

Destek Kültür Olarak Kullanılan Bazı Mayaların Beyaz Peynir Aroması Üzerine Etkileri

Harun KESENKAŞ¹

Necati AKBULUT²

Summary

The Effects of Some Adjunct Yeast Cultures on the Aroma Compounds of White Cheese

In this study it was aimed to evaluate the effects of some yeast adjunct cultures on the aroma compounds of white cheese during ripening. In addition to starter culture (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis* + *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*), adjunct yeast cultures of *Yarrowia lipolytica*, *Debaryomyces hansenii* and *Kluyveromyces marxianus* were separately co-inoculated to each cheese vat and so, four different experimental cheese samples were produced including control cheese. The volatile aroma compounds of samples were detected during 90 days of ripening.

Key words: Yeasts, white cheese, ripening, aroma compounds

Giriş

Peynir aroması tek başlarına peynir lezzetini etkilemeyen yüzlerce uçucu bileşiğin meydana getirdiği kompleks bir karışımdır (McSweeney ve Sousa, 2000). Söz konusu bileşikler özellikle mikrobiyal enzimlerin etkisiyle peynirdeki protein, yağ, laktoz, laktat ve sitratın farklı ve karmaşık biyokimyasal yollar ile parçalanmaları sonucu oluşan uçucu metabolitlerdir. Dolayısıyla peynir mikroflorası, üretilen peynirlerin aroma ve lezzetini etkileyen çok sayıda uçucu bileşiğin oluşumunda önemli bir yere sahiptir (Bintsis ve Robinson, 2004).

Çok sayıda uçucu bileşiğin meydana getirdiği bu karışımdan her bir molekülü ayırmak ve tanımlamak ise ileri analiz tekniklerini gerektirmektedir. İlk olarak 1956 yılında çilek aromasının analizinde kullanılan Gaz Kromatografisi (GC) teknikleri günümüzde Kütle

¹ Dr.: Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü Bornova/İzmir,
harun.kesekas@ege.edu.tr

² Prof. Dr.: Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü Bornova/İzmir

Spektroskopisi (MS) ile birlikte kullanılmakta, peynir gibi kompleks bileşime sahip gıdalardaki aroma oluşumundan sorumlu uçucu bileşiklerin ayrıntılı ve hassas bir şekilde analiz edilmesini kolaylaştırmaktadır (Altun ve Orak, 2002). Tekniğin prensibi ürün matrisinden çeşitli metotlarla (örn. dinamik headspace) konsantre edilen uçucu bileşiklerin gaz kromatografisine enjekte edilmesi ve farklı alıkonma sürelerine sahip bileşiklerin kütle spektrumlarının alınarak tanımlanmasına dayanmaktadır. Standart aroma bileşikleri kullanılmadan yapılan tahmini tanımlamada, alıkonma zamanı indeks kütüphanelerinden yararlanılmakta ve bileşiğin kütle spektrumuna en yakın spektrumlar içerisinde bileşik tahmini yapılmaktadır (Gürsoy, 2005).

Beyaz peynirlerde laktik asit bakterilerinin aroma bileşikleri oluşumundaki rolleri ile ilgili kısıtlı sayıda çalışma mevcut iken, destek kültür olarak kullanılan mayaların, beyaz peynirde aroma bileşikleri oluşumu üzerine etkileri ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Nitekim mayalar proteolitik ve lipolitik enzimleri ile dolaylı yoldan veya aroma bileşenlerini üreterek peynir aromasına direkt katkı sağlayabilmektedir. Bu bakımdan çalışmamızda peynir aroması üzerine etkili uçucu bileşiklerin belirlenmesi son derece önem taşımaktadır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırmada kullanılan inek sütü Pınar Süt Mamulleri Sanayi A.Ş.'den (Pınarbaşı, İzmir), peynir mayası Mayasan Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş.'den (Yenibosna, İstanbul) temin edilmiştir. Araştırmada National Collection of Agricultural and Industrial Microorganisms (Budapest, Hungary) tarafından sağlanan *Yarrowia lipolytica* NCAIM Y00591, *Debaryomyces hansenii* NCAIM Y01022, *Kluyveromyces marxianus* NCAIM Y1070 maya türleri peynir üretiminde kültür olarak kullanılmıştır. Üretimde kullanılan peynir kültürü (*L. lactis* subsp. *lactis* + *L. lactis* subsp. *cremoris*) dondurularak kurutulmuş formda (Sacco Lyofast CMS 0.20) Maysa Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş.'den (Kozyatağı, İstanbul) temin edilmiştir.

