

Enzim Modifiye Peynir ve Üretim Teknikleri

Enise Betül Bolat¹  , Zafer Erbay² ¹Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Sarıçam, Adana²Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Sarıçam, Adana

Geliş Tarihi (Received): 03.10.2020, Kabul Tarihi (Accepted): 05.03.2022

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): enisebetul.blt@gmail.com (E.B. Bolat)

☎ 0 322 455 00 00 📠 0 322 455 00 09

ÖZ

Peynir lezzeti sağlayan katkılar, çeşitli gıdaların formülasyonlarında, peynir lezzeti vermek veya peynir lezzetini arttırmak için kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde ve bilimsel literatürde peynir lezzet katkılarına olan talep ve ilgi son yıllarda artış göstermektedir ve bunlar içerisinde en dikkat çekicisi enzim modifiye peynir (EMP)'dir. EMP, peynir lezzetini geliştirmek veya yoğunlaştırmak için taze peynirin kontrollü koşullarda enzimle işlenmesi sonucu elde edilen ürüne denilmektedir. EMP üretiminde peynirin taze hali veya pıhtısı homojen ve kararlı bir akışkana dönüştürülüp, dışarıdan ilave edilen proteolitik ve lipolitik enzimlerle işlenir ve daha sonra ısı ile enzimatik reaksiyonlar durdurularak üretim tamamlanır. EMP üç farklı yöntem ile üretilebilmektedir: (1) tek hammaddeden, proteolizin ve lipolizin sırasıyla gerçekleştirildiği iki aşamalı üretim tekniği, (2) farklı hammaddelerde ayrı ayrı lipolizin ve proteolizin gerçekleştirilip, uygun oranlarda karıştırıldığı bileşen bazlı üretim yaklaşımı ve (3) tek hammaddede, tek aşamada, eşzamanlı proteoliz ve lipolizin gerçekleştirildiği tek aşamalı üretim tekniği. Tercih edilecek üretim tekniği ve üretim parametreleri, istenilen lezzette ve kararlılıkta bir EMP ürünü elde etmek için önem arz etmektedir. Bu çalışmada, doğal peynir lezzet katkısı olarak EMP açıklanmış, EMP üretimi ve üretim tekniklerine odaklanarak, literatür çalışmaları derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Peynir, Lezzet katkısı, Enzim modifiye peynir, Proteoliz, Lipoliz

Enzyme-Modified Cheese and Production Techniques

ABSTRACT

Cheese flavor ingredients are used to give or enhance cheese flavor in the formulations of various foods. The demand and interest in cheese flavor ingredients in the food industry and scientific literature have increased in recent years, and the most notable one among them is enzyme-modified cheese (EMC). EMC is the product obtained by processing fresh cheese with enzymatic treatments under controlled conditions to improve or intensify cheese flavor. In EMC production, fresh form or cheese curd of targeted cheese is transformed into homogeneous and stable slurry; and processed with exogenous proteolytic and lipolytic enzymes, then the production is completed by stopping the enzymatic reactions with heat treatment. EMC can be produced with three different production techniques; (1) a two-stage production technique in which proteolytic and lipolytic reactions are carried out in sequence from a single substrate, (2) a component-based production approach in which proteolysis and lipolysis performed separately in different raw materials and the mid products are blended in appropriate proportions, (3) one-stage production technique in which lipolytic and proteolytic reactions simultaneously occur from a single substrate. The production technique and parameters are important in order to obtain desired flavor and to produce a stable EMC product. In this study, as a natural cheese flavor ingredient, EMC was described and the scientific studies were reviewed by focusing on the production and production techniques of EMC.

