

PEYNİR MİKROFLORASINDAKİ MAYALARIN ÖNEMİ

Seda Karasu Yalçın¹, Şule Şenses Ergül², Z. Yeşim Özbaş^{3*}

¹Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Gölköy, Bolu

²Refik Saydam Hıfzısıhha Merkez Başkanlığı, Gıda Güvenliği Beslenme Araştırma Müdürlüğü, Sıhhiye, Ankara

³Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Beytepe, Ankara

Geliş tarihi /Received : 11.10.2010

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form : 27.12.2010

Kabul tarihi / Accepted : 04.01.2011

Özet

Peynir mikroflorasının; peynirin kalitesi üzerinde kritik bir öneme sahip olduğu bilinmektedir. Mayalar, birçok peynir çeşidinden doğal bulaşanlar olarak izole edilebilmektedirler. Mayaların, peynir kalitesi üzerindeki olumlu etkileri, özellikle son yıllarda yapılan çalışmalarda rapor edilmektedir. Mayaların, peynirin olgunlaşma aşamasındaki başlıca etkilerinin; ortamda oluşan laktik asiti kullanarak peynirin pH'ını yükseltmeleri ve starter bakterilerin fonksiyonlarını desteklemeleri olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca bazı mayaların; laktoz, protein, lipid ve bazı organik asitleri kullanabilme yetenekleri nedeniyle, peynirlerdeki tipik lezzet ve yapının oluşmasına katkıda buldukları bilinmektedir. Bazı maya türlerinin, peynirlerde bozulmalara neden olan veya patojen mikroorganizmaların inhibisyonlarını sağladıkları da rapor edilmiştir. Günümüzde, peynirlerde olgunlaşma prosesine olan katkıları göz önüne alındığında bazı maya türlerinin, üretimde laktik asit bakterilerinin yanında destek starter olarak kullanılmalarına ilişkin araştırmaların arttığı görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Peynir, maya, destek starter, teknolojik özellik, proteolitik aktivite, lipolitik aktivite

IMPORTANCE OF YEASTS IN CHEESE MICROFLORA

Abstract

It is known that the microflora of cheese has a critical importance on cheese quality. Yeasts can be isolated from many cheese varieties as natural contaminants. The positive effects of yeasts on cheese quality are reported in the studies especially carried out in recent years. It is stated that the main effects of yeasts in ripening of the cheese are increasing pH by the use of lactic acid formed in the medium and supporting the functions of starter bacteria. Additionally, it is known that some yeasts contribute to formation of typical aroma and texture of cheeses owing to their ability to use lactose, proteins, lipids, and some organic acids. It is also reported that some yeast species can inhibit spoilage or pathogenic microorganisms in cheeses. Today, when contribution of some yeast species to the ripening process of cheese is taken in to account, it is observed that studies concerning the use of yeasts as adjunct starters together with lactic acid bacteria in cheese production, are increasing.

Keywords: Cheese, yeast, adjunct starter, technological characteristic, proteolytic activity, lipolytic activity

* Yazışmalardan sorumlu yazar/ Corresponding author ;

✉ yesim@hacettepe.edu.tr ☎ (+90) 312 297 7112 📠 (+90) 312 299 2123

GİRİŞ

Mayalar, gıdalar aracılığı ile insan tüketimine sunulan en önemli mikroorganizma grubunu oluşturmaktadırlar (1). Çeşitli süt ürünlerinde mayaların fermantasyon, olgunlaşma veya bozulmalardan sorumlu olabildikleri ve bu mayaların, genellikle izole edildikleri süt işletmesinin florasını yansıttıkları belirtilmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda, işletme ve ürün maya florasındaki yakın benzerliklerin kanıtlandığı da rapor edilmiştir (1, 2). Peynirin düşük nem, yüksek asitlik ve tuz içeriğine sahip özelliklerde bir ürün olması ve düşük sıcaklıkta depolanması nedeniyle, mayaların bu üründen izole edilmelerinin doğal karşılanması gerektiği bildirilmektedir (3, 4). Mayaların peynir üretimindeki yararlı etkilerinin, özellikle olgunlaşma aşamasında ortaya çıktığı; starter laktik asit bakterileri tarafından olgunlaşmanın başında üretilen laktik asiti ortamda bulunan mayaların parçalayarak ortam pH'ını yükselttikleri ve böylece olgunlaşmaya katkıda bulunan bakteriyel florayı destekledikleri belirtilmektedir (5). Bunların yanısıra mayaların sahip oldukları metabolik aktiviteleri ile de, olgunlaşma prosesine katıldıkları ifade edilmektedir. Peynirlerden izole edilen birçok mayanın proteolitik ve lipolitik aktivitelere sahip oldukları bildirilmektedir. Olgunlaşma sırasında gerçekleşen proteoliz ve lipolizin, peynirin yapı ve aromasının oluşumunda elzem rol oynadıkları belirtilmektedir. Mayaların peynirlerdeki lezzet ve aromaya katkılarının, bazı maya türlerinin laktozu fermente ederek etil alkol, asetaldehit, etil asetat ve etil butirat gibi maddeleri oluşturmalarıyla da ilişkili olabileceği belirtilmektedir (6, 7). Bazı mayaların, probiyotik özellik taşıma potansiyeline sahip olmaları nedeniyle de, peynir mikrobiyolojisi ve yeni ürün geliştirme konularında son yıllarda yapılan araştırmalarda bu mikroorganizma grubunun, giderek artan bir öneme sahip oldukları belirtilmektedir (5, 8). Çeşitli çalışmalarda bazı mayaların, enterik patojenler ile özgün etkileşime girebildikleri, rapor edilmektedir (9, 10). Son yıllarda bazı maya türlerinin, olgunlaşmanın hızlandırılması, aroma gelişimine katkıları ve probiyotik potansiyelleri dikkate alındığında; peynir üretiminde rol oynayan starter laktik asit bakterilerinin yanısıra destek kültür olarak kullanılmalarının, yapılan birçok çalışmada önerildiği görülmektedir (11, 12).