Yöntem

Beyaz Peynir Üretimi

Peynir üretimleri Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü Pilot Tesisinde yapılmıştır. Peynire işlenecek süt

75 °C'de 15 sn. süren ısıtma işlemi takiben 37-38 °C'ye soğutulmuş ve dört eşit kısma ayrılmıştır (70 L). Her peynir teknesine % 0.5 (v/v, 1.16×10^9 cfu/ml) oranında peynir kültürü ve 0.02 % oranında CaCl₂ (w/v) ilave edilmiştir. Daha önce YM-broth (Fluka, Buchs, Switzerland) besiyerinde geliştirilen *Y. lipolytica* (YL), *D. hansenii* (DH) ve *K. marxianus* (KM) kültürleri santrifüj yardımıyla (6000 devir/dk, 5 dk.) sıvı besiyerinden ayrılmış ve konsantre maya hücreleri yağsız UHT süt içerisine aktarılmıştır. Söz konusu UHT sütler; 10^9 hücre/tekne (v/v) oranında ayrı teknelere aşılanmıştır. Sadece peynir kültürü içeren dördüncü tekne ise kontrol (K) olarak kabul edilmiştir. 35 °C'de yapılan mayalama işlemi takiben 60 dk. sonra pıhtı kırılmış, 90 dk. baskılama sonrası salamuraya alınan kalıplar (14 bome NaCl, 3.5 saat) ambalajlanarak (10 bome NaCl) 4-5 °C'de depolanmıştır. Olgunlaşmanın 1., 30., 60., ve 90. günlerinde tesadüfi olarak seçilen peynirlerde aroma analizleri gerçekleştirilmiştir.

Aroma Bileşiklerinin Tespiti

Örneklerdeki aroma bileşikleri dinamik tepeüstü (headspace) GC-MS tekniği kullanılarak TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Gıda Bilimi ve Teknolojisi Araştırma Enstitüsü'nde (Gebze, Kocaeli) belirlenmiştir. Uçucu bileşiklerin analizinde kombine Gaz Kromatografisi (Perkin Elmer Fision Instrument GC 8000 series GC) & Kütle Spektroskopisi (Perkin Elmer Fisions Instrument MD 800) kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Çalışmamızda dinamik headspace konsantrasyon tekniği ve GC-MS kullanılarak beyaz peynirlerde belirlenen aroma bileşikleri Çizelge 1., 2., 3. ve 4.'de verilmiştir.

İlgili çizelgelerden görüldüğü gibi araştırma materyalini oluşturan salamura beyaz peynirlerde depolama süresince 6 alkol, 6 aldehit, 5 keton ve 9 hidrokarbon olmak üzere toplam 26 farklı bileşik tespit edilmiştir. Çizelgelerde aroma bileşikleri için verilen relatif bulunma oranları incelendiğinde, depolama süresince söz konusu bileşiklerin konsantrasyonlarının düzensiz bir değişim gösterdiği dikkati çekmektedir. Ancak kesin olarak bu durumun tespit edilebilmesi için ilgili bileşiklerin standartları kullanılarak doğrulama yapılmalı ve konsantrasyon tespitine gidilmelidir. Nitekim çalışmamızda verilen çizelgelerde, kromatogramlarda bulunan ancak tanımlanamayan ya da gürlü olduğu tahmin edilen bazı piklere yer verilmemiştir.

Alkoller

Peynirde alkoller; laktoz metabolizması, metil ketonların indirgenmesi, amino asit metabolizması ve linoleik veya linolenik asidin parçalanması gibi farklı metabolik yollarla oluşabilmektedir (Molimard ve Spinnler, 1996; Collins ve ark., 2003).

