

Lezzet Katkısı Olarak Peynir ve Enzim Modifiye Peynir Tekniğinde Güncel Durum

Zafer Erbay¹, Deniz Baş², Perihan Kendirci³, Mustafa Çam⁴, Haşim Kelebek¹, Pelin Salum⁵, Serkan Sellî⁵

¹ Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Seyhan, Adana

² Çankırı Karatekin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Çankırı

³ İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Çiğli, İzmir

⁴ Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Melikgazi, Kayseri

⁵ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Sarıçam, Adana

Geliş Tarihi (Received): 05.12.2015, Kabul Tarihi (Accepted): 20.04.2015

✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): zafererbay@yahoo.com (Z. Erbay)*

☎ 0 322 455 00 00 /2080 📠 0 322 455 00 09

ÖZ

Peynir, gıda tedarik zincirinin en büyük ve önemli parçasını oluşturan süt sektörünün, hem ürün çeşitliliği, hem kullanım yaygınlığı, hem de lezzet yoğunluğu açısından en dikkat çekici ürünüdür. Dünyada tüketilen sütün yaklaşık %40'ının peynir üretiminde kullanıldığı düşünülmektedir. Günümüzde ise, üretilen peynirlerin önemli bir bölümü, başka gıdaların üretiminde formülasyona katılan bir katkı olarak tüketilmektedir. Gıda katkısı olarak peynirlerin kullanımının temel nedeni lezzetleridir. Peynirlerin özgün lezzeti üretim sonrasındaki olgunlaşma sürecinde oluşmaktadır. Bu süreç oldukça maliyetli ve standardize edilmesi güç bir süreçtir. Olgunlaşma sürecinin kontrollü koşullarda, enzimatik reaksiyonlarla taklit edilmesi ile peynir lezzetinin geliştirilmesi ve yoğunlaştırılması, çok daha kısa sürelerde mümkün olabilmektedir. Bu yöntemle elde edilen ürüne enzim modifiye peynir (EMP) denilmektedir. EMP özellikle toz formda üretildiğinde, düşük maliyetli, dayanıklı, endüstriyel üretim ve tüketime uygun, standart üretimi kolay bir lezzet katkısıdır. Bu derlemede, lezzet katkısı olarak üretilen EMP'ler anlatılmış ve bu alanda yapılmış çalışmalar paylaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Peynir, Enzim modifiye peynir, Lezzet katkısı

Cheese as Flavor Ingredient and Current Status in Enzyme-Modified Cheese Technique

ABSTRACT

Dairy industry is the most important and biggest part of food supply chain. Among dairy products, cheese is the most remarkable product due to its variability, high market coverage and flavor. About the 40% of the total milk produced worldwide is used for cheese production, and an important ratio of this production is used as an ingredient for the production of other foods. The main reason for its use as an ingredient is its flavor. Unique flavor of cheese is developed during ripening period. Ripening is a high-cost process, and standardization of the product is not easy. It is possible to develop and intensify cheese flavor in a short time under controlled conditions by the aid of enzymatic reactions. The product obtained with this method is called enzyme modified cheese (EMC). Especially in a powder form, EMC is a low-cost, stable, easy to use and standard flavor ingredient with consistent cheese flavor. In this present study, EMCs produced as a flavor ingredient and studies on this topic are reviewed.

Keywords: Cheese, Enzyme modify cheese, Flavor ingredient

GİRİŞ

Süt ve ürünlerinin endüstriyel üretiminin yaklaşık 150 yıllık tarihi olup, günümüzde de gıda tedarik zincirinin en büyük ve önemli parçasını oluşturmaktadır [1]. Bu sektördeki ürün yelpazesinde, içme sütü, peynir, tereyağı, krema, yoğurt başta olmak üzere fermente sütler, dondurma, koyulaştırılmış süt ve toz ürünler gibi çok çeşitli süt ürünleri bulunmaktadır [2]. Sektördeki büyüme sürmektedir ve 2011 yılında dünyadaki süt üretiminin %83'ünü oluşturan inek sütünün üretimi bir önceki yıla göre %2.4 artmıştır. 2011 yılında hemen hemen tüm süt ürünlerinin üretimlerinde dünya çapında artış olmuştur [3].

Süt ürünleri içerisinde, ürün çeşitliliği dolayısıyla en dikkat çekici ürün tipi peynirdir. Yaklaşık 5000 yıllık bir geçmişi olduğu bilinen peynirin, günümüzde 1000'den fazla çeşidi vardır. Bu çeşitliliğin yanında, dünyada üretilen sütün yaklaşık %40'ının peynir üretiminde değerlendirildiği düşünüldüğünde, peynirin endüstriyel açıdan önemi de belirginleşmektedir [4].

Üretilen peynirler perakende satışlarla evsel tüketime sunulmanın yanı sıra, yemek/gıda hizmetleri ile endüstride de tüketilmektedir. Evsel tüketime sunulan peynirlerin çok büyük bir kısmı "doğal peynir" olarak da tanımlanan, geleneksel yöntemlerle üretilmiş peynirlerdir ve doğrudan tüketilmektedirler. Buna karşın, yemek/gıda hizmetleri ile endüstride kullanılan peynirlerin çok büyük kısmı ürüne dönüşmeden önce çeşitli şekillerde işlemde geçirilmekte, bir başka deyişle, ürün formülasyonuna katılmakta veya gıda katkısı olarak kullanılmaktadır. Günümüzde gelişen endüstri ve hazır yemek sektörleri de göz önüne alındığında (özellikle fast-food endüstrisi) gıda katkısı olarak kullanılan peynirlerin oranı ve önemi artmaktadır. Avrupa'daki toplam peynir üretiminin %25'inden fazlasının gıda katkısı olarak tüketildiği, ABD'de bu oranın çok daha yüksek olduğu, dünyadaki ortalamanın ise %35-45 dolaylarında olduğu düşünülmektedir [5-8]. Gıda katkısı olarak kullanılan peynirler, son ürünün besin değeri, görünüm, doku gibi özelliklerini geliştirebilmektedir. Bununla birlikte, gıda katkısı olarak peynirlerin kullanımının temel nedeni lezzetleridir.

Son ürünün lezzetinin geliştirilmesi için olgun peynirlerin kullanılması gerekmektedir. Ancak, olgun peynirlerin doğrudan gıda katkısı olarak kullanılmasında önemli problemlerle karşılaşmaktadır. Hem mevsimsel, hem de üretimden kaynaklı farklılıklardan ötürü olgun peynirlerin katkı olarak kullanılmasında standart son ürün eldesi gerçekleştirilememektedir. Aynı zamanda olgun peynirlerin doğrudan ilavesinde, yetersiz peynir lezzeti, aşırı laktoz veya yağ düzeyleri, yüksek üretim maliyetleri ve endüstriyel üretime uygulanabilirliği gibi teknik ve ekonomik sorunlarla da karşılaşmaktadır. Bu nedenlerle, alternatif peynir lezzet katkılarının geliştirilmesi önemlidir [8-10].