Bu derlemede; peynirlerdeki maya floraları, bunların peynir kalitesi üzerine olan etkileri ve peynirlerden izole edilen mayaların destek starter olarak kullanılabilme potansiyelleri ele alınmaktadır.

PEYNİR MİKROFLORASINDA BULUNABİLEN MAYALAR

Peynir mikroflorasının, peynire özgün kalite özelliklerinin kazandırılmasında oldukça kritik bir öneme sahip olduğu belirtilmektedir (13). Olgunlaşma boyunca, peynirde yüksek bir mikroorganizma yükü bulunduğu ve bu mikrofloranın olgunlaşma aşamasında çok önemli rol üstlendiği bildirilmektedir (13, 14). Peynirin sahip olduğu mikroflora iki grupta incelenmekte olup bunlar; starter laktik asit bakterileri ve ikincil mikroorganizmalar olarak bilinmektedir. Starter laktik asit bakterilerinin peynirin oluşumunda asit üretiminden sorumlu oldukları ve olgunlaşma prosesine de katıldıkları bilinmektedir. İkincil mikroorganizmaların ise, asit üretimine dahil olmadıkları ancak, olgunlaşma aşamasında oldukça önemli bir role sahip oldukları belirtilmektedir. İkincil mikroflorayı; starter olmayan laktik asit bakterileri, ortamda bulunabilecek diğer bakteriler ile mayalar ve/veya küfler oluşturmaktadırlar (13). Mayaların, süt işletmelerinin ortam mikrofloralarında yaygın olarak bulunabildikleri; bu mikroorganizmaların çiğ sütte, havada, işletme ekipmanlarında, salamurada ve suda doğal kontaminant olarak yer alabildikleri belirtilmektedir (15). Peynirlerdeki maya kontaminasyonunun, çiğ sütün çiftlikte elde edilmesinden, olgunlaştırılmış son ürünün üretimine kadar olan bütün üretim zincirini kapsayan bir süreçte gerçekleşebileceği belirtilmektedir. Bu nedenle de; yem, insan, yüzeyler, alet-ekipman, süt kaynaklı olmayan bileşenler ve salamuranın başlıca kontaminasyon kaynakları arasında olabileceği ifade edilmektedir (1, 4, 16). Bunlardan; peynir endüstrisinde kullanılan salamura, maya kontaminasyonu için en önemli kaynak olarak gösterilmektedir (15, 17).

Yapılan çeşitli çalışmalarda, farklı peynir çeşitlerinden izole edildiği bildirilen maya türleri arasında; *Kluyveromyces marxianus*, *Kluyveromyces lactis*, *Debaryomyces hansenii*, *Geothricum candidum*, *Dipodascus capitatus*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces unisporus*, *Saccharomyces exiguus*, *Candida catenulata*, *Candida intermedia*, *Issetchenkia occidentalis*, *Issetchenkia orientalis*, *Yarrowia lipolytica*, *Candida rugosa*, *Candida sake*, *Candida tenuis*, *Pichia jadinii*, *Candida versatilis*, *Candida zeylanoides*, *Clavispora lusitaniae*, *Cryptococcus albidus*, *Pichia fermentans*, *Pichia kluyveri*, *Pichia membranefaciens*, *Pichia pseudocactophila*, *Rhodotorula glutinis*, *Rhodotorula mu-*

cilaginosa, *Rhodotorula minuta*, *Zygosaccharomyces rouxii*, *Trichosporan delbrueckii*, *Trichosporan cutaneum*, *Trichosporan pullulans*, *Trichosporan ovoides* ve *Williopsis californica* türleri gösterilmektedir (1, 2, 4, 11, 13, 15, 18).

Bunlardan *D. hansenii*, peynir florasında en sık bulunan maya türlerinden birisi olup bu mayanın, birçok peynir türü ile yapılmış olan çeşitli çalışmalarda baskın florayı oluşturduğu ve peynirin olgunlaşma aşamasına olumlu katkılar sağladığı da rapor edilmiştir (19-23). *D. hansenii*, *Candida famata*'nın telemorfu olarak bilinmektedir. Bu türün, aynı su aktivitesi değerinde, tuzu, glukozdan daha iyi tolere edebildiği bildirilmektedir. *D. hansenii*'nin optimum üreme sıcaklığı 25-30 °C iken, 5 °C ve 32-37 °C'lerde de gelişebildiği bilinmektedir. Bunların yanı sıra, *D. hansenii*'nin kazeini hidrolize edebilen hücre içi proteazları ile, lösinaminopeptidaz ve karboksipeptidaz gibi hücre dışı proteazlarının tanımlandığı bildirilmektedir.

Peynirlerden yaygın olarak izole edildiği bildirilen; *Y. lipolytica*, *Candida lipolytica*'nın telemorfu olarak bilinmektedir. *Y. lipolytica* suşlarının, şeker içeren ürünlerden çok, protein ve lipid içeren gıdalardan izole edildiği bilinmektedir. Bu nedenle genellikle peynirde, yoğurta veya et içeren çeşitli salatalarda bulunduğu rapor edilmiştir. Zorunlu aerobik olan bu maya türünün, laktik asit ve sitrik asiti kullanabildiği ve bu asitlerin derişimlerinin; %1 olduğu ortamlarda da gelişebildiği belirtilmektedir. *Y. lipolytica*'nın optimum gelişme sıcaklığının; 25-30 °C olduğu, ancak bu türün 5-10 °C ile 33-37 °C'de de gelişebildiği bildirilmektedir (15). Yüksek hücre dışı lipolitik ve proteolitik aktivitesi nedeni ile *Y. lipolytica*, peynir aromasının oluşumuna katkıda bulunan önemli bir maya türü olarak da bilinmektedir (15, 24).