Çizelge 1. ve Çizelge 2. incelendiğinde 4 karbonlu alkollerden biri olan 2,3-bütandiol sadece destek kültür olarak *Y. lipolytica* ve *D. hansenii* içeren peynirlerde belirlenmiştir. Fermente süt ürünlerinde düşük konsantrasyonlarda bulunabilen söz konusu alkol, sitrat metabolizması sonucu oluşan önemli aroma bileşiklerinden biridir (McSweeney ve Sousa, 2000). Gürsoy (2005) tarafından değişik probiyotik kültürlerle üretilen beyaz peynirlerde olgunlaşmanın farklı dönemlerinde 2,3-bütandiol belirlenmiştir. Dahl ve ark., (2000) ise Sera da Esrela peynirinde olgunlaşmanın farklı dönemlerinde tespit ettiği 2,3-bütandiol ile maya sayısı arasında önemli bir ilişki tespit etmiştir.

Dallanmış zincirli alkollerden 2-etil-1-hekzanol, ikincil alkollerden 2-pentanol *D. hansenii* içeren örnek dışında diğer tüm peynirlerde olgunlaşmanın farklı dönemlerinde tespit edilmiştir. 3-metil-1-bütanol ve 2-heptanol ise sadece kontrol örneğinde 90. günde belirlenen diğer alkollerdir. Söz konusu bileşikler aminoasitlerin (özellikle lösin) Strecker degradasyonu ile meydana gelen aldehitlerin indirgenmesinden oluşabilmektedir (Larsen, 1998; Bintsis ve Robinson, 2004). Gürsoy (2005) probiyotik kültür olarak *E. faecium* ilave ettiği beyaz peynirlerde 3-metil-1-bütanol'ü benzer şekilde sadece olgunlaşmanın 90. gününde tespit etmiştir. Kondyli ve ark. (2002) tarafından 3-metil-1-bütanol'ün Yunanistan'da üretilen Feta peynirlerinde yüksek konsantrasyonda bulunduğu ve bu bileşiğin bazı yumuşak peynirlerin hoşça giden aromasının oluşumunda etkili olduğu bildirilmektedir. 2-pentanol ve 2-heptanol Fernandez-Garcia ve ark. (2002)'nin Manchego peynirinde, 2-etil-1-hekzanol ise Oumer ve ark. (2001)'in bakteriosin üreten kültür aşılamarak ürettikleri peynirlerde belirledikleri önemli alkoller arasındadır.

Primer alkollerden 1-bütanol destek kültür olarak *Y. lipolytica* içeren peynirlerde olgunlaşmanın 90. gününde belirlenmiştir. 1-heptanol ise sadece *K. marxianus* içeren peynirlerde tespit edilen bir diğer primer alkoldür. Çalışmamızda elde ettiğimiz bulguya benzer şekilde, Bintsis ve Robinson, (2004) destek kültür olarak mayaları kullandıkları Feta peynirinde, 1-bütanol'ü sadece *Y. lipolytica* içeren örneklerde tespit etmişler, söz konusu alkolü *Y. lipolytica*'ya ait bir metabolit olarak nitelendirmişlerdir.

D. hansenii içeren örneklerde olgunlaşma boyunca yalnızca tek bir alkolün belirlenmesi dikkat çekmektedir. Peynir telemesine yapılan inokülasyonlar sonrası aynı sonucu alan Martin ve ark. (2001) bu durumu; gerek saf gerekse karışık kültürlerde yer alan *D. hansenii*'nin diğer mayalarla göre daha kısıtlı alkol dehidrogenaz aktivitesine sahip olmasıyla açıklamıştır.

Çizelge 1. Destek Kültür Olarak *Y. lipolytica* İçeren Beyaz Peynirde Olgunlaşma Süresince Belirlenen Aroma Bileşikleri ^a

	Depolama Süresi			
	1	30	60	90
Alkoller				
2,3-bütandiol	-	-	5.65	-
2-etil-1-hekzanol	-	-	1.30	-
2-pentanol	-	-	-	10.00
1-bütanol	-	-	-	4.04
Aldehitler				
Hekzanal	5.72	3.79	-	2.70
Nonanal	3.76	4.28	3.26	2.72
Pentanal	-	2.16	-	-
Dekanal	2.31	2.03	2.03	1.42
Oktanal	-	-	0.61	-
Ketonlar				
2,3-bütandion	-	-	3.65	-
3-hidroksi-2-bütanon	5.36	4.06	20.84	-
2-heptanon	-	4.58	3.49	3.86
2-nonanon	-	2.25	1.07	1.08
2-pentanon	-	-	6.75	-
Hidrokarbonlar				
2,2,4-trimetil-pentan	6.04	5.59	-	-
Tolüen	10.94	5.30	7.70	10.09
Etilbenzen	1.76	2.25	1.78	1.86
1,2-dimetil benzen	12.33	13.66	8.20	11.85
Stiren	1.50	3.33	1.86	3.67
Dekan	2.23	2.85	-	1.37
1,3,5-trimetil benzen	1.79	2.01	1.02	1.23
Limonen	5.91	7.33	2.36	4.09

a: Relatif bulunma oranı ilgili bileşiğin kromatogramdaki yüzde alanını göstermektedir.