PEYNİR LEZZETİ SAĞLAYAN KATKILAR

Peynir lezzeti sağlayan katkılar, üretim tekniğine bağlı olarak doğal, doğala özdeş veya sentetik olabilmektedir.

Ancak, hem peynir lezzetinin kompleks yapısından, hem de üretim tekniklerinde karşılaşılan sorunlardan ötürü doğal olmayan peynir lezzetlerinin üretimleri oldukça zor ve maliyetleri de oldukça yüksektir. Buna ek olarak, "doğal" ürünlere yönelik ilginin son yıllarda artması, doğal lezzet katkılarının kullanılmasını ön plana çıkarmaktadır [9-12]. Peynir lezzeti sağlayan doğal katkılar, peynir tozları ve enzim modifiye peynirler (EMP) olmak üzere temelde iki grupta toplanmaktadır [5-8].

Peynir üretimi binlerce yıl öncesine dayansa da peynir lezzet maddelerinin üretimi oldukça yenidir. Bunun için eritme peynir üretim tekniğinin geliştirilmesi gerekmiştir. Eritme peyniri ilk olarak 1911 yılında İsviçre'de üretilmiştir ve bu sayede homojen yapıda ve uzun depolama süresi olan bir peynir ürünü elde edilebilmiştir [7, 13]. Ancak, olgun peynir lezzetine sahip eritme peynirlerinin üretilmesi için, olgun peynirin hammadde olarak kullanılması gerekmekte ve maliyetler çok yüksek olmaktadır. Bu nedenle, eritme peynir üretiminde olgun peynir kullanımını azaltmak için, eritme peynirine enzim ilavesi ile ilgili çalışmalar 1940'ta başlamış, EMP'lerle ilgili ilk onay 1969'da ABD'de alınmış ve 1970'lerin ortasında ilk kez EMP üretilmiştir. Hem eritme peyniri, hem de EMP ile ilgili bilimsel literatürde bilgi oldukça sınırlıdır, buna karşın çeşitli patentler vardır [7, 14-17].

Katkı amaçlı bir ürün olarak peynir lezzeti elde etmenin en basit yolu peynirin kurutulması, yani peynir tozu üretimidir. Peynir tozu üretiminde, öncelikle hammadde olarak kullanılan peynirler eritilmekte ve elde edilen eritme peynir püskürtmeli kurutucuda kurutulmaktadır. Bu şekilde, pek çok endüstriyel veya evsel ürüne katılabilecek şekilde peynir lezzeti elde edilebilmektedir. Ancak doğal peynir lezzetinden yaklaşık 2 ile 5 kat daha kuvvetli olan bu lezzet katkısının üretimi pahalıdır [8, 18].

ENZİM MODİFİYE PEYNİR (EMP)

Lezzetinin geliştirilmesi veya yoğunlaştırılması veya bir başka ifadeyle olgunlaşma süresinin kısaltılması için peynirin enzim ile işlenmesi sonucu elde edilen ürüne EMP denilir [19]. Bu yolla peynir olgunlaşması kontrollü koşullarda taklit edilmektedir. Bu amaçla peynir pıhtısına bazı enzimler ilave edilmekte ve karışım inkübe (30-50°C) edilmektedir. Sonuçta 1-7 gün gibi bir süre sonunda, aylarca veya yıllarca sürebilen olgunlaştırma ile elde edilebilen peynir lezzetine (doğal peynirden 15-30 kat kadar daha yoğun lezzete) düşük maliyetli, besleyici ve doğal bir yolla ulaşılmaktadır [7, 10]. Doğal olgun peynirlerle EMP arasındaki temel fark, EMP'lerde dokunun kalite açısından önemli olmamasıdır [10]. EMP üretiminde son ürün bileşimi açısından mevzuatla belirlenmiş bir sınır yoktur, ancak genel olarak hamur kıvamlı (yani akışkan) olanlar %40-60 nem içerirken, tozlar %5-10 nem içermektedir. Hamur kıvamındaki EMP'ler eritme peynirlerinde ve peynir soslarında kullanıma daha uygunken, toz formdakiler hem uzun raf ömürleri, hem de her tür endüstriyel işleme uygulanabilirliği ile öne çıkmaktadır [7, 20]. EMP'lerde yüksek konsantrasyonda serbest aminoasit, peptit, serbest yağ asidi gibi katabolik ürünler bulunmakta,

ancak kalıntı enzim aktivitesi bulunmamaktadır [21]. EMP üretiminde hammadde olarak genellikle sert ya da yarı-sert peynir (%60-65 kuru maddeli) kullanılmakta; emülgatör olarak mono/digliseritler ile fosfatlar, sitrik asit ve ksantan gam tercih edilmekte; sıklıkla üretimde formülasyona antioksidan (tokoferol gibi yağda çözünen vitaminler) ilave edilmektedir [17]. Ekstra lezzet için tereyağı veya krema eklenebilmektedir. Ayrıca lezzeti geliştirmek için, mevzuata uygunluğunu gözetmek ve etikette belirtmek şartıyla, üretimde monosodyum glutamat, maya ekstraktı, tuz, organik asitler ve starter kültür ekstraktları da kullanılabilir [10, 20].

EMP Üretimi Basamakları

EMP üretimi basamakları; olgun veya taze peynirlerin belirli ekzojen enzimler (proteinaz, peptidaz, lipaz, esteraz) ve/veya mikroorganizmalarla inkübe edilmesi, inkübasyonun pastörizasyonla sonlandırılması ve standardizasyon işlemlerinden oluşmaktadır. Kullanılan hammaddenin (yani substratın) kalitesi son ürün açısından çok önemlidir ve hammadde olarak genellikle hedeflenen peynirin olgunlaştırılmamış hali kullanılmaktadır. Sonrasında emülsifikasyon ya da pıhtının yarı-katı homojen bir bulamaca dönüştürülmesi de diyebileceğimiz eritme peynir hazırlama işlemi uygulanmaktadır. Eritme işlemi sırasında ısıtma ve karıştırma ile eritme tuzlarından yararlanılmaktadır. Bu işlem ile aynı zamanda substratın pastörize edilmesi gerçekleştirilmekte, substrattaki (peynir pıhtısı) aktivitenin durdurulması ile kontrollü koşullar sağlanmaktadır. Etkin bir emülsifikasyon sonucu enzimlerin etkinlik göstereceği yüzey alanı genişlemekte ve işlem hızı artmaktadır. Burada etkin emülsiyonlar için uygun eritme tuzunun seçimi önemlidir. Eritme tuzu, kalsiyum şelatlama yoluyla proteinin çözünmesini sağlamaktadır. Eritme tuzları genellikle sifratlar, orto-, piro- ve poli-fosfatlardır. Bu tuzlar aynı zamanda pH kontrolü ve bazı ek bakteri durdurucu etkilere sahiptirler. EMP üretimi sırasında istenmeyen küf, maya ve bakteri bulaşmasını ve gelişmesini engellemek için potasyum sorbat, nitrat ve nisin ilavesi sıklıkla uygulanan yöntemlerdir [10, 19, 20].

