] tarafından asetaldehit miktarı 10-20 mg/kg arasında değişen bir yoğurdun iyi bir aromaya sahip olacağı belirtilmektedir. Ayrıca Beshkova ve ark. [33]' da yoğurtların 17.34 mg/kg asetaldehit içerdiğinde tam bir aromanın oluştuğunu belirtmişlerdir.

Diasetil ve Asetoin

Yoğurtta diasetil ve asetoin genellikle çok düşük düzeyde bulunan ve yoğurt aromasında sınırlı etkiye sahip karbonil bileşikleridir [31]. Diasetil, tam yoğurt aromasının gelişimine katkıda bulunmakta ve eğer üründe asetaldehit seviyesi düşükse varlığı önem kazanmaktadır [25].

Diasetil ve asetoin üretiminde en önemli kaynak sitrat transformasyonudur. Bazı koşullarda laktozun parçalanması da önemli bir kaynak oluşturabilmektedir [31]. Hem sitrat hem de laktoz metabolizması sonucunda oluşan piruvat, diasetil ve asetoin üretiminde anahtar bir bileşiktir. Bununla birlikte ortamda sitrat bulunmadığında diasetil ve asetoin biyosentezi meydana gelmemektedir [25].

Asetoin kokusuz bir bileşiktir ve diasetil redüktaz tarafından katalizlenen geri dönüşümsüz reaksiyon ile aroma bileşeni olan diasetilden oluşmaktadır [34]. Normal koşullarda asetoin içeriği diasetilden daha yüksektir [31].

Hem *S. thermophilus* hem de *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* diasetil üretme yeteneğine sahiptir. Ancak, *L. delbrueckii subsp. bulgaricus*'un diasetil üretme kapasitesi, süte uygulanan ısı işlemi ile direkt ilişkilidir. Sterilize süten üretilen yoğurtlarda diasetil üretemeyen *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* suşları, pastörize edilen süten üretilen yoğurtlarda yüksek oranda diasetil üretebilmektedir. Ortamdaki piruvat konsantrasyonundaki artış ile birlikte diasetil+asetoin üretimi de artış göstermektedir [10].

Aseton ve Bütanon-2

Aseton ve butanon-2'nin yoğurdun lezzetine az miktarda da olsa katkısı olduğu kabul edilmektedir. Aseton ve butanon- 2 genellikle süten kaynaklanır. Ayrıca, yoğurt bakterileri tarafından da belirli miktarlarda oluşturulur. Sütte bu ürünler az miktarda bulunmasına rağmen laktoz transformasyonu ve yağın parçalanması sonucu da oluşabilmektedir [35].

Yoğurtlarda karakteristik tat-aromanın belirginleşmesinde asetaldehit ile aseton arasındaki oranın ön plana çıktığı görülmektedir [33]. Bu oranın 2.8:1.0 olması gerektiği ileri sürülmektedir. Bununla birlikte asetaldehitin asetona oranı 0.4:1.0 olduğunda ise belirgin iyi bir tat-aromanın oluşmadığı belirtilmektedir [31].

Laktik Asit

Laktik asit tat-aroma özelliklerinde spesifik rol oynayan bileşiklerden biridir. Homofermantatif laktik bakterilerin temel metabolik ürünü laktik asittir ve yoğurda karakteristik asit tadı vermektedir [12].

Laktik asit yoğurt bakterilerinin biyokimyasal reaksiyonları sonucu laktozun fermentasyonu ile oluşmaktadır [2]. Laktoz fermentasyonu sonucunda homofermantatif laktik asit bakterileri önemli miktarda (%85-98) laktik asit üretirken küçük miktarda yan ürün meydana getirmektedirler. Heterofermantatif laktik asit bakterileri ise hemen hemen eşit miktarlarda laktik asit, etanoik asit, CO₂ gibi yan ürünler oluşturmaktadırlar [36].

Laktik asit bakterilerinin ürettikleri laktik asitler optik rotasyon ve yapısal konfigürasyon açısından farklıdır. Bunlar L (+) , D (-) ve DL (eşit miktarda L (+) ve D (-) içeren) formlarıdır [37].

Yoğurt starter kültürlerinden *S.thermophilus* L (+) laktik asit *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* D (-) laktik asit üretmektedir. İki bakterinin karışık kültürü kullanılarak üretilen taze yoğurt %45-60 oranında L (+) laktik asit, %40-55 oranında D(-) laktik asit içermektedir [2]. Yoğurdun kalite değerlendirmesinde bu oran önemlidir. L(+) ve D(-) laktik asit oranının 2 olması durumunda iyi yoğurt tadı elde edilmektedir. Keskin asidik tada sahip yoğurtlarda bu oran 1'in altında olmaktadır [38].