Peynirlerde bulunan diğer bir maya türü olan *P. jadinii*, *Candida utilis*'in telemorfu olarak bilinmektedir. Fakültatif anaerobik olan bu mayanın, kuvvetli fermantasyon özelliğine sahip olduğu da bildirilmektedir. Bu türün, laktatı kullanabildiği ancak laktozu kullanamadığı belirtilmiştir. *P. jadinii*'nin, geniş bir sıcaklık aralığında gelişebildiği ve 44 °C sıcaklığa dirençli olduğu ifade edilmektedir. Peynir üretiminde aroma oluşumu ve yapının gelişimi üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle *P. jadinii*'nin, mezofilik starterler ile birlikte kullanılabilirdiği belirtilmektedir. Ancak, *P. jadinii*'nin olgunlaşmamış peynirlerde "şişme" kusuruna yol açtığı da bildirilmektedir (15).

Telemorfu *Candida kefir* olarak bilinen *K. marxianus*'un, peynirlerde yaygın olarak bulunduğu ve peynir üretimi sırasında çevreden çok, salamura ve olgunlaşmakta olan peynirden izole edildiği belirtilmektedir. Bu tür ile genellikle olgunlaşma sırasında karşılaşılması, onun süt proteini ve yağını metabolize etme yeteneği ile ilişkilendirilmektedir (7). Bu mayanın laktozu fermente edebilme özelliğinin, peynirdeki lezzet bileşenlerinin oluşumuna katkı sağladığı bildirilmektedir (25).

Peynirlerde bulunabilen bir diğer tür olan *G. candidum*, genellikle maya veya maya benzeri fungus olarak da tanımlanmaktadır. Bu mayanın iki biyotipinin olduğu rapor edilmiştir. Birinci biyotip; beyaz koloni oluşturma, hızlı üreyebilme, optimum üreme sıcaklığının 25-30 °C arasında olması, yüksek proteolitik aktivite, gerçek misel oluşturabilme ve ortamı bazikleştirme özellikleri ile tanımlanmaktadır. Diğer biyotip ise; krem rengi koloni oluşumu, maya benzeri koloni görüntüsü, yavaş gelişme, zayıf proteolitik aktivite, optimum gelişme sıcaklığının; 22-25 °C arasında olması ve ortamı asitlendirme özellikleri ile karakterize edilmektedir. *G. candidum*'un, 5-38 °C aralığında gelişebildiği, yüksek tuz derişimine duyarlı olduğu ve %1'in üzerindeki NaCl derişimlerinde, gelişiminin yavaşladığı belirtilmektedir (15). Bu maya türünün peynirin olgunlaşma aşamasında, oldukça erken evrelerde ve hızlı üreyebildiği, bu sayede bakteriyel gelişmeyi de teşvik ettiği bildirilmiştir (26).

Taze ve henüz olgunlaştırılmamış peynirlerde, heterojen bir floranın hakim olduğu, bu floranın genellikle peynir işletmesi ile de yakından ilişkili olduğu belirtilmektedir. Peynirlerde genel olarak salamura ile muamele aşamasından önce, *K. lactis*, *K. marxianus* ve *T. delbrueckii* gibi, laktozu kullanabilen türlerin baskın olduğu bildirilmektedir. Bu türlerin, mavi küflü peynirlerdeki karakteristik boşluklu yapı oluşumuna da katkıda oldukları ifade edilmektedir (15).

Mayaların, düşük pH ve yüksek tuz derişimine dirençli oldukları ve olgunlaşmanın ilk günlerinde peynirlerin yüzeyinde hızlıca üreyerek, sayılarının; 10⁶-10⁷ kob/g'a ulaşabildiği bildirilmektedir (27). Peynir üretiminde uygulanan olgunlaştırma teknolojisinin de, maya florasının çeşitliliğini doğrudan etkileyen bir faktör olduğu belirtilmektedir. Küfle olgunlaştırılmış peynirlerdeki tipik maya florasının; *D. hansenii*, *G. candidum*, *K. marxianus* ve *Y. lipolytica*'dan oluştuğu rapor edilmiştir (15). Tica-

ri olarak satılan ve yüzeyi olgunlaştırılmış bir çok peynirden de *G. candidum*, *C. utilis*, *D. hansenii*, *K. lactis* ve *Y. lipolytica* maya türlerinin izole edildiği belirtilmektedir (13, 15).

MAYALARIN PEYNİRİN OLGUNLAŞMA AŞAMASINDAKİ ETKİLERİ VE MİKROBİYEL ETKİLEŞİMLERİ

Mayaların peynirlerdeki varlığının, 20. yüzyılın başlarından beri bilinen bir konu olduğu bildirilmektedir. Günümüzde, peynirdeki mayaların, üretimin ilk aşamalarında çok önemli olmadıkları, ancak daha sonraki üretim aşamalarında pıhtıda doğal bulaşan olarak bulduklarında, peynir çeşidine özgü kalite özelliklerinin gelişmesinde önemli işleve sahip oldukları bildirilmektedir (28). Peynirin olgunlaşma aşamasında gerçekleşen başlıca biyokimyasal reaksiyonların; ortamda kalan laktozun parçalanması, laktik asitin (laktatın) parçalanması, sitrik asitin ve az miktarda bulunabilen diğer organik asitlerin yıkımı, proteoliz ve lipoliz gibi birincil reaksiyonlar ile, yağ asidi ve aminoasit metabolizmasını içeren ikincil reaksiyonlar olduğu ifade edilmektedir (29). Peynir üretimi sırasında, sütteki laktozun büyük bir kısmının, laktoz veya laktik asit olarak peyniraltı suyuna geçtiği, sütteki laktozun ancak, %1'inin pıhtıda kalabildiği bildirilmektedir. Kalan bu laktozun da, olgunlaşmanın ilk aşamalarında starter laktik asit bakterileri tarafından hızlıca laktata dönüştürüldüğü bilinmektedir (14).