Eritme işlemi sonrasında, kullanılan yöntemle göre koşulları ve sıralaması değişmekle beraber, substrat enzimlerle inkübasyona bırakılmaktadır. Inkübasyon sırasında, inkübasyon sıcaklığı ve süresi dışında, karıştırma işleminin şiddeti ve karışımın pH'sı da dikkat edilmesi gereken işlem değişkenleridir. Inkübasyonun bitirilmesi için ise son bir pastörizasyon işlemi uygulanmaktadır. İşlem kontrolü ve kararlılığı EMP üretiminde çok önemlidir ve özellikle ısı işlem sıcaklık-süre normları kritiktir. Fazla ısı işlem lezzeti bozabilmekte veya istenmeyen çeşitli reaksiyonların hızlanmasına neden olabilmektedir (enzimatik olmayan esmerleşme vb). Bununla birlikte, ısı işlem sonucunda tüm enzim aktivitesinin kesin olarak bitmiş olması gerekmektedir, aksi takdirde kalıntı enzim aktivitesi EMP'yi veya katıldığı ürünü kolaylıkla bozabilmektedir [10, 20].

EMP'nin yaygın uygulanan üretim tekniği tek aşamalıdır ve eşzamanlı proteoliz ile lipolizin kontrollü koşullarda

gerçekleştirilmesine dayanmaktadır [10, 19, 20]. Şekil 1a'da şematik olarak gösterilen bu yöntemde, farklı enzimlerin birbirleri üzerindeki etkilerinin saptanması çok güçtür, işlem kontrolü ile optimizasyonu da zordur. Standart ürün eldesinde problemler yaşanabilmekte ve lezzette farklılık sağlayabilmek için yapılabilecekler öngörülemezdir. Bu nedenlerden ötürü, farklı üretim teknikleri geliştirilmiştir [7, 11]. Bu üretim tekniklerinden birisinde, lipoliz ve proteoliz farklı hammaddelerde ayrı ayrı gerçekleştirilmektedir. Buna göre, krema veya sadeyağın lipolizi ile elde edilen lipolize süt yağı ile taze peynirin proteolizi ile elde edilen ara ürün, farklı oranlarda karıştırılarak istenilen lezzette EMP üretilmektedir [10, 20]. Şekil 1b'de gösterilen diğer bir yöntemde ise taze peynir kontrollü koşullarda, sırasıyla proteoliz ve lipolize uğratılmaktadır [7, 11].

Tüm EMP üretim yöntemlerinde geçerli olmak üzere, hedeflenen peynir lezzeti, hammaddenin bileşimi, çeşidi, enzim veya kültür tipi, konsantrasyonu, enzimatik işlem parametreleri (sıcaklık, süre, karıştırma hızı, pH) ve kullanılan işlem yardımcıları (emülgatör, antimikrobiyal, lezzet maddesi, öncü madde) gibi faktörler üretimde önemlidir [10].

EMP Üretiminde Kullanılan Enzimler

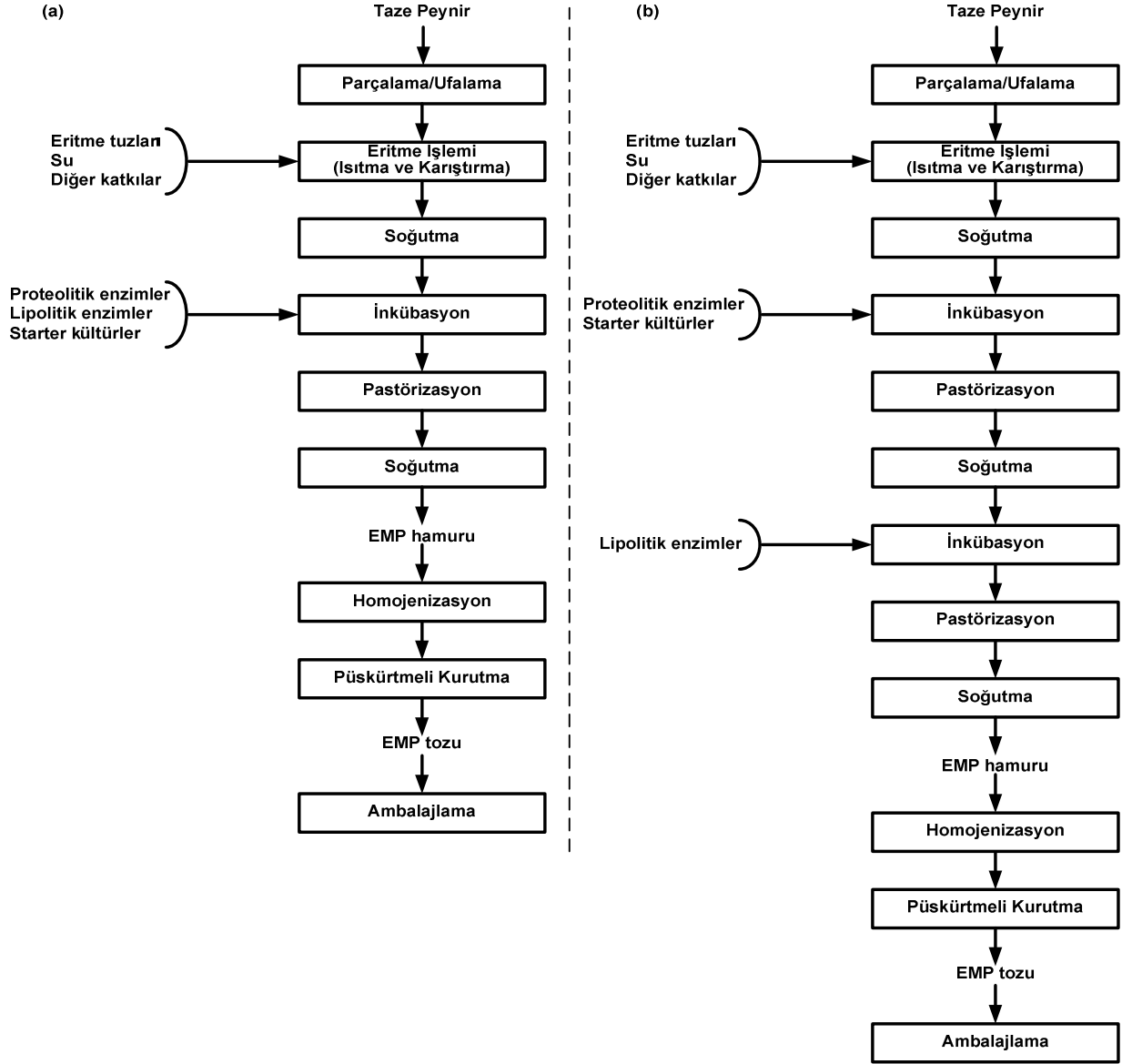
EMP üretiminin kalbi, isminden de anlaşılacağı üzere enzim ve enzimatik faaliyetlerdir. EMP üretiminde proteaz, peptidaz, lipaz ile esteraz enzimleri kullanılmaktadır ve bunların hemen hemen tamamı hayvansal ya da mikrobiyal kökenlidir [20].