Aldehitler

Dallanmış ve doğrusal aldehitler çoğunlukla amino asitlerin transaminasyonu sonucu oluşan imitlerin (monobazik asit amonyak) dekarboksilasyonu ile meydana gelmektedir. Bununla birlikte aldehitler

amino asitlerin Strecker degradasyonu yoluyla, doğrusal aldehitler ise doymamış yağ asitlerinin β -oksidasyonu ile oluşabilmektedir (Collins ve ark., 2003). Asetaldehit, bütanal, 3-metil-bütanal, pentanal, 4-pentanal, hekzanal, heptanal, oktanal, dekanal ve benzaldehit çeşitli peynirlerde tespit edilen önemli aroma bileşikleri arasındadır. Bazı aldehitlerin duyuusal algılanma eşiklerinin düşük olması peynir aroması bakımından önemlerini arttırmaktadır (Izco ve ark., 2000).

Çizelge 2. Destek Kültür Olarak *D. hansenii* İçeren Beyaz Peynirde Olgunlaşma Süresince Belirlenen Aroma Bileşikleri ^a

	Depolama Süresi			
	1	30	60	90
Alkoller				
2,3-bütandiol	3.86	-	-	-
Aldehitler				
Hekzanal	1.84	2.68	2.99	2.04
Nonanal	2.20	2.90	5.37	6.81
Pentanal	-	-	2.55	3.84
Dekanal	1.95	2.08	3.82	5.20
Oktanal	0.72	1.51	-	-
Ketonlar				
3-hidroksi-2-bütanon	4.48	5.44	-	-
2-heptanon	3.00	3.46	3.79	3.45
2-nonanon	1.18	1.22	1.24	1.40
Hidrokarbonlar				
2,2,4-trimetil-pentan	5.48	6.73	-	-
Heptan	-	5.11	-	-
Tolüen	7.89	8.12	11.62	5.20
Etilbenzen	2.12	2.20	3.38	2.38
1,2-dimetil benzen	14.92	15.81	16.36	17.13
Stiren	3.28	-	2.21	-
Dekan	-	-	3.37	1.60
1,3,5-trimetil benzen	-	-	2.18	2.48
Limonen	3.26	3.64	4.84	5.64

a: Relatif bulunma oranı ilgili bileşiğin kromatogramdaki yüzde alanını göstermektedir.

İlgili çizelgelerde gerek destek kültür olarak mayaların kullanıldığı peynirlerde gerekse kontrol örneğinde daha çok doğrusal aldehitlerin tespit edildiği görülmektedir. Hekzanal, nonanal ve dekanal tüm peynir çeşitlerinde olgunlaşmanın farklı dönemlerinde belirlenen ortak aldehitlerdir. Özellikle hekzanal ve nonanal *D. hansenii* aşılansarak üretilen beyaz peynirlerde olgunlaşmanın her döneminde tespit edilmiş ve depolama süresi boyunca konsantrasyonlarının arttığı

belirlenmiştir. Pentanal ise kontrol örneği dışında diğer peynirlerde genelde olgunlaşmanın 30. gününden sonra tespit edilmiştir. Oktanal sadece destek kültür olarak *Y. lipolytica* veya *D. hansenii* kullanılan peynirlerde, benzaldehit ise sadece *K. marxianus* içeren peynirde ve kontrol örneğinde belirlenen diğer aldehitlerdir.