Etanol

Laktik asit fermentasyonu süresince oluşan etanolün, yoğurdun aromasına katkısı oldukça azdır. Yoğurtta etanol yoğurt bakterileri tarafından laktoz transformasyonu ile oluşturulur [35]. Ancak yoğurtta etanolün fazla miktarda oluşması, kullanılan saf kültürün maya ile bulaştığını gösterir. Bu ise yoğurdun aromasının bozulmasına sebep olur [26].

SONUÇ

Yoğurdun insan beslenmesindeki önemi ve sağlıklı faydalı özelliklerinin yanı sıra eşsiz tat ve aromaya sahip

olması dünyadaki tüketimini giderek arttırmaktadır. Yoğurdun tat ve aroması uçucu ve uçucu olmayan asitler ile karbonil bileşenlerinin üretimiyle oluşmaktadır. Bu bileşenler üzerine etki eden birçok faktör olup yoğurt üretiminde kullanılan starter kültürler, sütün türü (inek, keçi, koyun sütü vb), sütün homojenize edilip edilmemesi ve süte farklı bileşikler katılması bunların en önemlileridir. Görüldüğü gibi, gerek yoğurtta tat aroma bileşenlerinin oluşumu gerekse bu oluşuma etki eden faktörler üzerine yapılan çalışmalar sınırlıdır. Gelecekte bu alanda yapılacak bilimsel çalışmalarla, geleneksel bir lezzetimiz olan yoğurdun hem standart hem de istenilen tat aromada üretimi sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Kavaz, A., 2006. Ticari Probiyotik Kültür ile Üretilen Muzlu Yoğurtların Depolama Süresince Çeşitli Niteliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.
- [2] Tamime, A.Y.ve Robinson, R.K., 2001. Yoghurt Science and Technology. New York, USA: CRC Press.
- [3] Erkaya, T., Şengül, M., 2008. Yoğurtta aroma bileşenleri. *Hasad Gıda* 24(278): 32-37.
- [4] Akın, M.S., 1996. İnek ve Keçi Sütlerinden Üretilen ve 15 Gün Süre İle Depolanan Meyveli-Aromalı Ve Sade Yoğurtların Nitelikleri Üzerinde Karşılaştırmalı Bir Araştırma. Doktora Tezi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enst. Gıda Müh. Anabilim Dalı, Adana.
- [5] Uysal, H.R., 1993. Vakum ve Ultrafiltrasyonla Koyulaştırılan Sütlerden Torba Yoğurdu Yapımı Ve Klasik Yöntemle Karşılaştırılması Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova, İzmir.
- [6] Karabıyık, S., 2006. Süzme Yoğurt Prosesinde Mikrobiyolojik Kritik Kontrol Noktalarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [7] Yalçınkaya, S., Ayar, A., Elgün, A., 2003. Buğday ruşeymi ve fitaz ilavesiyle besin değeri yüksek yoğurt üretimi. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi* 17(32): 2003, 57-63.
- [8] Çağlar, A., Çakmakçı, S., 1995. Yoğurdun insan sağlığı ve beslenmesindeki rolü ve önemi. *III. Milli Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu "Yoğurt" MPM Yayınları No:548, s.205-220.*
- [9] Ocak, E., 1996. Van ve Yöresinde Üretilen Kış Yoğurtlarının Duyusal, Mikrobiyolojik, Fiziksel ve Kimyasal Nitelikleri Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. YYÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Müh. Anabilim Dalı, Van.
- [10] Özer, B., 2006. Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi. Sidas Medya Ltd. Şti., 488 s, Şanlıurfa.
- [11] Tamime, A. Y., Robinson, R.K. 1999. *Yoghurt Science and Technology* CRC. Press. Woodhead Publishing Ltd. Cambridge, England.
- [12] Şenel, E. 2006. Bazı Üretim Parametrelerinin Yoğurttan Üretilen Yayıq Tereyağının Nitelikleri Üzerine Etkisi. Doktora Tezi. A.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Süt Teknolojisi Anabilim Dalı, Ankara.
- [13] Gönc, S., 1994. Yoğurtta fermantasyon, aroma maddeleri oluşumu ve soğutmanın önemi. *III. Milli Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu* (2-3 Haziran 1994, İstanbul) MPM Yay. No:548, s.65.
- [14] Wilkins, D.W., Schmidt, R.H., Shireman, R. B., Smith, K.L., Jezeski J.J. 1986. Evaluating acetaldehyde synthesis from L-[C(U)] threonine by *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*. *J. Dairy Sci.* 69: 1219-1224.
- [15] Ott, A., Germond J-E., Chaintreau, A., 2000. Origin of acetaldehyde during milk fermentation using (13)C-labeled precursors. *J. Agric. Food Chem.* 48: 1512-1517.
- [16] Atamer, M., Gürsoy, A., Şenel, E., Öztekin, Ş. 2004. Keçi Sütü Yoğurtlarında Organik Asit İçeriğinin Tat-Aroma Üzerine Etkisi. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi. 2001-07-14—041, Ankara.
- [17] Peaker, M., Faulkner, A., Blatchford, D. R. 1981. Changes in the milk citrate concentration during lactation in the goat. *Journal of Dairy Research* 48: 357 – 361.
- [18] Güler, Z., Taşdelen, A., Şenol, H., Kerimoğlu, N., Temel, U. 2009. The determination of volatile compounds in set-type yogurts using static headspace gas chromatographic method. *Gıda* 34(3): 137-142.
- [19] Bonczar, G., Wszoleka, M., Siuta, A., 2002. The effects of certain factors on the properties of yoghurt made from ewe's milk. *Food Chemistry* 79: 85–91.
- [20] Ayhan, K., Durlu-Özkaya, F., Tunail, N., 2005. Commercially important characteristics of Turkish origin domestic strains of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. *International Journal of Dairy Technology* 58(3): 150-157.
- [21] Martin, J. H., Chou, K. M., 1992. Selection of Bifidobacteria for use as dietary adjuncts in cultured dairy foods: 1-tolerance to pH of yogurt. *Cultured Dairy Products Journal* 27(4): 21–26.
- [22] Oymael, B., Us, F., 2008. Kaymaklı ve Homojenize Yoğurtların Uçucu Aromatik Bileşen İçeriklerinin Depolama Sıcaklığıyla Değişimi. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 21-23 Mayıs 2008, Erzurum.
- [23] Güler-Akın, M.B., Akın, M.S., 2007. Effects of cysteine and different incubation temperatures on the microflora, chemical composition and sensory characteristics of bio-yogurt made from goat's milk. *Food Chemistry* 100(2): 788-793.
- [24] Güven, M., Yaşar, K., Karaca, B., Hayaloğlu, A., 2005. The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yogurt manufacture. *International Journal of Dairy Technology* 58: 180-184.
- [25] Gürsoy-Balcı, A.C. 2008. Farklı Tür Kullanılarak Koyun, Keçi Sütleri ve Bunların Karışımından Üretilen Yoğurtların Depolama Sırasında Uçucu Bileşenler ve Serbest Yağ Asitlerinde Meydana Gelen Değişimler. Yüksek Lisans Tezi. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antakya, Hatay.
- [26] Akın, N., 2006. *Modern Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi*. S.Ü. Ziraat Fakültesi. ISBN:975-00594-0-9. 456 s, Konya.
- [27] Kaypak, D., 2007. Hatay İlinde Geleneksel Olarak Üretilen Tuzlu Yoğurtların Aroma Profillerinin