Ticari olarak çok çeşitli proteazlar vardır ve işlem koşulları ile özellikleri çok değişkendir. Ancak EMP üretiminde kullanılan proteazlar çok büyük oranda mikrobiyal kökenli ve *Bacillus*, *Aspergillus* ile *Rhizomucor* kaynaklıdır [20, 22, 23]. Yağların enzimatik modifikasyonu ise lipaz ve esterazlarla yürütülmektedir. Lipazlar, trigliseritleri, serbest yağ asitleri ile mono- ve di-gliseritlere parçalamaktadır. Lipazlar da hayvansal ve mikrobiyal kaynaklıdır. Ayrıca hayvansal kaynaklı enzimler içerisinde keçi pregastrik lipaz ve esterazı önemli bir yer tutmaktadır. Hayvansal kaynaklı olanlar *sn-1* ve *sn-3* pozisyonundan serbest yağ asidi kopartmakta ve bu şekilde özellikle *sn-3* pozisyonunda bulunan bütirik asit miktarını artırmaktadır. Mikrobiyal lipazlar da benzer şekilde etki göstermekte, ancak enzimin tipine göre etki pozisyonu ve etki yoğunluğu değişmektedir. Aynı zamanda mikrobiyal lipazlar, ucuz olduklarından, vejetaryenler için uygun olduklarından ve kalıntı amilaz içermediklerinden dolayı öne çıkmaktadırlar. Pregastrik esterazlar ise İtalyan peynirlerinin lezzetini andıran özgün lezzet maddelerinin üretilmesine çok uygundur [20, 23].

Uygun bir peynir lezzeti için kısa ve uzun zincirli serbest yağ asitleri arasındaki oran belirli bir dengede olmalıdır. Bu amaçla, yağların lipolitik modifikasyonunda esteraz-lipaz karışımının kullanılması önerilmektedir. Su-yağ arayüzünde gerçekleşmekte olan lipoliz reaksiyonu için emülsifikasyon işlemi belirleyici olmaktadır. Emülsiyon oluşumu ile yağ yüzey alanının artması ve bu arayüzde bulunan trigliseritlerin fazlaca yer alması ile de reaksiyon

hızında artış sağlanmaktadır. Sonuçta serbest bir karışımdan çok daha hızlı bir şekilde reaksiyon

oluşmaktadır [20].



Şekil 1. Taze peynirin (a) tek aşamalı şekilde, eşzamanlı proteoliz ve lipolizine dayanan EMP üretim tekniği; (b) kontrollü koşullarda, sırasıyla proteoliz ve lipolizine dayanan EMP üretim tekniği

Peynir lezzetinin elde edilmesinde proteoliz ve lipoliz ürünleri belirleyici iken, uygun oranlarda ve türlerde üretilmemeleri durumunda lezzet sorunlarına da neden olabilmektedirler. Bu durum, EMP üretiminde karşılaşılan en ciddi problemlerden birisidir [20, 24]. EMP üretiminde olgun peynirlerdekenden 4 kat kadar fazla miktarlarda peptit ve serbest aminoasit oluşmaktadır. Ancak aşırı proteoliz, peynir olgunlaşmasında da bilindiği üzere, acılık maddelerinin oluşumuna neden olabilmektedir [25]. Söz konusu acılıktan, 3-15 aminoasit içeren, β -kazeinden türetilen, hidrofobik, acı peptitler sorumludur. Acı peptitler, içeriğinde bulunan başta pirolin olmak üzere, lösin, izolösin, valin, fenilalanin, tirozin ve triptofan ile

karakterize olmaktadır. Bu peptitlerin hidrolizinin sürdürülerek, daha küçük peptitlere ve serbest aminoasitlere parçalanması durumunda ise acılık azalmaktadır. Ayrıca ortama olgun peynir veya glutamik asit ilavesi de acılığın maskelenmesine yardımcı olmaktadır [20, 26, 27]. Bilimsel literatürde, proteoliz ürünlerinden kaynaklı ortaya çıkan acı lezzeti EMP'de önlemek için yapılmış çeşitli çalışmalar bulunmaktadır [22, 26-30].

Son yıllarda EMP üretiminde starter kültür kullanımının denendiği çalışmalara da rastlanmaktadır. Bu kapsamda, EMP üretiminde, ısıl şokla zayıflatılmış *Lactobacillus helveticus* DPC 4571 kullanımı [27] ile küf

kullanımının (*Aspergillus niger* ve *Aspergillus oryzae*) [31] denendiği çalışmalar yapılmıştır. Buna karşın, EMP üretiminde starter kültür kullanımına dair literatürdeki bilgiler oldukça sınırlıdır [20].

EMP Kullanımı ve Avantajları

EMP, gıda reçetelerinde yegane peynir lezzet kaynağı olarak kullanılabilirdiği gibi, peynir lezzet yoğunluğunu arttırmak yada düşük lezzete sahip bir peynir ürününe spesifik bir peynir lezzeti kazandırmak için de kullanılabilir [10]. Endüstriyel olarak ise çorbalarda, salata soslarında, soslarda, çerez ve kuruyemişlerde, çerez çeşnilerinde, mezelerde, cipslerde, makarna ürünlerinde, dondurulmuş gıdalarda, hazır yemeklerde, mikrodalga ile ısıtılan hazır yemeklerde, konserve gıdalarda, krakerlerde, kek karışımlarında, bisküvilerde, fırın ve pastacılık ürünlerinde, tatlılarda, çikolata ve şekerleme sanayinde, dolgu ve kaplamalarda, omlerlerde, gratinlerde, blok veya sürülebilir eritme peynirlerinde, az yağlı veya yağsız peynirlerde, doğal peynir olgunlaşmasının hızlandırılmasında, peynir taklit ve benzerlerinde EMP kullanımı ile karşılaşılabilmektedir [10, 21, 32]. Günümüzde piyasada çok farklı peynir lezzetlerinde EMP bulunmaktadır. Cheddar, Colby, Provolone, Romano, Mozzarella, Parmesan, Brick, Feta, Blue, Gouda, İsviçre, Emmental, Gruyere gibi peynirlerin farklı lezzet yoğunluklarında EMP'leri üretilmiştir [10, 19, 32].