Peynirin olgunlaşması sırasındaki temel mekanizmanın; starter bakterilerin yanısıra, özellikle ikincil floranın dahil olduğu laktat metabolizması olduğu ifade edilmektedir. Mayaların olgunlaşma süresince, laktik asiti kullanarak ortam pH'sını yükselttikleri ve bakteriyel gelişmeyi destekleyerek olgunlaşmanın ikinci kademesinin başlamasını sağladıkları belirtilmektedir (7). Mayaların olgunlaşma süresince peynirin pH'sında meydana getirdikleri bu değişikliğin, aynı zamanda üretilen bazı alkali metabolizma ürünlerinden de kaynaklandığı bildirilmektedir. Laktatın parçalanmasının, birçok peynir türünün aroma ve yapı oluşumları için, anahtar aşamayı oluşturduğu belirtilmektedir. Laktat, laktik asit bakterileri ve mayalar tarafından asetat, etil alkol, format ve CO₂ gibi ürünlere dönüştürülebilmektedir (29).

Bazı mayaların, sahip oldukları lipolitik ve proteolitik aktiviteleri nedeniyle, peynirdeki bütün enzim sisteminin bir parçası olabildikleri belirtilmektedir (30, 31). Proteolizin, peynirdeki protein matriksinin kırılması, suyun açığa çıkan karboksil ve amino gruplarına bağlanması nedeni ile su aktivitesinin azalması ve pH'ın yükselmesi gibi etkiler yarattığı bilinmektedir. Bu değişiklikler, peynirin yapısında kendine özgü tada sahip olan bileşiklerin, çiğneme sırasında serbest hale geçmesini kolaylaştırmaktadır (30). Olgunlaşma sırasında, peynirdeki proteolizi sağlayan enzimlerin kaynakları arasında; koagülant maddeler (kimozin, pepsin, mikrobiyel veya bitkisel proteazlar), süt (plazmin, katepsin ve diğer somatik proteazlar), starter kültür, ikincil mikroorganizmalar (starter olmayan bakteriler ile küf ve mayalar) ve olgunlaşmayı geliştirmek amacıyla eklenebilen proteinaz veya peptidazlar verilmektedir (30). İkincil floranın hakim olduğu veya eklendiği peynirlerdeki proteolizin büyük ölçüde bu flora tarafından gerçekleştirildiği belirtilmektedir (29). Portekiz'de üretilen geleneksel bir peynir olan Pikante'nin mikroflorasının, proteoliz üzerindeki etkilerinin incelendiği bir çalışmada, baskın florayı bakteri ve mayaların oluşturduğu, mayalardan da *D. hansenii* ve *Y. lipolytica*'nın ortamda hakim oldukları bildirilmiştir. En kuvvetli proteolitik aktiviteyi *Y. lipolytica*'nın gösterdiği belirtilmiş ve bu türün *D. hansenii* ile birlikte Pikante peynirinin üretiminde destek kültür (yardımcı starter) olarak kullanılacakları üzerinde durulmuştur (32). Roquefort peynirinde yüzeyde olgunlaşmaya bağlı olarak, mayaların gösterdiği proteolitik aktivite sonucunda, yüzeyde bir tabaka oluşumunun gözleendiği ve bu tabakanın paketlemeden önce ayrıldığı belirtilmektedir (28). Bazı mayaların proteolitik aktivitelerinin, acılaşmaya neden olan peptitlerin yıkımından da sorumlu olduğu bildirilmektedir. Mayaların salgıladığı aminopeptidaz ve karboksipeptidaz gibi proteolitik enzimler aracılığı ile, acılaşmaya neden olan uzun zincirli peptitlerin, daha kısa zincirli peptitler ve aminoasitlere parçalandıkları ifade edilmektedir. Özellikle *G. candidum*'un bu enzimleri taşıdığı bilinmektedir (15).

Lipoliz reaksiyonunun; trigliseritlerin yağ asitleri ve gliserine veya mono ve diaçil gliseritlere parçalanmasının, özellikle bazı peynir türlerinde aroma gelişimi için elzem bir önem taşıdığı ifade edilmektedir (33). Uzun zincirli yağ asitlerinin aromaya fazla bir katkısının olmadığı bilinmektedir. Ancak, kısa ve orta zincirli, çift karbon sayılı yağ asitlerinin

herbirinin, peynire karakteristik bir lezzet verdiği belirtilmektedir. Limburger peynirinde bulunan butanoik ve hegzanoik asitlerin kuvvetli ve karakteristik lezzet oluşumunda önemli katkıları olduğu bildirilmiştir. Peynirdeki lipoliz reaksiyonu, trigliseritlerdeki yağ asitleri ve gliserin arasındaki ester bağı kırarak, hidrolazlar grubunda olan, lipolitik enzimler aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Peynirdeki lipolitik enzimlerin kaynakları arasında; süt, rennet preparatı, starter laktik asit bakterileri, destek starter, ikincil mikroflora ve nadir olarak eklenen lipazlar verilmektedir. (33). Mayaların peynirin olgunlaşmasına, lipolitik aktiviteleri ile de önemli ölçüde katkıda buldukları bildirilmektedir. Mayalar tarafından hücre dışı lipaz üretiminin, mavi küflü peynirin aromasını da kuvvetlendirdiği belirtilmektedir (1). *Y. lipolytica*'nın oldukça yüksek lipolitik aktiviteye sahip olduğu ve bu maya türünün peynire yardımcı starter olarak eklenmesi ile, olgunlaşmanın ve peynir kalitesinin geliştirilebileceği rapor edilmiştir (3).

Pikante peyniri ile yapılan bir çalışmada; olgunlaşmadan sorumlu başlıca mikroorganizmaların laktik asit bakterileri ve mayalar olduğu ifade edilerek, olgunlaşma sonunda çalışılan peynir örneğinden dört bakteri ve üç maya türünün izole edildiği bildirilmiştir. *D. hansenii*, *Y. lipolytica* ve *Cryptococcus laurentii* türlerine ait olan mayaların yüksek düzeyde proteolitik ve lipolitik aktivite taşıdıkları belirtilmiştir. Bunlar arasında en yüksek lipolitik aktiviteye *Y. lipolytica*'nın sahip olduğu da belirtilmiştir (32).