Keywords: Cheese, Flavor ingredient, Enzyme-modified cheese, Proteolysis, Lipolysis

GİRİŞ

Peynir lezzeti, çok çeşitli gıda ürünlerinde bulunması arzu edilen bir lezzettir. Gıdalara peynir lezzetinin kazandırılması veya gıdada var olan peynir lezzetinin artırılabilmesi için lezzet verici/artırıcı olarak peynirler doğrudan kullanılabilir. Ancak, istenilen lezzet etkisini sağlayabilmek için peynirlerin olgunlaştırıldıktan sonra kullanılması gerekmektedir. Bununla birlikte, olgun peynirlerin lezzet katkısı olarak doğrudan kullanımlarında çeşitli sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu sorunlar; standart olmayan veya yetersiz peynir lezzeti, son üründe aşırı laktoz veya yağ düzeyleri, ürünlere doğrudan işlenmesinde uygulanabilirlik sorunları ve olgunlaşma sürecinin uzunluğundan kaynaklı yüksek maliyetler olarak sıralanabilir. Bütün bu sorunlara çözüm arayışları, alternatif peynir lezzet katkılarının geliştirilmesini sağlamıştır [1-3]. Peynir lezzeti sağlayan katkılar genellikle doğal ve sentetik olarak iki grupta toplanırlar. Peynir lezzetinin karmaşık ve dinamik yapısı nedeniyle sentetik olarak peynir lezzetinin üretilmesi zor ve maliyetlidir. Ayrıca son yıllarda doğal ürünlere yönelik artan eğilim sonucu sentetik lezzet katkıları tercih edilmemektedir. Peynir lezzeti sağlayan doğal lezzet katkıları grubunda ise iki farklı seçenek bulunmaktadır: peynir tozu ve enzim modifiye peynir (EMP).

Bir katkı maddesi, lezzet verici veya bileşen olarak peynir lezzetini üretmenin en basit yolu, peynirin emülsifiye edici tuzlarla işlenmesi sonucu (ısı ve mekanik etki ile) elde edilen homojen peynir bulamacının püskürtmeli kurutma ile toz formuna dönüştürülmesidir. Son yıllarda, peynir tozu ile ilgili yapılmış bilimsel çalışmaların arttığı görülmektedir [4-19]. Peynir tozu üretim tekniği ile olgun peynirler toz haline dönüştürülerek endüstriyel açıdan daha uygun hale getirilmektedir. Fakat hammadde olarak olgun peynirlerin kullanılması ile olgun peynirlerin kullanımından kaynaklı yaşanan sorunlar (olgunlaşma sürecinden kaynaklı yüksek maliyetler, standart ürün eldesinde sorunlar vb) peynir tozu için de geçerli olmaktadır. Ek olarak, püskürtmeli kurutma işlemi sırasında gerçekleşen lezzet kayıpları gibi bazı teknik sorunlarla karşılaşmaktadır [18]. Diğer bir alternatif doğal lezzet bileşeni olan EMP'de ise, hammadde olarak taze peynir veya pıhtı kullanılmakta ve olgunlaşma süreci kontrollü koşullarda taklit edilmektedir. Bu şekilde, olgun peynir kullanımına olan bağımlılık ortadan kalkmakta ve olgun peynir kullanımından kaynaklanan sorunlar da aşılabilmektedir [3, 20]. Son yıllarda EMP üretimi konusuna olan ilgi dünyada ve Türkiye'de artmış, bu kapsamda çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmaların da bir sonucu olarak, artık ülkemizde de farklı lezzetlerde EMP'ler üretilmekte ve endüstriyel olarak kullanımı yaygınlaşmaktadır. EMP üretimi ve özellikleri ile ilgili ülkemizde tamamlanmış çeşitli araştırma projeleri bulunmakta beraber, bu konuda Türkçe literatürdeki bilginin sınırlı olduğu görülmektedir.

ENZİM MODİFİYE PEYNİR (EMP)