Çizelge 3. Destek Kültür Olarak *K. marxianus* İçeren Beyaz Peynirde Olgunlaşma Süresince Belirlenen Aroma Bileşikleri^a

	Depolama Süresi			
	1	30	60	90
Alkoller				
2-etil-1-hekzanol	-	2.46	-	-
2-pentanol	2.86	-	-	-
1-heptanol	-	1.84	-	-
Aldehitler				
Hekzanal	-	-	2.69	2.01
Nonanal	-	3.19	3.49	3.34
Pentanal	-	-	7.05	-
Dekanal	2.81	2.97	3.41	2.02
Benzaldehit	-	-	3.58	-
Ketonlar				
2.3-bütandion	4.44	-	-	-
3-hidroksi-2-bütanon	16.75	7.06	-	-
2-heptanon	-	3.38	3.15	7.65
2-nonanon	-	-	-	3.19
2-pentanon	-	3.09	-	-
Esterler				
Etil asetat	6.52	-	-	-
Hidrokarbonlar				
2,2,4-trimetil-pentan	-	-	7.15	6.87
Tolüen	10.30	14.28	9.51	7.08
Etilbenzen	-	3.08	2.51	2.30
1,2-dimetil benzen	10.86	12.38	12.89	9.98
Stiren	-	2.27	1.62	-
Dekan	-	1.28	1.38	2.33
1,3,5-trimetil benzen	-	2.54	1.91	1.56
Limonen	3.52	3.58	3.37	3.89

a: Relatif bulunma oranı ilgili bileşiğin kromatogramdaki yüzde alanını göstermektedir.

Avrupa ülkelerinde üretilen 10 farklı peynir çeşidinde belirlenen hekzanal karamel veya krema kokusu ile nitelendirilmektedir (Lawlor ve ark., 2001). Gürsoy, (2005) *L. paracasei*'nin destek kültür olarak kullanıldığı beyaz peynirlerde olgunlaşmanın 90. gününde

hekzanal tespit etmiştir. Araştırmamızda elde ettiğimiz bulgulara benzer şekilde, hekzanal, oktanal, nonanal, dekanal ve pentanal destek kültür olarak *Y. lipolytica* veya *D. hansenii* kullanarak üretilen Feta peynirinde belirlenen aldehitler arasındadır (Bintsis ve Robinson, 2004). Yine Feta peyniri üzerinde yapılan bir başka çalışmada pentanal ve hekzanal tespit edilen önemli aromatik bileşiklerdir (Kondyli ve ark., 2002). Martin ve ark.,(2001) ise *Y. lipolytica* veya *D. hansenii* ile aşılana peynir telemelerinde farklı konsantrasyonlarda pentanal'a rastlamıştır. Aynı çalışmada *D. hansenii* içeren örneklerde belirlenen başlıca aroma bileşiklerinin aldehitler olduğunu bildirilmiştir. Bir başka çalışmada *D. hansenii* ve *K. marxianus* içeren yapay peynir ortamlarında oktanal meyvemsi, hekzanal çimen, nonanal yağlı, dekanal meyvemsi ve benzaldehit acı badem lezzet hissi veren aldehitler olarak tanımlanmıştır (Leclercq ve ark., 2004).

Çoğu çalışmada, aldehitlerin hızlı bir şekilde ilgili alkollere indirgenmeleri veya asitlere okside olmalarından dolayı peynirlerde geçici aroma bileşikleri oldukları belirtilmiştir (McSweeney ve Sousa, 2000; Collins ve ark., 2000). Buna karşın çalışmamızda üretilen beyaz peynir örneklerinde özellikle doğrusal aldehitlerin olgunlaşmanın her döneminde tespit edilmesi, ortamdaki doymamış yağ asitleri üzerine yüksek bir oksidatif etkinin varlığına işaret etmektedir.

Ketonlar

Ürettiğimiz peynirlerde tespit edilen ketonları ise iki grup altında toplamak mümkündür. Birinci grup, laktik asit bakterileri tarafından sitrat metabolizması yoluyla meydana gelen 2,3-bütandion'u (diasetil) ve diasetil-redükdaz enzimi vasıtasıyla indirgenmiş hali; 3-hidroksi-2-bütanon'u (asetoin) içermektedir. İkinci grupta ise serbest yağ asitlerinin oksidasyonu sonucu veya dekarboksilasyon yolu ile oluşan metil ketonlar (2-alkanon'lar) yer almaktadır.