Peynirin olgunlaşması sırasında meydana gelen bir diğer metabolik reaksiyonun, sitratın parçalanması olduğu ifade edilmektedir. Sütte yaklaşık; 1750 mg/L derişiminde bulunan sitratın büyük bir kısmının peyniraltı suyuna geçmesine rağmen, pıhtıda %0.2-0.5 oranında sitratın bulunduğu belirtilmektedir. Sitrat, sitrik asit fermantasyonu yapabilen starter kültürler veya starter olmayan laktik asit bakterileri tarafından diasetil, asetoin ve asetat gibi bazı lezzet maddelerine dönüştürülebilmektedir (29). Peynirde bulunan bazı mayaların da, sitratı karbon kaynağı olarak kullanabilme yeteneğine sahip oldukları bilinmektedir. Mayaların sitratı metabolize etme yeteneklerinin, peynirde olgunlaşma boyunca canlı kalabilmelerini sağladığı da belirtilmektedir .

Mayaların süt ürünlerindeki mikrobiyel etkileşimlerinin; özellikle mavi küflü peynir, beyaz küflü

peynir, yüzeysel olgunlaştırılmış peynirler ve kefir gibi ürünlerde ayrıntılı olarak incelendiği belirtilmektedir (1). Süt ürünlerinde bulunan mayaların, diğer mikroorganizmalar ile üç farklı şekilde etkileşime girebildikleri ifade edilmektedir. Bunlar; bozulmaya neden olan veya patojenite potansiyeli taşıyan bazı mikroorganizmaların inhibisyonu, fermantasyon veya olgunlaşma işlemlerine olumlu yönde katkı olarak, starter kültürün fonksiyonlarının desteklenmesi ve bazı durumlarda, starter kültürün inhibisyonu olarak verilmektedir (1).

Peynirlerde istenmeyen mikroorganizmaların mayalar tarafından inhibisyonlarının, çeşitli çalışmalar ile ortaya konulduğu bildirilmektedir. Mayaların, özellikle *D. hansenii*'nin, *Clostridium butyricum* ve *Clostridium tyrobutyricum* sporlarının çimlenmesini engelledikleri bildirilmiştir. Bu durumun da büyük olasılıkla; ortamda laktik asit ve asetik asitin azalmasına bağlı olduğu belirtilmektedir (1, 34).

Peynir salamuralarından izole edilen bazı mayaların "killer" özelliğine sahip oldukları da bilinmektedir. Bu özellikteki mayaların taşıdığı killer faktörün, geniş bir antimikrobiyel etki gösterebildiği ve bakteriler, küfler ve bazı mayalar üzerinde etkili olabildiği bildirilmektedir (1, 35). Liu and Tsao (35) tarafından yapılan bir çalışmada; *Williopsis saturnus* var. *saturnus* mayasının, laboratuvar koşullarında üretilen peynirlerde bulunan ve galaktozu fermente edebilen bazı bozucu mayalar üzerindeki inhibisyon etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada, 10⁶ kob/g düzeyinde *Williopsis saturnus* var. *saturnus* ile aşılansız peynirlerde, aynı peynire 10³ kob/g düzeyinde aşılansız olan *S. cerevisiae* ve *K. marxianus* suşlarının tamamen inhibe edilebildiği bildirilmiştir.

Bazı patojen bakterilerin, mayaların yüzeyine tutunma özelliklerinin olduğu da bilinmektedir. Literatürde; Camembert peynirinin yüzeyinde maya florasının hakim olmasıyla birlikte *Mucor* üremesinin inhibe edildiği, ancak *Penicillium roquerforti* ve *Penicillium camemberti* türlerinin inhibe olmadıkları rapor edilmiştir (1). Yapılan bir çalışmada; peynirlerden sıklıkla izole edilen bir maya türü olan *G. candidum*'un, *Listeria monocytogenes*'i inhibe eden; D-3-fenillaktik asit üretebildiği rapor edilmiştir (36).

Bazı mayaların, probiyotik özellik taşıma potansiyeline sahip oldukları da bilinmektedir. Mayaların birçok süt ürününde mikrobiyel floranın önemli bir kısmını oluşturmaları, bu konudaki potansiyel

etkilerinin araştırılmasını ilgi çekici hale getirmektedir (1, 37). Georges et al. (38) tarafından yapılan bir çalışmada, 304 tanesi yüzeyi olgunlaştırılmış peynirlerden izole edilmiş olan toplam 404 maya suşunun, *L. monocytogenes* üzerindeki inhibisyon etkileri araştırılmıştır. İncelenen mayalardan; aralarında özellikle *C. intermedia* ve *K. marxianus*'un bulunduğu %4'lük bir kısmının, *L. monocytogenes* üzerinde yoğun bir inhibisyon etkisinin olduğu bildirilmiştir (38). Georges et al. (39) tarafından yapılan bir başka çalışmada, farklı kaynaklardan izole edilmiş olan 175 maya suşunun, peynir model sisteminde *L. monocytogenes* üzerindeki inhibisyon etkileri araştırılmıştır. Kullanılan maya suşlarından %14'ünün bu bakteri üzerinde inhibisyon etkilerinin olduğu belirtilmiştir. Bunlardan, *Pichia norvegensis* türüne ait bir suşun, *L. monocytogenes* sayısında 7 logaritmik birimlik bir azalmaya neden olduğu da ifade edilmiştir (39). Bunların yanı sıra, maya hücre yüzeyinin, enterobakterler tarafından üretilen enterotoksinleri de bağlama özelliğine sahip olduğu belirtilmektedir. Ayrıca, probiyotik özelliğe sahip mayaların ürettikleri killer faktörün de, enterobakterler üzerinde inhibisyon etkisine sahip olduğu anlaşılmıştır. Yapılan bazı çalışmalarla, *K. lactis* gibi süt ürünlerinden sıklıkla izole edilen mayalara, genetik modifikasyonlar ile "killer faktör" üretme özelliği kazandırılabilirdiği belirtilmektedir (1).