Peynir lezzetini geliştirmek veya yoğunlaştırmak için, taze peynirin kontrollü koşullarda enzimle işlenmesi

sonucu elde edilen ürüne EMP denilmektedir [1]. EMP'lerde, olgun peynirde bulunan lezzetin 15-30 kat daha yoğun haline 1-7 gün gibi kısa sürelerde ulaşılabilmektedir [2, 21]. Yüksek lezzet yoğunluğu nedeniyle EMP'ler, gıdalara genellikle çok düşük seviyelerde (%0.1-2.0, w/w) eklenir. Lezzet yoğunluğunun yanında, düşük yağlı ürünlerin üretimine uygun olması ve dondurulmuş gıdalarda kullanılabilmesi gibi avantajları da bulunmaktadır. Ayrıca endüstriyel kullanımındaki kolaylık, düşük üretim/depolama maliyetleri, proses kontrolü ve standart ürün üretimi gibi açılardan da diğer peynir lezzeti kaynaklarına göre daha avantajlıdır. EMP ile ilgili herhangi bir tebliğ veya standart bulunmamakla beraber, sıvı ve toz formda üretilen EMP'lerden sıvı olanların nem içeriğinin genellikle %40-60 ve toz formdakilerinin ise %5-10 aralığında olduğu bilinmektedir [2, 22]. EMP'lerde kalıntı enzim aktivitesinin bulunmaması gerekmektedir [20]. EMP, peynir lezzeti içeren salata soslarında, soslarda, çorbalarda, mezelerde, çeşnilerde, kuruyemiş ve çerezlerde, çipslerde, krakerlerde, bisküvilerde, fırın ve pastacılık ürünlerinde, kek karışımlarında, tatlılarda, çikolata ve şekerleme sanayinde, makarna ürünlerinde, dondurulmuş gıdalarda, hazır yemeklerde, konserve ürünlerinde, dolgu ve kaplamalarda, omeletlerde, gratinlerde, blok veya sürülebilir eritme peynirlerinde, az yağlı veya yağsız peynirlerde, doğal peynir olgunlaşmasının hızlandırılmasında, peynir taklit ve benzerlerinde kullanılmaktadır [2, 23, 24].

EMP ile ilgili Yapılan Çalışmalar

EMP'nin gıda formülasyonlarında çok farklı ürünlere katıldığı bilinmektedir ve bu kapsamda da literatürde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar içerisinde özellikle düşük yağlı ürünlerin üretilmesi ön plana çıkmıştır. Bu kapsamda az yağlı Cheddar üretiminde [25, 26], az yağlı eritme peyniri üretiminde [24], az ve çok yağlı krema peyniri üretiminde [28] ve taklit peynir üretiminde [29, 30] düşük yağlı ürünün lezzet özelliklerini geliştirmek üzere EMP kullanımı denenmiştir. Bunların yanı sıra, formülasyonda EMP'nin denendiği eritme peyniri üretimi çalışmaları [31] ve peynir olgunlaşmasını hızlandırmak amacıyla EMP'nin peynir üretiminde kullanıldığı çalışmalar [23] da literatürde bulunmaktadır.

Günümüzde, Cheddar (farklı olgunluklarda) başta olmak üzere, Blue, Emmental, Edam, Gouda, Parmesan, Brick, Gruyere, keçi peyniri, koyun peyniri, Feta, Ezine gibi çok farklı peynirlerin lezzetlerine sahip EMP'ler piyasada ticari birer ürün olarak bulunmaktadır [1, 2, 22, 24]. Ticari EMP'lerin incelendiği çalışmalarda, aynı firmalar tarafından farklı dönemlerde üretilen ürünlerde standart kalitenin elde edilebildiği görülmüştür. Buna karşın, farklı firmalar tarafından üretilen ve aynı peynir lezzetini taşıdığı belirtilen EMP'lerin hem birbirlerinden, hem de temsil ettiği olgun peynirlerden ciddi farklılıklar barındırdığı saptanmıştır [32-34]. Lezzet özelliklerindeki bu farklılıkların oluşmasında en önemli etkenlerden biri, hammadde olarak kullanılan taze peynirin özellikleridir. Bunun yanı sıra üretim tekniği, işlem koşulları ile lezzet üzerinde belirleyici etkisi olan bileşiklerin oluşumu için özel işlemlerin uygulanması veya bu bileşiklerin