EMP kullanımının avantajları aşağıda sıralanmaktadır. Bunlar şu şekilde listelenebilir:

- Düşük yağlı ürün üretimi: EMP çok yoğun olgun peynir lezzetine sahip olduğundan, ürüne katılan toplam peynir oranını ve buna bağlı olarak yağ oranını azaltmaktadır. Bu özelliğiyle, yağ azaltılmış veya düşük yağlı ürünlerin üretiminde kullanılmaya çok uygundur [7, 10, 12, 20, 32, 33].
- Dondurulmuş gıdalarda kullanımı: Doğal peynirlerdeki proteinler, dondurulduklarında pıhtılaşmakta ve kumlu bir doku oluşturmaktadır. Oysaki EMP üretiminde, proteinler suda daha çok çözünebilir peptit ve aminoasitlere hidroliz olduklarından, EMP kullanımı ile üretilen dondurulmuş ürünlerde bu sorun aşılabilmektedir [9, 10, 20, 32].
- Düşük üretim/depolama maliyetleri: EMP üretiminde olgun peynir kullanılmamakta ve peynir lezzeti açısından en maliyetli kısım olan hammadde maliyetleri önemli ölçüde azalmaktadır. EMP üretim tekniği hem yüksek kapasiteli üretime uygundur, hem de kısa üretim süresine sahiptir. Özellikle toz formda üretilen EMP, düşük depolama maliyetlerine (depolama alanı, depolama koşulları) sahip olmaktadır [7, 10, 20, 21].
- Özellikle toz hale dönüştürüldüğünde, kullanıma hazır ve endüstriyel olarak kolay işlenebilirliğe sahip bir ürün ortaya çıkmaktadır [10].
- Doğal peynirlerin olgunlaştırılmasının hızlandırılmasında kullanılmaya çok uygundur [21].
- Farklı lezzet yoğunluklarında ürünlere ve ürün çeşitliliğine imkan sağlamaktadır [10, 32, 34, 35].

- Yoğun lezzete sahip olmasından dolayı, yeni ürünlerin geliştirilmesinde ek olanaklar yaratmaktadır [10].
- Standart ürün üretimi ve proses kontrolüne imkan sağlamaktadır [7, 10].
- EMP kullanımı ile çok daha kararlı bir son ürün elde edilebilmektedir [7, 10].
- Ürün fonksiyonel özelliklerini geliştirir: EMP kullanımı, son ürünün yağ oranını azalttığından düşük yağlı/kolesterolü ürünlere olanak sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, EMP'nin sağlık üzerinde kimi olumlu etkileri saptanmıştır. Aynı zamanda, EMP'ler ACE-inhibitörleri başta olmak üzere, önemli bir biyoaktif peptit kaynağıdır [20, 23, 36-39].
- Hatalı kesim, ambalaj hasarı vb nedenlerle hasar görmüş peynirler EMP üretim sürecinde değerlendirilebilmektedir [7].

Bilimsel Literatürde EMP

Piyasada çok çeşitli EMP'lerin bulunmasına karşın, bileşim ve proteolitik parametrelerine dair literatürdeki ilk çalışma 2000 yılında yayınlanmıştır. Bu çalışmada Avrupa'nın çeşitli yerlerindeki 8 ayrı tedarikçiden, ikisi toz formda olan 15 çeşit Cheddar lezzetli EMP'nin bileşimi ve temel proteolitik parametreleri incelenmiştir [40]. Aynı ekip, söz konusu EMP'lerin lipolitik ve glikolitik parametrelerini de incelemiştir. Örneklerin L- ve D-laktik asit konsantrasyonları ile serbest yağ asidi bileşimleri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, örneklerde dışarıdan laktik asit ve/veya asetat ilave edildiği saptanmıştır. Aynı zamanda örnekler Cheddar lezzetli olmasına karşın, kimilerinin üretiminde hammadde olarak İsviçre peynirinin kullanıldığı, bileşimde saptanan propiyonat dolayısıyla belirlenmiştir [24]. Yine aynı grubun bir diğer çalışması ise EMP'lerin duyuşal özellikleri üzerine olmuştur. Bu amaçla önceki çalışmalarda kullanılan Cheddar lezzetli EMP'ler ve 7 gün olgunluktaki Cheddar peyniri kullanılarak eritme peynirleri hazırlanmıştır. Duyusal panel için Cheddar koku ve tatları ile ilgili tanımlayıcı terimlerden yararlanılarak panelistler eğitilmiş, sonrasında ise üretilen eritme Cheddar peynirleri değerlendirilmiştir. Buna göre, Cheddar lezzetine yakın lezzetlerin elde edilebildiği, ancak yüksek kalitede ürün için daha çok çalışmanın yapılması gerektiği saptanmıştır [41]. Bu çalışmada saptanan olgun Cheddar lezzetine en yakın lezzetteki EMP, aynı ekip tarafından bir sonraki çalışmanın kontrol örneği olarak kullanılmıştır. Yeni çalışmada, 2 aşamalı bir üretim tekniği ile Cheddar lezzetli EMP üretiminde, farklı enzimlerin kullanımı denenmiştir. Öncelikle farklı enzimlerle proteoliz gerçekleştirilmiş, birincil ve ikincil proteoliz ürünleri saptanmıştır. Kontrol örneğine en yakın sonuçların elde edildiği enzim kombinasyonu ile üretilen EMP, farklı enzimlerle lipolize tabi tutulmuştur. Son üründeki lipoliz düzeyi ile kontrol grubu kıyaslanmıştır. Bu üretim tekniği ve analiz yöntemi ile duyuşal olarak kontrole yakın sonuçlar veren EMP üretilenmiştir [11].

EMP'lerin ürünlere uygulanmasına dair çalışmalara da literatürde son 10 yıldır rastlanmaktadır. Olgun Cheddar üretiminde EMP kullanımının olgunlaşma sürecine

etkisinin incelendiği bir çalışmada, tuzlama aşamasında peynire EMP ilave edilmiş ve üretilen peynirler 6 ay olgunlaştırılmıştır. Çalışmada EMP dışında taze Cheddar'dan üretilmiş olan peynir tozu kullanımı da denenmiştir. Çalışma sonucunda EMP kullanımı ile 6 aylık olgun Cheddar lezzetinin 4 ay sonunda elde edilebildiği belirlenmiştir [21]. Yapılan bir başka çalışmada, taze peynir ve EMP'nin beraber kullanımı ile üretilen ve olgun peynir kullanılarak üretilen eritme peynirleri kıyaslanmıştır. EMP kullanımı sayesinde olgun peynir kullanımına ihtiyaç kalmadığı tespit edilmiştir [34]. Bir diğer çalışmada ise taklit peynir üretiminde EMP kullanımı denenmiştir. Kullanılan EMP örneklerinin lipoliz düzeylerinin son ürün lezzetini doğrudan etkilediği saptanmıştır. Aynı zamanda, son ürün pH'sının azalmasının, lezzet üzerindeki EMP etkisini artırdığı belirlenmiştir [42]. Taklit peynir üretimi üzerine yapılan bir diğer çalışmada, peynirdeki yağ oranı artışının lezzet üzerindeki EMP etkisini artırdığı belirlenmiştir. Bu durum, EMP'nin büyük oranda yağda çözünen lezzet bileşenlerine sahip olması ile açıklanmıştır [43]. Krema peyniri üretiminde EMP kullanımının incelendiği bir çalışmada ise düşük yağlı krema peynirlerinde EMP kullanımının duysal özellikleri geliştirdiği saptanmıştır [33].

EMP'nin fiziksel özelliklerinin saptanması için literatürde yapılmış olan çalışmalar, hamur formunda üretilmiş EMP'lerin reolojik davranışlarının belirlenmesi ile sınırlı kalmıştır. Viskozimetre kullanılarak yapılan bir çalışma sonucunda EMP'nin tiksotropik bir akışkan özelliği gösterdiği saptanmıştır [44]. Bir diğer çalışmada ise EMP üretimindeki enzim dozajı, sıcaklık ve karıştırma hızının viskozite üzerindeki etkileri fuzzy modeli ile saptanmaya ve genetik algoritma ile optimize edilmeye çalışılmıştır [45].