- Tentatif Olarak Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya, Hatay.
- [28] Yaygın, H., 1999. Yoğurt Teknolojisi. Akdeniz Üniversitesi Basımevi, Antalya, 331 s.
- [29] Yılmaz, L., 2006. Yoğurt Benzeri Fermente Süt Ürünleri Üretiminde Farklı Probiyotik Kültür Kombinasyonlarının Kullanımı. Doktora Tezi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- [30] Üçüncü, M., 2005. Süt ve Mamülleri Teknolojisi. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, Bornova, İzmir.
- [31] Rasic, J.L., Kurmann, J.A., 1978. Yoghurt: Scientific Grounds, Technology, Manufacture and Preparations. Published by the authors, 427 p.
- [32] Görner, F., Palo, V., Serginova, M. 1973. *Dairy Sci. Abst.* 35: 3173.
- [33] Beshkova, D., Simova, E., Frengova, G., Simov, Z., 1998. Production of flavour compounds by yoghurt starter cultures. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology* 20: 180-186.
- [34] Keenan, T.W., Bills, D.D., 1968. Metabolism of volatile compounds by lactic starter culture microorganisms. *Journal Dairy Science* 51(10):1561-1567.
- [35] Yalçın, S., 1985. Yoğurtta aroma ve lezzet bileşiklerinin oluşumu. *A.Ü. Vet. Fak. Derg.* 32(2): 237-249.
- [36] Botazzi, V., Dellaglio, F., 1996. Acetaldehyde and diacetyl production by *Streptococcus thermophilus* and other lactic streptococci. *Journal Dairy Research* 34:109-113.
- [37] Walstra, P., Jenness, R., 1984. Dairy Chemistry and Physics. A Wiley-Interscience. Publication, 467 p, New York.
- [38] Tamime, A.Y., Deeth, H.C., 1980. Yoghurt: Technology and biochemistry. Pergamon Pres Ltd., Headington Hill Hall, Oxford, 431p. England.
- [39] Chaves, A.C.S.D., Fernandez, M., Lerayer, A.L.S., Mierau, I., Kleerebezem, M., Hugenholtz, J., 2002. Metabolic engineering of acetaldehyde production by *Streptococcus thermophilus*. *Appl. Environ. Microbiol.* 68(11): 5656-62.
-
-