dışarıdan ilave edilmesi de EMP lezzeti üzerinde etkili diğer faktörlerdir [3]. Ticari Cheddar EMP'lerinde çok farklı oranlarda laktik asit ve asetat saptanmış, bu farklılığın iki nedeninin; hammadde olarak kullanılan taze Cheddar peynirlerinin özellikleri ve kimi örneklerle bu bileşiklerin dışarıdan ilave edilmesi olduğu vurgulanmıştır [33]. Bazı ticari Cheddar EMP'lerinde ise propiyonat saptanmıştır ve bunun hammaddeye katılan İsviçre tipi peynirlerden kaynaklandığı iddia edilmiştir [33]. Benzer şekilde, Parmesan lezzetine sahip EMP'lerde yüksek miktarda asetik asit saptanmış ve Parmesan peynirinin karakteristik lezzetinde etkili olan bu bileşiğin dışarıdan ilave edildiği fikrine varılmıştır [35]. Mavi damarlı peynir lezzetine sahip ve Türkiye'de üretilen bir ticari EMP'nin ise taze peynir veya pıhtıdan değil, doğrudan doğruya kremadan üretildiği ve üretimlerinde küf kullanıldığı, bileşim ve uçucu bileşik analizleriyle gösterilmiştir [35]. Yine Türkiye'de üretilen ve keçi peyniri lezzetine sahip bir ticari EMP'nin üretiminde, özgün lezzetin oluşumu için yüksek şiddette ısı işlem uygulandığı, üründe ısı işlem kaynaklı uçucu bileşiklerin saptanmasıyla anlaşılmıştır [35].

EMP Üretimi

Farklı peynir lezzetlerinde EMP'ler günümüzde endüstriyel olarak üretilmektedir, ancak bu ürünlerin üretim tekniklerine yönelik bilgi ve üretim yöntemlerinin ayrıntıları patentler aracılığıyla veya ticari gerekçelerle saklanmaktadır. Konu ile ilgili bilimsel literatürdeki çalışmaların sayısı da oldukça az olduğundan konu hakkındaki bilgi çok sınırlıdır.

EMP üretimindeki temel hedef; peynir lezzetinin standart olarak ve kısa sürede elde edilmesidir. Bu açıdan peynir lezzetinin oluşum sürecinde belirleyici olan peynir olgunlaşması, EMP üretiminde taklit edilmeye çalışılmaktadır. Peynir olgunlaşmasında 3 temel biyokimyasal yolun/mekanizmanın etkili olduğu bilinmektedir [36]. Bunlardan ilki kalıntı laktoz, laktat ve sitrat metabolizmasıdır. Bu sürecin ilk adımı olan kalıntı laktozun parçalanması önemli ölçüde olgunlaşmanın ilk ayı içerisinde gerçekleşmekte ve sonrasındaki mekanizmalar peynir tipine ve kullanılan yardımcı kültürle ilgili olarak ciddi çeşitlilik içermektedir. Bununla beraber, peynir lezzetinde ve olgunlaşmasında en belirleyici mekanizmaların proteoliz ve lipoliz süreçleri olduğu düşünülmektedir. Proteoliz ve lipoliz süreçleri sadece birincil parçalanma ürünleri ile değil, ikincil süreçlerle de (serbest yağ asidi ve serbest aminoasit katabolizması) olgun peynir lezzeti üzerinde belirleyici etkilere sahiptir [36].

EMP üretiminde peynir olgunlaşmasının kontrollü koşullarda ve hızlandırılmış şekilde taklit edildiği vurgulanmıştır. Bu kapsamda 3 temel biyokimyasal yoldan ilki, hedeflenen peynir lezzetine uygun olan bir taze peynirin hammadde olarak kullanılması ile belirli ölçülerde sağlanır. Buna ek olarak, ikincil kültürlerin üretimde kullanımı ile bu süreç geliştirilebilir [37]. Bununla beraber, EMP üretiminin merkezi, peynir olgunlaşmasında belirleyici olan proteolizin ve lipolizin taklididir. Bu doğrultuda, hedeflenen peynir lezzetine ulaşmak için EMP üretiminde kullanılan taze peynire

dışarıdan proteolitik ve lipolitik enzimler ilave edilir ve belirli inkübasyon koşullarında enzimatik reaksiyonlar gerçekleştirilir. Burada enzimatik reaksiyonların etkin gerçekleşebilmesi ve homojen ürün elde edilebilmesi için hammadde olarak kullanılan taze peynirin, proteolitik ve lipolitik enzimlerin ilavesi öncesinde, homojen ve kararlı bir akışkana dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu akışkanın enzimlerle işlenmesi sonrasında ise ısı işlemle enzimatik reaksiyonlar durdurulmaktadır [2, 3, 38].