MAYALARIN PEYNİRLERDE DESTEK STARTER OLARAK KULLANILMALARINA İLİŞKİN BAZI ÇALIŞMALAR

Peynirin olgunlaştırılmasında, yaygın olarak laktik asit bakterilerinden yararlanılsa da, günümüzde mayaların olgunlaşmaya olan katkıları göz önüne alındığında, bazı maya türlerinin peynir üretiminde laktik asit bakterileri ile birlikte destek starter olarak kullanılmaları konusundaki çalışmaların artmakta olduğu bildirilmektedir (7, 12, 40).

Mayaların peynir üretimi açısından önemli teknolojik özelliklere sahip olma potansiyelleri nedeniyle, peynir üretiminde destek starter olarak kullanıma ve yeni ürün geliştirmede araştırılmaya değer mikroorganizmalar oldukları ifade edilmektedir. Birçok yöresel fermente süt ürününde bazı maya türlerinin baskın florayı oluşturdukları bilinmektedir. Örneğin, Afrika'daki yöresel olarak üretilen

fermente sütlerde, *K. marxianus*, *C. kefir* ve *S. cerevisiae* türlerinin yaygın oldukları bildirilmektedir. Bu tarz yerel ürünlerin herbirinin, fermente süt ürünlerinde kullanılabilir olası starter kaynakları olarak düşünölmeleri gerektiği ve bu açıdan ele alınmalarının ilginç olabileceği ifade edilmektedir. Literatürde bu tip yöresel fermente süt ürünlerinin, mayalar açısından "starter havuzu" olarak ifade edilmesi de dikkati çekmektedir (36).

Feta peynirine destek starter eklenmesinin, aroma üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, peynire laktik asit bakterileri, *Y. lipolytica* ve *D. hansenii* hem ayrı ayrı, hem de birlikte eklenerek, son ürünün aroması üzerindeki değişikliklerin incelendiği belirtilmiştir. Bu çalışmada, seçilmiş laktobasiller ve mayaların aynı anda kullanılmalarının, peynirde alkol, aldehit ve ester yapısındaki uçucu bileşiklerin artmasına neden olduğu bildirilmektedir. Ayrıca; *D. hansenii* içeren örneklerde pentan-1-ol, butanal, 3-metil butil asetat ve 3-metil butil butirat bileşiklerinin oluştuğu; bu bileşiklerin ise; Feta peynirinin lezzetinin zenginleştirilmesinde oldukça önemli rol oynadıkları belirtilmektedir (41). Bir başka çalışmada, farklı tipteki yöresel peynirlerden izole edilmiş olan; *G. geotrichum*, *P. jadinii*, *Y. lipolytica* ve *D. hansenii* suşlarının, Raclette peynirinde yardımcı starter olarak kullanılmaları ve olgunlaştırma üzerindeki etkileri incelenmiştir. *Y. lipolytica* ve *P. jadinii* birlikte kullanıldığında, kısa zincirli yağ asitlerindeki azalmanın en yüksek seviyede olduğu bildirilmiştir. Ayrıca; *P. jadinii*, *D. hansenii* ve *G. geotrichum*'un peynirdeki protein, peptit ve aminoasit metabolizmalarına önemli ölçüde katıldıkları da belirtilmiştir (8). Cheddar peynirinde normal proses sırasında gerçekleşen lipoliz ve proteoliz ile, bu peynire maya inokülasyonundan sonra görölen lipoliz ve proteolizin karşılaştırmalı olarak incelendiği bir diğer çalışmada ise; *D. hansenii* ve *Y. lipolytica*'nın bu reaksiyonları önemli ölçüde hızlandırdıkları belirtilmiştir. Çalışmada, Cheddar peynirinde olgunlaşma süresinin kısaltılması ve aromanın geliştirilmesi açısından, üretimde bu mayaların destek starter olarak kullanılmaları önerilmektedir (14). De Freitas et al. (24) tarafından Fransa'da yapılan bir çalışmada; Cantalet peynirine bazı maya suşlarının destek starter olarak eklenmelerinin peynirde laktik asit bakterilerinin gelişimi ve aroma oluşumu üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada destek starter olarak, Cantalet peynirinden izole edilmiş olan *K. lactis*, *Y. lipolytica* ve *P. fermentans* suşlarının bir arada

kullanıldığı belirtilmiştir. Bu mayaların kullanıldığı peynirlerde, etanol, etil esterler ve bazı dallanmış zincirli alkoller gibi aroma bileşenlerinin, destek starter içermeyen peynire göre 6-10 kat arttığı bildirilmiştir. Ayrıca; bu mayaların varlığında laktokokların daha uzun süre canlı kalabildiği, ancak *Streptococcus thermophilus*'un canlı kalma süresinin azaldığı da rapor edilmiştir (24).