İlgili çizelgeler incelendiğinde 2,3-bütandion, *Y. lipolytica* içeren örneklerde olgunlaşmanın 60. gününde, *K. marxianus* içeren örneklerde ise olgunlaşmanın başlangıcında belirlenmiştir. Özellikle *K. marxianus* içeren peynirlerdeki laktik asit bakteri sayısının olgunlaşma başlangıcında en yüksek değere sahip olması (ilgili veri verilmemiştir) 2,3-bütandion'un varlığını açıklamaktadır. 3-hidroksi-2-bütanon ise tüm beyaz peynirlerde olgunlaşmanın farklı dönemlerinde tespit edilmiştir. *Y. lipolytica* ve *K. marxianus* içeren örneklerde 2,3-bütandion'un saptandığı günlerde 3-hidroksi-2-bütanon'un en yüksek konsantrasyona ulaşması ise dikkat çeken bir diğer bulgudur.

Çizelge 4. Kontrol Örneğinde Olgunlaşma Süresince Belirlenen Aroma Bileşikleri ^a

	Depolama Süresi			
	1	30	60	90
Alkoller				
2-etil-1-hekzanol	-	3.25	-	-
2-pentanol	-	-	-	3.47
3-metil-1-bütanol	-	-	-	5.01
2-heptanol	-	-	-	5.51
Aldehitler				
Hekzanal	6.26	-	3.58	3.00
Nonanal	5.48	7.05	3.87	4.25
Dekanal	2.65	4.70	2.21	2.65
Oktanal	2.29	-	1.71	-
Benzaldehit	-	-	-	1.97
Ketonlar				
3-hidroksi-2-bütanon	10.14	8.17	8.23	-
2-heptanon	1.54	11.62	7.00	7.51
2-nonanon	0.74	7.70	1.26	3.70
Hidrokarbonlar				
2,2,4-trimetil-pentan	2.65	-	5.25	2.73
Tolüen	10.04	-	10.20	12.60
Etilbenzen	2.13	-	2.01	1.96
1,2-dimetil benzen	14.70	4.86	11.35	9.48
Stiren	-	2.16	2.88	-
Dekan	1.51	1.74	2.68	1.82
1,3,5-trimetil benzen	-	3.29	-	1.99
Limonen	5.42	6.92	5.78	4.95

a: Relatif bulunma oranı ilgili bileşiğin kromatogramdaki yüzde alanını göstermektedir.

Üretilen peynirler metil ketonlar açısından değerlendirildiğinde 2-heptanon ve 2-nonanon'un tüm peynir örneklerinde tespit edilen aroma bileşikleri olduğu görülmektedir. 2-pentanon ise sadece *Y. lipolytica* veya *K. marxianus* içeren örneklerde belirlenmiş bir diğer metil ketondur. Çoğu peynir çeşidinde tespit edilen 2-pentanon ve 2 hekzanon gibi metil ketonlar meyvemsi ve çiçeğimsi aroma ile ilişkilendirilmektedir. 2-heptanon ise Roquefort ve Camembert gibi peynirlerin karakteristik aromasını oluşturmada, Emmental, Gorgonzola ve Manchego tipi peynirlerde ise aroma bileşikleri arasında önemli bir yere sahip bulunmaktadır (Molimard ve Spinnler, 1996).

Bintsis ve Robinson, (2004) araştırmamızda tespit ettiğimiz tüm ketonları, *D. hansenii* veya *Y. lipolytica* aşılayarak ürettikleri Feta peynirinde farklı konsantrasyonlarda belirlemiştir. Çalışmada *Y.*

lipolytica içeren Feta peynirlerinde kontrol örneğine oranla daha yüksek konsantrasyonda 3-hidroksi-bütanon'a rastlanılmış, 2,3-bütandion bulgularımızın aksine sadece *D. hansenii* içeren peynirlerinde gözlenmiştir. Gürsoy (2005) ise çeşitli destek kültürler ile ürettiği beyaz peynir örneklerinde 3-hidroksi-2-bütanon'u sadece olgunlaşma başlangıcında belirlemiştir. Martin ve ark. (2001)'in *Y. lipolytica* veya *D. hansenii* aşıladıkları telemelerde 2-pentanon ve 2 heptanon tespit edilen metil ketonlar arasındadır. Leclercq ve ark. (2004) ise *D. hansenii*'nin özellikle metil ketonların oluşmasında etkili olduğunu belirtmiştir.