EMP üretiminde kullanılan enzim tipleri ve miktarları, işlem parametreleri (sıcaklık, pH, inkübasyon süresi, karıştırma hızı vb) gibi değişkenler, istenilen ve kararlı bir EMP ürünü elde etmek için üretim sürecinde önem arz etmektedir [36]. Bu etmenler, üretim tekniklerine ve istenilen peynir lezzetine göre farklılık göstermektedir. Ayrıca, EMP üretiminde emülgatör veya stabilizör olarak mono/digliseritler, fosfatlar, sitrik asit ve/veya ksantan gam kullanılabilir; formülasyona antioksidan olarak tokoferol gibi yağda çözünen vitaminler ilave edilebilmektedir [40]. Lezzet üzerindeki etkisinden ötürü, üretim sırasında bileşime ekstra tereyağı veya krema ilavesi yapılabilir ve lezzeti geliştirmek için üretimde monosodyumglutamat, maya ekstraktı, tuz, organik asitler ve/veya starter kültür ekstraktları da (mevzuata uygunluğunu gözetmek ve etikette belirtmek şartıyla) kullanılabilir [2, 38].

Literatürde, EMP'nin üretimine odaklanan ve üretim teknikleri ile üretim parametrelerini değerlendiren çalışmaların sayısı oldukça azdır (Tablo 1). Bu çalışmaların sayısı az olduğu gibi, bu çalışmalarda incelenen peynir lezzetlerinin çeşitliliği de oldukça azdır. Özgün bir peynir lezzetinden ziyade genel bir peynirimsi lezzetin elde edilmesine çalışılan çalışmaların yanı sıra, Cheddar, olgun beyaz peynir, lighvan peyniri gibi birkaç özel peynir lezzetinin elde edilmesine yönelik çalışmalara literatürde rastlanmıştır. Bu alandaki temel çalışmalar İrlanda'daki bir araştırma ekibi tarafından gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar bir dizi makalede basılarak paylaşılmıştır [32-34, 41]. Bu çalışma dizisinde, Cheddar lezzetine sahip EMP üretimi hedeflenmiş ve bu amaçla öncelikle piyasada bulunan Cheddar lezzetine sahip ticari EMP'lerin özellikleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu EMP'ler içerisinde duyuşal özellikleri açısından en uygun olanı seçilmiş ve bu EMP'nin özelliklerine en yakın EMP "iki aşamalı üretim tekniği" ile üretilmeye çalışılmıştır. Üretimde kullanılabilecek uygun enzimler ve inkübasyon koşulları saptanmıştır. Hemen hemen aynı yöntemi kullanarak, soya sütü ve inek sütü karışımından, genel bir peynir lezzetine sahip EMP üretimi Ali ve ark. [42, 43] tarafından gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, EMP üretiminin optimizasyonu ile EMP tozu üretiminde püskürtmeli kurutma işleminin optimizasyonu amaçlı çeşitli çalışmalar da yapılmıştır, ancak belirlenen modellerin istatistiksel uygunluğu tartışmalı olduğundan ve çalışma sonuçlarının doğrulamaları yapılmadığından çok güvenilir sonuçlar elde edilememiştir [44-46]. Aynı ekip tarafından yapılan diğer çalışmada, soya ve inek sütü karışımından üretilen toz EMP hamur formülasyonuna eklenerek, EMP'nin hamur özelliklerine ve ekmek lezzetine etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucu, EMP