Dünyada; İtalya, İrlanda, Danimarka, Portekiz, Yunanistan, Polonya, İsviçre gibi çeşitli ülkelerde üretilen geleneksel peynirlerdeki maya floralarının tanımlanması ve mayaların bazı peynirlerde starter/yardımcı starter olarak kullanılma potansiyellerinin incelenmesine yönelik çalışmaların özellikle son yıllarda giderek arttığı görülmektedir (8, 14, 18, 22, 31, 32, 41-44). Ülkemizde de, tulum, örgü, Mihaliç, Ezine, çeçil, civil, otlu, carra, keş, kaşar, çömlek gibi birçok yöresel peynir çeşidi bulunmaktadır; bunların her biri kendine özgü üretim tekniği nedeniyle farklı yapı ve aromalarla tüketiciye sunulmaktadır (45, 46). Tarafımızca, Erzincan tulum ve Mihaliç peynirlerinden izole edilen maya suşları ile yapılan bir çalışmada; toplam 177 adet maya izolatu tanımlanmış ve bu mayaların destek starter olarak kullanılabilme potansiyellerinin araştırılabilmesi amacıyla, çeşitli teknolojik özellikleri incelenmiştir (yayımlanmamıştır). Erzincan tulum ve Mihaliç peynirlerinde baskın florayı sırasıyla; *Candida lambica* ve *Candida famata* var. *famata* türlerinin oluşturdukları belirlenmiştir. İzole edilen maya suşlarının önemli bir kısmının; lipolitik aktivite, çeşitli şekerlerin asimilasyonu ve fermentasyonu, yüksek tuz derişimlerinde gelişebilme, çeşitli organik asitlerin asimilasyonu, vb. önemli bazı teknolojik özellikler taşıdıkları belirlenmiş, destek starter olarak kullanılabilme potansiyelleri ortaya konulmuştur.

SONUÇ

Mayaların, bazı gıdalar için bozulma etmeni olabilmelerine rağmen, bazı gıdalar için ise, oldukça yararlı etkilerinin bulunduğu bilinmektedir. Peynirlerdeki maya florasının ürün kalitesi üzerindeki etkilerinin önemi, son yıllarda yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur. Günümüzde, süt ürünlerinde bulunan mayalar üzerindeki çalışmalarda bir artış görülmesine rağmen, özellikle peynir gibi ürünlerdeki mayaların karakterizasyonu ve olumlu etkilerinin belirlenmesi ile ilgili çok daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğu bildirilmektedir (15).

Türkiye'deki yöresel peynirler üzerinde yapılan çeşitli araştırmaların, genellikle bu ürünlerin fiziksel, kimyasal, yapısal ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesine yönelik oldukları görülmektedir. Peynir çeşitliliği açısından zengin bir potansiyele sahip olan ülkemizde, yöresel peynirlerde bulunan endojen mayaların tanımlanmaları ve bunların yardımcı starter olarak kullanılma potansiyellerinin araştırılarak, endüstriye kazandırılmalarına yönelik kapsamlı çalışmaların gerçekleştirilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Jakobsen M, Narvhus J. 1996. Yeasts and their possible beneficial and negative effects on the quality of dairy products. *Int Dairy J*, 6: 755-768.
2. Cosentino S, Fadda ME, Deplano M, Mulargia AF, Palmas F. 2001. Yeasts associated with Sardinian ewe's dairy products. *Int J Food Microbiol*, 69: 53-58.
3. Wyder MT, Puhan Z. 1999. Role of selected yeasts in cheese ripening: an evaluation in aseptic cheese curd slurries. *Int Dairy J*, 9: 117-124.
4. Viljoen BC, Knox AM, Jager PH, Laurens-Hattingh A. 2003. Development of yeast populations during processing and ripening of blue veined cheese. *Food Technol Biotechnol*, 41(4): 291-297.
5. Suzzi G, Lanorte MT, Galgano F, Andrighetto C, Lombardi A, Lanciotti R, Guerzoni ME. 2001. Proteolytic, lipolytic and molecular characterization of *Yarrowia lipolytica* isolated from cheese. *Int J Food Microbiol*, 69: 69-72.
6. Martin N, Berger C, Du CL, Spinnler HE. 2001. Aroma compound production in cheese curd by coculturing with selected yeast and bacteria. *J Dairy Sci*, 84: 2125-2135.
7. Kesenkaş H, Akbulut N. 2006. Mayaların peynir üretiminde destek starter kültür olarak kullanımı. *Ege Univ Ziraat Fak Derg*, 43(2): 165-174.
8. Wyder MT, Bachmann HP, Puhan Z. 1999. Role of the selected yeasts in cheese ripening: an evaluation in foil wrapped raclette cheese. *Lebens Wiss Technol*, 32: 333-343.
9. Addis E, Fleet GH, Cox JM, Kolak D, Leung T. 2001. The growth, properties and interactions of yeasts and bacteria associated with the maturation of Camembert and blue-veined cheeses. *Int J Food Microbiol*, 69: 25-36.
10. Gotcheva V, Hristozova E, Hristozova T, Guo M, Roshkova Z, Angelov A. 2002. Assessment of potential probiotic properties of lactic acid bacteria and yeast strains. *Food Biotechnol*, 16(3): 211-225.
11. Tempel T, Jakobsen M. 1998. Yeasts associated with Danablu. *Int Dairy J*, 8: 25-31.
12. Klein N, Zourari A, Lortal S. 2002. Peptidase activity of four yeast species frequently encountered in dairy products - comparison with several dairy bacteria. *Int Dairy J*, 12: 853-861.