Çalışmamızda metil ketonlara ait kompozisyonun genelde benzerlik göstermesi, üretilen peynirlerdeki serbest yağ asit değerleri arasındaki farkın önemsiz çıkması (ilgili veri verilmemiştir) ile açıklanabilir. Nitekim peynirdeki serbest yağ asidi miktarının değişmesi, meydana gelen metil keton kompozisyonuna da yansımaktadır (Leclercq ve ark., 2004).

Esterler

Aroma aktif esterler ise kısa veya orta zincirli yağ asitleri ile alkollerin reaksiyonu (esterleşme) sonucu oluşan bileşiklerdir (McSweneey ve Sousa, 2000). Peynirlerde tespit edilen çoğu esterlin meyvemsi veya çiçeğimsi lezzet hissi verdikleri ve duyuşsal algılanma eşiklerinin düşük olduğu bildirilmektedir (Molimard ve Spinnler, 1996). Çizelge 3. incelendiğinde, sadece etil asetat'ın *K. marxianus* içeren beyaz peynir örneklerinde olgunlaşma başlangıcında tespit edildiği görülmektedir. Diğer deneme peynirlerinde esterlerin belirlenmemesi beklenmeyen bir durum olarak gözükse de literatürlerde benzer sonuçlar bildirilmiştir. Nitekim Bintsis ve Robinson, (2004) destek kültür olarak *Y. lipolytica* içeren Feta peynirlerinde ve kontrol örneklerinde esterlere rastlamamışlardır. Gürsoy (2005) probiyotik bakteri kültürleri ile ürettikleri beyaz peynirlerde ve kontrol örneğinde benzer şekilde ester tespit etmemiştir. *D. hansenii*'nin aşılandığı yapay peynir ortamında da aroma aktif esterler diğer aroma bileşikleri arasında yer almamışlardır (Leclercq ve ark., 2004). *Y. lipolytica* ve *D. hansenii*'nin aroma oluşturma yetenekleri üzerine çalışan Arfi ve ark., (2002, 2004)'ün de benzer sonuçlar aldığı görülmektedir. Bu durum *Y. lipolytica* ve *D. hansenii*'nin, esterleşme reaksiyonlarından ziyade büyük bir olasılıkla yağ asitlerinden metil ketonların oluşmasında etkili enzim sistemlerine sahip olduklarını göstermektedir.

Diğer Aroma Bileşikleri

Yukarıda açıklanan aroma bileşiklerinin dışında farklı maya kültürleri ile üretilen peynirlerde ve kontrol örneğinde çeşitli hidrokarbonlar belirlenmiştir. Hidrokarbonlar çoğunlukla yağ otooksidasyonu sonucu oluşan ikincil ürünlerdir (Bintsis ve Robinson, 2004). Söz konusu moleküller peynir aromasına direkt olarak etki etmemekle birlikte diğer aroma maddelerinin oluşmasında öncü bileşik görevi üstlenebilmektedirler. İlgili çizelgeler incelendiğinde deneme peynirlerinde tespit edilen hidrokarbon kompozisyonlarının oldukça benzer oldukları görülmektedir. Tolüen, 1,2-dimetil benzen (ksilen), stiren, dekan ve limonen araştırmamızda belirlediğimiz önemli hidrokarbonlardır.

Sonuç

Üretilen peynirlerdeki aroma bileşiklerinin dinamik headspace GC-MS ile analizi sonucunda, gerek destek kültür olarak maya içeren peynirlerin birbirleriyle olan farklılıkları, gerekse bu grup ile kontrol örneği arasındaki farklılıklar, açık bir şekilde ortaya konmuştur. Özellikle *Y. lipolytica* ve *D. hansenii*'nin peynir ortamında doğrusal aldehytlerin ve metil ketonların oluşmasında etkili mayalar oldukları söylenebilir. İleride yapılacak çalışmalarda; farklı olgunlaşma sıcaklıkları ve salamura tuz konsantrasyonlarının kullanılması, direkt tekne sütüne aşılardan ziyade salamuraya aşılama gibi farklı inokülasyon tekniklerinin uygulanması ve daha yüksek inokülasyon oranlarının denenmesi mayaların beyaz peynirin aromasında meydana getirdiği değişikliklerle ilgili daha geniş bilgilerin edinilmesine imkan sağlayacaktır.