ilavesinin, hamur yapısını ve ekmek aromasını geliştirdiği ifade edilmiştir [47]. EMP üretimi ile ilgili ülkemizdeki bir araştırma grubu tarafından yürütülen bir dizi çalışmada ise geçmiş çalışmalardan farklı olarak, o dönem piyasada bulunmayan bir EMP lezzeti üretilmeye çalışılmıştır [22, 35, 48-51]. Bu amaçla, olgun "beyaz peynir" lezzetinin üretilmesi hedeflenmiş ve "iki aşamalı üretim tekniği" kullanılmıştır. Piyasada ticari bir örneği bulunmadığından, hedeflenen ürünün fizikokimyasal özelliklerinin ve/veya lezzet özelliklerinin nasıl olması gerektiği önemli bir sorundur. Bundan dolayı, öncelikle Türkiye'de üretilen ticari EMP'lerin özellikleri, daha sonra ise farklı bölgelerden toplanmış ticari olgun beyaz peynir örnekleri ve lezzeti incelenmiştir [22, 35, 48]. Buradan elde edilen bilgi ile üretilecek EMP'nin özelliklerine dair temel bilgi sağlanmış, sonrasında olgun beyaz peynir lezzetine sahip EMP üretiminde proteoliz ve lipoliz aşamaları ayrı ayrı ve ayrıntılı olarak incelenmiştir [49, 50]. Proteoliz aşamasında farklı endopeptidaz ve ekzopeptidaz enzimlerinin tek tek ve birlikte kullanımları denenmiş ve

en uygun enzim kombinasyonu ile enzimatik reaksiyon koşullarına karar verilmiştir [49]. Sonrasında ise farklı lipolitik enzimlerle çalışılarak olgun beyaz peynir lezzetine sahip EMP üretiminde formülasyon ve işlem koşulları optimize edilmiştir [50]. Aynı ekip tarafından yapılan bir diğer çalışmada, olgun beyaz peynir lezzetine sahip sıvı EMP, püskürtmeli kurutma ile toz forma dönüştürülmüştür. Bu çalışmada, püskürtmeli kurutma proses koşullarının EMP tozunun bileşim, fiziksel ve morfolojik özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Bunun yanı sıra, püskürtmeli kurutma işleminin serbest yağ asidi ve uçucu bileşikler üzerindeki etkileri de incelenmiştir [51].

Yine son yıllarda yapılan bir başka çalışmada, İran yöresel peyniri olan Lighvan peyniri lezzetine sahip EMP üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretimde iki proteolitik enzim kullanılarak farklı enzim konsantrasyonları ile inkübasyon süreleri çalışılmıştır. Çalışma kapsamında üretilen EMP örneklerinin duyuşal özellikleri incelenmiştir [52].

Tablo 1. Enzim modifiye peynir üretimi ile ilgili bilimsel literatürde yapılmış çalışmalar (listelenen çalışmaların tamamı iki aşamalı üretim tekniği ile gerçekleştirilmiştir)

Table 1. Studies in the scientific literature on enzyme modified cheese production (all of the listed studies were carried out with a two-stage production technique)