EMP hamur ve toz formları olmak üzere iki şekilde piyasada bulunmaktadır. EMP'nin toz formda üretilmesi için ek olarak püskürtmeli kurutma işleminin uygulanması gerekmektedir. EMP tozu sadece daha kararlı yapıda ve uzun raf ömrüne sahip bir ürün değildir. Aynı zamanda, depolanma alanı ihtiyacını azaltan, oda koşullarında depolanabilen, kolaylıkla taşınabilen, çok daha ekonomik bir üründür. Bunların yanı sıra, EMP hamurunun endüstriyel olarak uygulanabilirliği sınırlıdır; EMP tozu her tür ürüne katılabilmekte, kullanıma hazır olma özelliğinden dolayı sadece endüstriyel değil, evsel tüketime de olanak sağlamaktadır. Ancak kurutma işlemi eşzamanlı ısı ve kütle transferi barındıran bir işlem olması nedeniyle lezzette değişimlere ve özellikle uçucu lezzet bileşenlerinde kayıplara neden olabilmektedir [12, 24]. Bunun yanı sıra, yağlı ürünlerin kurutulmasında çeşitli zorluklarla karşılaşılabilen, toz ürünün fiziksel özellikleri düşük olabilmekte, üretimde ve depolamada enzimatik olmayan esmerleşme ve oksidasyon gibi çeşitli sorunlarla karşılaşılabilir. Bu genel bilgilere karşın, püskürtmeli kurutma işleminin uçucu lezzet bileşenleri üzerindeki etkilerine dair çok az sayıda çalışma bulunmaktadır [46]. Püskürtmeli kurutma işleminin EMP üzerindeki etkilerine dair ise bilimsel literatürde sadece tek bir çalışma ile karşılaşılabilir. Bu çalışmada, püskürtmeli kurutma işleminin EMP tozu

eldesindeki kullanımı, yanıt yüzey yöntemi ile optimize edilmeye çalışılmıştır. Ancak bu çalışmada yöntemin uygulanması, deneme tasarımı, istatistiksel analiz oldukça sorunlu şekilde uygulanmış, elde edilen modellerde hiyerarşiye uyulmamış, teorik optimizasyonun doğrulaması yapılmamıştır. Aynı zamanda optimizasyonda sadece nem ve randımana bakılmış, yani EMP'de önemli olan hiçbir parametre incelenmemiştir [47]. Özetle, püskürtmeli kurutma işleminin EMP üretimindeki etkilerine dair bilimsel literatürde somut bir veriye rastlanmadığını söylemek yanlış olmayacaktır.

Uçucu bileşenlerin kurutma sürecindeki kaybını önlemek için uygulanabilecek yöntemlerden birisi mikroenkapsülasyondur. Ürünlerdeki duyarlı bileşiklerin kapsüller içerisinde hapsedilmesine dayanan mikroenkapsülasyon işleminin EMP üretiminde kullanımına dair literatürde tek bir çalışma ile karşılaşılabilir. Bu çalışmada, 3 farklı kaplama materyalinin (modifiye nişasta, maltodekstrin ve gam arabik) ve 2 farklı emülsifikasyon cihazının (Ultra-Turrax ve Ultra-Turrax) kullanımının mikroenkapsülasyon verimine etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda modifiye nişasta ve ultrason uygulaması ile en iyi sonuçların alındığı saptanmıştır [48]. Ancak bu konudaki çalışmaların artırılması gerekmektedir.

EMP ve Sağlık

EMP'lerin ekonomik ve doğal bir lezzet katkısı olmasının yanında, sağlık açısından çeşitli olumlu özelliklere sahip olduğu ve katıldığı ürünlerin fonksiyonelliğini olumlu etkilediği, son yıllarda yapılan çeşitli çalışmalarla belirlenmiştir. Süt peptitleri "opioid peptitler"dir ve bu peptitler sinir sisteminde aktif bir rol oynamaktadır. Bu peptitlerin bebeklerde alerjik reaksiyonları yatıştırdığı ve sindirim sistemindeki mukozal bağıışıklığı artırdığı; dolayısıyla bağıışıklık sisteminin gelişimini düzenlediği düşünülmektedir [23]. Alerjenlerin etki mekanizması oldukça karmaşıktır, ancak etki gösterebilmeleri için ince bağırsakta emilmeleri gerekmektedir. Normalde ince bağırsaktaki epitellerde makromoleküllerin geçişi engellenmektedir, ancak küçük miktarlardaki diyet proteinleri bu bariyeri aşarak emilebilmektedir. İnce bağırsaktaki mukoza bariyerinin güçlendirilmesi ve bu emilimin önlenmesi ile alerjik etki durdurulabilmektedir. Geçmiş çalışmalarda, peynirin enzimatik hidrolizi sonucu ortaya çıkan, α_{s2} -kazein kökenli bir peptit izole edilmiş ve bu peptidin gıda alerjisine karşı etkili olduğu, ince bağırsaktaki mukoza bariyerini güçlendirdiği belirlenmiştir [37]. Sonrasında ise EMP'de bu tip bir özelliğın varlığı araştırılmıştır. Yapılan çalışmada EMP'nin fareler üzerindeki uygulamaları ile bu emilmenin engellendiği kanıtlanmıştır [38]. Buradan hareketle yapılan en son çalışmada ise, ince bağırsaktaki mukoza bariyerindeki fonksiyon bozukluğundan kaynaklanan iltihabi bağırsak hastalığı üzerine EMP kullanımının etkisi araştırılmıştır. Yine hayvan deneyleri ile desteklenen sonuçlara göre, EMP'nin olumlu etkileri tespit edilmiştir [39].

EMP'lerin sağlığa etkileri açısından önemli bir diğer konu ise biyoaktif peptitlerdir. Süt proteinlerinin %80'ini

oluşturan kazein, kendi başına iken herhangi bir özgün fizyolojik özelliğe sahip değildir. Ancak peptitlere parçalandığında durum değişmektedir. Kazeinin hidrolizi ile oluşan çeşitli peptitlerin çok farklı yararlı/fonksiyonel özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Bu biyoaktif peptitlerden en bilineni ACE-inhibitör peptitlerdir. Bu peptitler, kan damarlarının çevresindeki kasların daralmasına neden olan kimyasal maddenin (angiotensin II) oluşumunu sınırlandırarak, kan basıncının yükselmesini önlemektedir [23, 36, 47,49]. Ancak kazeinin hidrolizi ile elde edilen bu yararlı biyoaktif peptitlerin hidrolizinin devam etmesi durumunda, bu biyoaktif peptitler, özgün bir özelliği olmayan daha küçük ve inaktif peptitlerle aminoasitlere parçalanır. Dolayısıyla, kazeinin kontrollü hidrolizi gerekmektedir. EMP üretiminde enzimatik aktivite ısı ile durdurulabildiğinden, kazeinin kontrollü hidrolizi sağlanabilmektedir [49]. EMP üretimi sırasında biyoaktif peptit oluşumu deneysel olarak da saptanmıştır [36].