13. Beresford TP, Fitzsimons NA, Brennan NL, Cogan TM. 2001. Recent advances in cheese microbiology. *Int Dairy J*, 11: 259-274.
14. Wit MD, Osthoff G, Viljoen BC, Hugo A. 2005. A comparative study of lipolysis and proteolysis in Cheddar cheese and yeast-inoculated Cheddar cheeses during ripening. *Enzyme Microb Tech*, 37: 606-616.
15. Fröhlich-Wyder MT. 2003. Yeasts in Dairy Products. In: *Yeasts in Food*, Boekhout T, Robert V (eds), B.Behr's Verlag, GmbH & Co. KG, Hamburg, Germany, pp. 209-37.
16. Tempel T, Jakobsen M. 2000. The technological characteristics of *Debaryomyces hansenii* and *Yarrowia lipolytica* and their potential as starter cultures for production of Danablu. *Int Dairy J*, 10: 263-270.
17. Seiler H, Busse M. 1990. The yeasts of cheese brines. *Int J Food Microbiol*, 11: 289-304.
18. Padilla B, Manzanares P, Belloch C. 2010. Molecular identification and enzymatic activity of yeasts isolated from artisanal cheeses made from ewes' milk. International Conference on Food Innovation, 25-29 October, Valencia, Spain, 224.
19. Pereira-Dias S, Potes ME, Characterization of yeast flora isolated from an artisanal Portuguese ewes' cheese. Marinho A, Malfeito-Ferreira, M., Loureira, V. 2000., *Int J Food Microbiol*, 60: 55-63.
20. Kumura H, Takagaki K, Son T, Tsukahara M, Tanaka T, Shimazaki K. 2002. Casein digestion by *Debaryomyces hansenii* isolated from cheese. *Biosci Biotech Bioch*, 66(6): 1370-1373.
21. Petersen KM, Westall S, Jespersen L. 2002. Microbial succession of *Debaryomyces hansenii* strains during the production of Danish surface-ripened cheeses. *J Dairy Sci*, 85: 478-486.
22. Ferreira AD, Viljoen BC. 2003. Yeasts as adjunct starters in matured Cheddar cheese. *Int J Food Microbiol*, 86: 131-140.
23. Del Bove M, Lattanzi M, Rellini P, Pellicia C, Fatichenti F, Cardinali G. 2009. Comparison of molecular and metabolomic methods as characterization tools of *Debaryomyces hansenii* cheese isolates. *Food Microbiol*, 26: 453-459.
24. De Freitas I, Pinon N, Maubois J-L, Lortal S, Thierry A. 2009. The addition of a cocktail of yeast species to Cantalet cheese changes bacterial survival and enhances aroma compound formation. *Int J Food Microbiol*, 129: 37-42.
25. Aponte M, Pepe O, Blaiotta G. 2010. Short communication: Identification and technological characterization of yeast strains isolated from samples of water buffalo Mozzarella cheese. *J Dairy Sci*, 93(6): 2358-2361.
26. Pottier I, Gente S, Vernaux JP, Guéguen M. 2008. Safety assesment of dairy microorganisms: *Geotrichum candidum*. *Int J Food Microbiol*, 126: 327-332.
27. Cogan TM. 2000. Microbiology of cheese. In: *Encyclopedia of Food Microbiology*, Robinson RK, Patt CA, Patel PD (eds) Academic Press, UK, pp. 306-313.
28. Welthagen JJ, Viljoen BC. 1999. The isolation and identification of yeasts obtained during the manufacture and ripening of Cheddar cheese. *Food Microbiol*, 16: 63-73.
29. McSweeney P. 2004. Biochemistry of cheese ripening, *Int J Dairy Technol*, 57(2/3): 127-144.
30. Sousa MJ, Ardö Y, McSweeney PLH. 2001. Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. *Int Dairy J*, 11: 327-345.
31. Wojtatowicz M, Chrzanowska J, Juszczyk P, Skiba A, Gdula A. 2001. Identification and biochemical characteristics of yeast microflora of Rokpol cheese (short communication). *Int J Food Microbiol*, 69: 135-140.
32. Freitas AC, Pintado AE, Pintado ME, Malcata FX. 1999. Role of dominant microflora of Picante cheese on proteolysis and lipolysis. *Int Dairy J*, 9: 593-603.
33. Collins YF, McSweeney PLH. 2003. Wilkinson MG. Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. *Int Dairy J*, 13: 841-866.
34. Diena P, Faichenti F, Farris GA, Mocquot G, Ladi R, Todesco R, Cecchi L. 1984. Metabolism of lactic and acetic acids in Peconino Romano cheese made with a combined starter of lactic acid bacteria and yeast. *Le Lait*, 64: 380-394.
35. Liu S-Q, Tsao M. 2009. Inhibition of spoilage yeasts in cheese by killer yeast *Williopsis saturnus* var. *saturnus*. *Int J Food Microbiol*, 131: 280-282.
36. Wouters JTM, Ayad EHE, Hugenholtz J, Smit G. 2002. Microbes from raw milk for fermented dairy products. *Int Dairy J*, 12: 91-109.
37. Laurens-Hattingh A, Viljoen BC. 2001. Growth and survival of a probiotic yeast in dairy products. *Food Res Int*, 34: 791-796.
38. Georges S, Aigner U, Silakowski B, Scherer S. 2006. Inhibition of *Listeria monocytogenes* by foodborne yeasts. *Appl Environ Microb*, 72(1): 313-318.
39. Georges S, Koslowsky M, Velagic S, Borst N, Bockelmann W, Heller KJ, Scherer S. 2011. Anti-listerial potential of food-borne yeasts in red smear cheese. *Int Dairy J*, 21: 83-89.
40. Hansen TK, Jakobsen M. 2001. Taxonomical and technological characteristics of *Saccharomyces* spp. associated with blue veined cheese. *Int J Food Microbiol*, 69: 59-68.
41. Bintsis T, Robinson RK. 2004. A study of the effects of adjunct cultures on the aroma compounds of Feta-type cheese. *Food Chem*, 88: 435-441.
42. Fadda ME, Cosentino S, Deplano M, Palmas F. 2001. Yeast populations in Sardinian feta cheese, *Int J Food Microbiol*, 69: 153-156.
43. Suzzi G, Schirone M, Martuscelli M, Gatti M, Fornasari ME, Neviani E. 2003. Yeasts associated with Manteca. *FEMS Yeast Res*, 3: 159-166.
44. Amos LM. 2007. Enzymes from yeast adjuncts in proteolysis during cheddar cheese ripening. MSc. Thesis, University of Free State, Faculty of Agricultural and Natural Science, Department of Microbial, Biochemical and Food Biotechnology, Bioemfontein, South Africa, 143 p.
45. Hayaloğlu AA, Fox PF, Guven M, Cakmakci S. 2007. Cheeses of Turkey:1. Varieties ripened in goat-skin bags. *Dairy Sci Technol*, 87(2): 79-95.
46. Hayaloğlu AA, Ozer BH, Fox PF. 2008. Cheeses of Turkey: 2. Varieties ripened under brine. *Dairy Sci Technol*, 88: 225-244.