Özet

Bu çalışmada beyaz peynirdeki aroma bileşikleri üzerine destek kültür olarak kullanılan bazı mayaların etkileri değerlendirilmiştir. Üretimde kullanılan peynir kültürüne (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis* + *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*) ek olarak, peynir teknelerinin her birine ayrı ayrı *Yarrowia lipolytica*, *Debaryomyces hansenii* ve *Kluyveromyces marxianus* türü mayalar destek kültür olarak aşılanmış ve kontrol örneği de dahil olmak üzere 4 farklı beyaz peynir üretilmiştir. 90 gün süren olgunlaşma boyunca örneklerdeki uçucu aroma bileşikleri saptanmıştır.

Anahtar sözcükler : Mayalar, beyaz peynir, olgunlaşma, aroma bileşikleri

Kaynaklar

Altun, M. ve H. Orak. 2002. Kaşar peynirinin uçucu aroma bileşikleri. s459. XVI. Ulusal Kimya Kongresi Bildiri Özetleri Kitabı, Konya.

- Arfi, K., P.M.N. Leclercq, A. Baucher, R.Tache, J. Delettre, and P. Bonnarne. 2004. Contribution of several cheese-ripening microbial associations to aroma compound production. *Lait*, 84:435-447.
- Arfi, K., H.E. Spinnler, R. Tache and P. Bonnarne. 2002. Production of volatile compounds by cheese-ripening yeasts: requirement for a methanethiol donor for S-methyl thioacetate synthesis by *Kluyveromyces lactis*. *Appl. Microbiol. and Biot.*, 58:503-510.
- Bintsis, T. and R.K. Robinson. 2004. A study of the adjunct cultures on the aroma compounds of Feta-type cheese. *Food Chem.*, 88(3):435-441.
- Collins, Y.F., P.L.H. McSweeney and M.G. Wilkinson. 2003. Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. *Int. Dairy J.*, 13(11): 841-866.
- Dahl, S., F.K. Tavaría and X.F. Malcata. 2000. Relationships between flavour and microbiological profiles in Serra de Estrela cheese throughout ripening. *Int. Dairy J.*, 10:255-262.
- Fernandez-Garcia, E., M. Carbonell and M. Nunez. 2002. Volatile fraction and sensory characteristics of Manchego cheese. 1. Comparison of raw and pasteurized milk cheese. *J. Dairy Res.*, 69:579-593.
- Gürsoy, O. 2005. Bazı probiyotik bakterilerin destek kültür olarak beyaz peynir üretiminde kullanımı. Doktora Tezi, Ege Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Izco, J.M., A. Irigoyen, P. Torre and Y. Barcina. 2000. Effect of added enzymes on the free amino acids and sensory characteristics in Ossau-fraty cheese. *Food Control*, 11:201-207.
- Kondyli, E., M.C. Katsiari, T. Massouras and L.P. Voutsinas. 2002. Free fatty acids and volatile compound of low fat Feta-type cheese made with a commercial adjunct culture. *Food Chem.*, 79:199-205.
- Larsen, T.O. 1998. Volatile flavour production by *Penicillium caseifulvum*. *Int. Dairy J.*, 8:883-887.
- Lawlor, J.B., C.M. Delahunty, M.G. Wilkinson and J. Sheehan. 2001. Relationships between the sensory characteristics, neutral volatile composition and gross composition of ten cheese varieties. *Lait*, 81:487-507.
- Leclercq, P.M.N., G. Corrieu and H.E. Spinnler. 2004. Comparison of volatile compounds produced in model cheese medium deacidified by *Debaryomyces hansenii* or *K. marxianus*. *J. Dairy Sci.*, 87:1545-1550.
- Martin, N., C. Berger, C. Le Du and H.E. Spinnler. 2001. Aroma compound production in cheese curd by coculturing with selected yeast and bacteria. *J. Dairy Sci.*, 84:2125-2135.
- McSweeney, P.L.H. and M.J. Sousa. 2000. Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. *Lait*, 80:293-324.
- Molimard, P. and H.E. Spinnler. 1996. Review: Compounds involved in the flavor of surface mold-ripened cheeses: origins and properties. *J. Dairy Sci.*, 79:169-184.
- Oumer, A., P. Gaya, E. Fernandez-Garcia, R. Mariaca, S. Gadre, M. Medina and M. Nunez. 2001. Proteolysis and formation of volatile compounds in cheese manufactured with a bacteriocin-producing adjunct culture. *J. Dairy Res.*, 68:117-1219.