EMP'lerin antimikrobiyal etkileri üzerine de çalışmalar yapılmıştır. Laktoferrin ve laktoferrisin gibi kimi protein ve peptitler ile uçucu, orta ve uzun zincirli serbest yağ asitlerinin, düşük miktarlarda iken antimikrobiyal özelliklerinin olduğu bilinmektedir. EMP'lerin pek çoğunda, %20'ye yakın oleik asit olduğu, yine laurik, linoleik ve linolenik asitlerin de yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu saptanmıştır [24]. Özellikle laurik ve steirik asitlerin antibotulinal etkileri bilinmektedir. Buradan hareketle, *C.botulinum* gelişiminin ve toksin oluşturmasının önlemesine dair EMP kullanımının etkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışmada yağ içeriğinin etkisi de tartışılmış ancak çelişkili sonuçlar elde edilmiştir [50].

SONUÇ

Ülkemizde katkı maddesi üretiminde gelişmeler olmakla beraber, kalite ve çeşitlilik açısından sorunlar sürmekte, halen endüstride kullanılan katkıların önemli bir kısmı ithal edilmektedir. Peynir lezzeti sağlayan doğal katkı maddesi kapsamında, son yıllarda peynir tozu üretimini yapılabilmekte, ancak peynir tozunun maliyetinin yüksekliğinden ötürü endüstriyel olarak yabancı peynir lezzetlerinin egemenliği sonlandırılmamaktadır. Bu da yerli peynir lezzeti sağlayan doğal katkıların ülkemizdeki durumunu açıkça gözler önüne sermektedir. Piyasadaki peynir lezzeti içeren ürünlerin hemen hemen tamamı Cheddar lezzetini taşımaktadır. EMP konusunda ise yerli üreticilerimizin kimi girişimleri olmakla beraber, toz formda EMP eldesinin gerçekleştirilemediği bilinmektedir. Peynir lezzet katkılarının üretimi alanında yapılacak bilimsel çalışmalar, hem endüstriyel üretimin desteklenmesi ve çeşitlendirilmesine, hem de bilimsel literatürde var olan boşlukların doldurulmasına yardımcı olacaktır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, "Olgun beyaz peynir lezzetine sahip mikroenkapsüle enzim modifiye peynir tozu üretimi" başlıklı 115O229 numaralı projeye mali desteğinden ve ilgisinden dolayı TÜBİTAK'a (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) teşekkür etmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Fox, P.F., McGuffey, R.K., Shirley, J.E., Cogan, T.M., 2011. History of Dairy Science and Technology. In Encyclopedia of Dairy Sciences, Edited by J.W. Fuquay, P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, Elsevier Academic Press, London, UK.
- [2] Britz, T.J., Robinson, R.K., 2008. Advanced Dairy Science and Technology. Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- [3] IDF, 2012. The World Dairy Situation 2012. Bulletin of the International Dairy Federation, 458/2012. IDF, Brussels, Belgium.
- [4] Fox, P.F., 2011. History of Dairy Products and Processes. In Encyclopedia of Dairy Sciences, Edited by J.W. Fuquay, P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, Elsevier Academic Press, London, UK.
- [5] Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H., 2000. Fundamentals of Cheese Science, Aspen Publication, Gaithersburg, Maryland, USA.
- [6] Guinee, T.P., Kilcawley, K.N., 2004. Cheese as an Ingredient. In Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Edited by P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, T.M. Cogan, T.P. Guinee, Elsevier Academic Press, London, UK.
- [7] West, S., 2007. Production of flavours, flavour enhancers and other protein-based speciality products. In Novel Enzyme Technology for Food Application, Edited by R. Rastall, CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- [8] Guinee, T.P., 2011. Cheese as a Food Ingredient. In Encyclopedia of Dairy Sciences, Edited by J.W. Fuquay, P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, Elsevier Academic Press, London, UK.
- [9] Missel, D., 1996. Selecting the right ingredients for adding the flavor of cheese. *Food Product Design* 6(5): 51-61.
- [10] Kilcawley, K.N., Wilkinson, M.G., Fox, P.F., 1998. Enzyme-modified cheese. *International Dairy Journal* 8(1): 1-10.
- [11] Kilcawley, K.N., Wilkinson, M.G., Fox, P.F., 2006. A novel two-stage process for the production of enzyme-modified cheese. *Food Research International* 39: 619-627.
- [12] Sibeijn, M., Wouters, J.A., 2009. Production of dairy aromas and flavors: New directions. In Dairy-Derived Ingredients: Food and Nutraceutical Uses, Edited by M. Corredig, CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- [13] Guinee, T.P., 2011. Pasteurized Processed Cheese Products. In Encyclopedia of Dairy Sciences, Edited by J.W. Fuquay, P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, Elsevier Academic Press, London, UK.
- [14] Han, X.Q., Silver, R.S., Brown, P.H., 2001. Enzyme-modified cheese flavorings. United States Patent, US 6.251.445.B1.
- [15] Han, X.Q., Silver, R.S., Brown, P.H., 2002. Enzyme-modified cheese flavorings. European Patent Application, EP 1.053.689.A3.

- [16] Crow, V.L., Curry, B.J., Hayes, M., Holland, R., Samal, P.K., Schofield, R.H., 2003. Cheese flavor ingredient and method of its production. WO 2003.047358.A1.
- [17] Law, B.A., 2010. Enzymes in Dairy Product Manufacture. In *Enzymes in Food Technology*, Edited by R.J. Whitehurst, M. van Oort, Wiley-Blackwell, West Sussex, UK.
- [18] Erbay, Z., 2013. Püskürtmeli Kurutucuda Beyaz Peynir Üretim Optimizasyonu ve Peynir Suyu ile Maltodekstrin Kullanımının Ürün Kalitesi ve Depolama Stabilitesi Üzerine Etkisi. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bornova, İzmir.
- [19] Moskowitz, G.J., Noelck, S.S., 1987. Enzyme-modified cheese technology. *Journal of Dairy Science* 70: 1761-1769.
- [20] Wilkinson, A.G., Doolan, I.A., Kilcawley, K.N., 2011. Enzyme-Modified Cheese. In *Encyclopedia of Dairy Sciences*, Edited by J.W. Fuquay, P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, Elsevier Academic Press, London, UK.
- [21] Hannon, J.A., Kilcawley, K.N., Wilkinson, M.G., Delahunty, C.M., Beresford, T.P., 2006. Production of ingredient-type Cheddar cheese with accelerated flavor development by addition of enzyme-modified cheese powder. *Journal of Dairy Science* 89: 3749-3762.
- [22] Azarnia, S., Lee, B.H., Yaylayani, V., Kilcawley, K.N., 2010. Proteolysis development in enzyme-modified Cheddar cheese using natural and recombinant enzymes of *Lactobacillus rhamnosus* S93. *Food Chemistry* 120: 174-178.
- [23] Kilara, A., Chandan, R.C., 2011. Enzyme-modified dairy ingredients. In *Dairy Ingredients for Food Processing*, Edited by R.C. Chandan, A. Kilara, Wiley-Blackwell, West Sussex, UK.
- [24] Kilcawley, K.N., Wilkinson, M.G., Fox, P.F., 2001. A survey of lipolytic and glycolytic end-products in commercial Cheddar enzyme-modified cheese. *Journal of Dairy Science* 84: 66-73.
- [25] Topçu, A. 2004. Kaşar ve Beyaz Peynirlerde Acılışmaya Yol Açan Peptidlerin Saptanması ve Acılışmada Depolama Koşulları ile Starter Kültürlerin Etkisinin İncelenmesi. Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- [26] Habibi-Najafi, M.B., Lee, B.H., 2007. Debittering of tryptic digests from β -casein and enzyme modified cheese by x-prolyl dipeptidylpeptidase from *Lactobacillus casei* ssp. LLG. *Iranian Journal of Science and Technology, Transaction A* 31: No.A3.
- [27] Lee, B.H., Kilcawley, K.N., Hannon, J.A., Park, S.Y., Wilkinson, M.G., Beresford, T.P., 2007. The use of viable and heat-shocked *Lactobacillus helveticus* DPC 4571 in enzyme-modified cheese production. *Food Biotechnology* 21(2): 129-143.
- [28] Park, S.Y., Gibbs, B.F., Lee, B.H., 1995. Effects of crude enzyme of *Lactobacillus casei* LLG on water-soluble peptides of enzyme-modified cheese, *Food Research International* 28(1): 43-49.
- [29] Sudhir, K., Jha, Y.K., Pratibha, S., 2010. Influence of adjuncts as a debittering aids in encountering the bitterness developed in cheese slurry during accelerated ripening. *International Journal of Food Science and Technology* 45: 1403-1409.
- [30] Kumar, S., Jha, Y.K., Singh, P., 2013. Influence of adjuncts as debittering aids on the sensory and biochemical properties of enzyme modified cheese-base. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B - Biological Sciences* 83(3): 347-355.
- [31] Moosavi-Nasab, M., Radi, M., Jouybari, H.A., 2010. Investigation of enzyme modified cheese production by two species of *Aspergillus*. *African Journal of Biotechnology* 9(4): 508-511.
- [32] Socol, C.R., Medeiros, A.B.P., Vandenberghe, L.P.S., Woiciechowski, A.L., 2007. Flavor compounds produced by fungi, yeasts, and bacteria. In *Handbook of Food Products Manufacturing*, Edited by Y.H. Hui, Wiley-Blackwell, West Sussex, UK.
- [33] Miri, M.A., Habibi-Najafi, M.B., 2011. The effect of adding enzyme-modified cheese on sensory and texture properties of low- and high-fat cream cheeses. *International Journal of Dairy Technology* 64(1): 92-98.
- [34] Hassan, A.N., Awad, S., Mistry, V.V., 2007. Reduced fat process cheese made from young reduced fat Cheddar manufactured with exopolysaccharide-producing cultures. *Journal of Dairy Science* 90(8): 3604-3612.
- [35] Amelia, I., Drake, M.A., Nelson, B., Barbano, D.M., 2013. A new method for the production of low-fat Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science* 96: 4870-4884.
- [36] Haileselassie, S.S., Lee, B.H., Gibbs, B.F. 1999. Purification and identification of potentially bioactive peptides from enzyme-modified cheese. *Journal of Dairy Science* 82(8): 1612-1617.
- [37] Tanabe, S., Isobe, N., Miyauchi, E., Kobayashi, S., Suzuki, M., Oda, M., 2006. Identification of a peptide in enzymatic hydrolysate of cheese that inhibits ovalbumin permeation in Caco-2 cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(18): 6904-6908.
- [38] Isobe, N., Suzuki, M., Oda, M. Tanabe, S., 2008. Enzyme-modified cheese exerts inhibitory effects on allergen permeation in rats suffering from indomethacin-induced intestinal inflammation. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry* 72(7): 1740-1745.
- [39] Yamasaki, H., Mitsuyama, K., 2014. Enzyme-modified cheese suppresses intestinal inflammation in rats. Japan Digestive Disease Week 2014, International Session Workshop-1, October 24, 2014.
- [40] Kilcawley, K.N., Wilkinson, M.G., Fox, P.F., 2000. A survey of the composition and proteolytic indices of commercial enzyme-modified Cheddar cheese. *International Dairy Journal* 10: 181-190.
- [41] Hulin-Bertaud, S., Kilcawley, K.N., Wilkinson, M.G., Delahunty, C.M., 2000. Sensory and compositional relationships between commercial Cheddar-flavored enzyme-modified cheeses and

- natural Cheddar. *Journal of Food Science* 65(6): 1076-1082.
- [42] Noronha, N., Cronin, D.A., O’Riordan, D., O’Sullivan, M., 2008. Flavouring of imitation cheese with enzyme-modified cheeses (EMCs): Sensory impact and measurement of aroma active short chain fatty acids (SCFAs). *Food Chemistry* 106: 905-913.
- [43] Noronha, N., Cronin, D.A., O’Riordan, D., O’Sullivan, M., 2008. Flavouring reduced fat high fibre cheese products with enzyme-modified cheeses (EMCs). *Food Chemistry* 110: 973-978.
- [44] Jao, Y.C., Chen, A.H., Chaudhari, R.V., Goldstein, W.E., 1981. Rheology of enzyme modified cheese. *Journal of Food Science* 46(1): 254-262.
- [45] Mohebbi, M., Barouei, J., Akbarzadeh-T, M.R., Rowhanimanesh, A.R., Habibi-Najafi, M.B., Yavarmanesh, M., 2008. Modeling and optimization of viscosity in enzyme-modified cheese by fuzzy logic and genetic algorithm. *Computers and Electronics in Agriculture* 62: 260-265.
- [46] Varming, C., Beck, T.K., Petersen, M.A, Ardo, Y., 2011. Impact of processing steps on the composition of volatile compounds in cheese powders. *International Journal of Dairy Technology* 64(2): 197-206.
- [47] Amighi, F., Emam-Djomeh, Z., Madadlou, A. 2013. Spray drying of ACE-inhibitory enzyme-modified white cheese. *International Journal of Food Science and Technology* 48: 2276-2282.
- [48] Mongenot, N., Charrier, S., Chalier, P., 2000. Effect of ultrasound emulsification on cheese aroma encapsulation by carbohydrates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48(3): 861-867.
- [49] Madadlou, A., Sheehan, D., Emam-Djomeh, Z., Mousavi, M.E., 2011. Ultrasound-assisted generation of ACE-inhibitory peptides from casein hydrolyzed with nanoencapsulated protease. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91(11): 2112-2116.
- [50] Glass, K.A., Johnson, E.A., 2004. Antagonistic effect of fat on the antitubulinal activity of food preservatives and fatty acids. *Food Microbiology* 21: 675-682.
-
-