Kaynak	Hedef	Değişkenler	Değişkenler / Karar Verme Yöntemleri	Sonuçlar
Kilcawley ve ark. [41]	Cheddar lezzetine sahip ticari EMP'ye en yakın ürünü elde etmek	Farklı proteolitik ve lipolitik enzimler	Proteolitik Enzimler: 4 farklı endopeptidaz (Glutaminase F; Protease A Amano6; Bioprotease A; Neutrase) ile 1 ekzopeptidaz (Debitrase DBP20) birlikte denenmiştir. Lipolitik Enzimler: 3 farklı lipaz (Lipomod 338; Palatase; Lipase AY30 Amano) denenmiştir. Karar: Duyusal analiz ile uygun enzimlere karar verilmiştir.	Uygun Enzimler: Neutrase™ + Debitrase DBP20 ve Lipase AY30 Amano. İnkübasyon Hedefi: ~%55 suda çözünür azot; ~20 asitlik derecesi. İnkübasyon Kosulu: 45°C, 24 saat, 500 rpm (proteoliz ve lipoliz için ayrı ayrı).
Barkat ve ark. [42]	Soya sütü-yağsız süt karışımı yapılan taze peynirden EMP üretmek	Farklı proteolitik ve lipolitik enzimler	Proteolitik Enzimler: 5 farklı endopeptidaz (Protease M Amano; Protease P Amano; ProteAX; Neutrase; Flavourzyme) ile 1 ekzopeptidaz (Peptidase R) birlikte denenmiştir. Lipolitik Enzimler: 3 farklı lipaz (Lipase AY30 Amano; Lipase MER Amano; Lipase DF Amano) denenmiştir. Karar: Duyusal analiz ile uygun enzimlere karar verilmiştir.	Uygun Enzimler: Flavourzyme™+ Peptidase R ve Lipase DF Amano. İnkübasyon Kosulu: 45°C, 24 saat, 500 rpm (proteoliz ve lipoliz için ayrı ayrı).
Barkat ve ark. [43]	Taze beyaz peynirden EMP üretmek	Farklı proteolitik ve lipolitik enzimler	Proteolitik Enzimler: 5 farklı endopeptidaz (Protease M Amano; Protease P Amano; ProteAX; Neutrase; Flavourzyme) ile 1 ekzopeptidaz (Peptidase R) birlikte denenmiştir. Lipolitik Enzimler: 3 farklı lipaz (Lipase AY30 Amano; Lipase A Amano; Lipase MER Amano) denenmiştir. Karar: Duyusal analiz ile uygun enzimlere karar verilmiştir.	Uygun Enzimler: Flavourzyme™+ Peptidase R ve Lipase MER Amano. İnkübasyon Kosulu: 45°C, 24 saat, 500 rpm (proteoliz ve lipoliz için ayrı ayrı).
Bas ve ark. [49]	Olgun beyaz peynir lezzetinde EMP üretmek (Proteoliz aşaması)	Farklı proteolitik enzimler ve inkübasyon süreleri	Proteolitik Enzimler: 2 farklı endopeptidaz (Neutrase™; Promod™ 215MDP) ile 3 farklı ekzopeptidazın (Flavourzyme™; Flavorpro™ 937MDP; Flavorpro™ Umami) birlikte kullanımı (6 enzim kombinasyonu) denenmiştir. İnkübasyon Süresi: 3 farklı inkübasyon süresi (4, 8 ve 12 saat). Karar: Duyusal analiz ve toplam uçucu bileşik miktarı ile uygun koşullara karar verilmiştir.	Uygun İnkübasyon Kosulu: Neutrase™ + Flavorpro™937MDP ile 45°C, 12 saat, 250 rpm.
Kendirci ve ark. [50]	Olgun beyaz peynir lezzetinde EMP üretmek (Lipoliz aşaması)	Farklı lipolitik enzimler ve inkübasyon süreleri	Lipolitik Enzimler: 4 farklı lipaz (Palatase® 20000 L; Piccantase® A; Lipomod™ 801MDP; Lipomod™ 34MDP) denenmiştir. İnkübasyon Süresi: 3 farklı inkübasyon süresi (24, 36 ve 48 saat). Karar: Duyusal analiz, serbest yağ asidi profili ve uçucu bileşik dağılımları birlikte değerlendirilmiştir, uygun koşullara karar verilmiştir.	Uygun İnkübasyon Kosulu: Piccantase® A ile 45°C, 24 saat, 250 rpm veya Lipomod™ 801MDP ile 45°C, 48 saat, 250 rpm.

EMP Üretim Yöntemleri

Literatüre göre, üç farklı üretim yöntemi ile EMP üretilebilmektedir [1, 2, 37]. Üretim amaçlı gerçekleştirilen çalışmalar, özgün peynir lezzetine

ulaşmak amacıyla yapılmış ve bu doğrultuda farklı üretim tekniklerinin kullanılabileceği belirtilmiştir [21, 41]. Bu tekniklerin temel avantaj ve dezavantajları Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2. Enzim modifiye peynir üretiminde kullanılan farklı tekniklerin avantaj ve dezavantajları

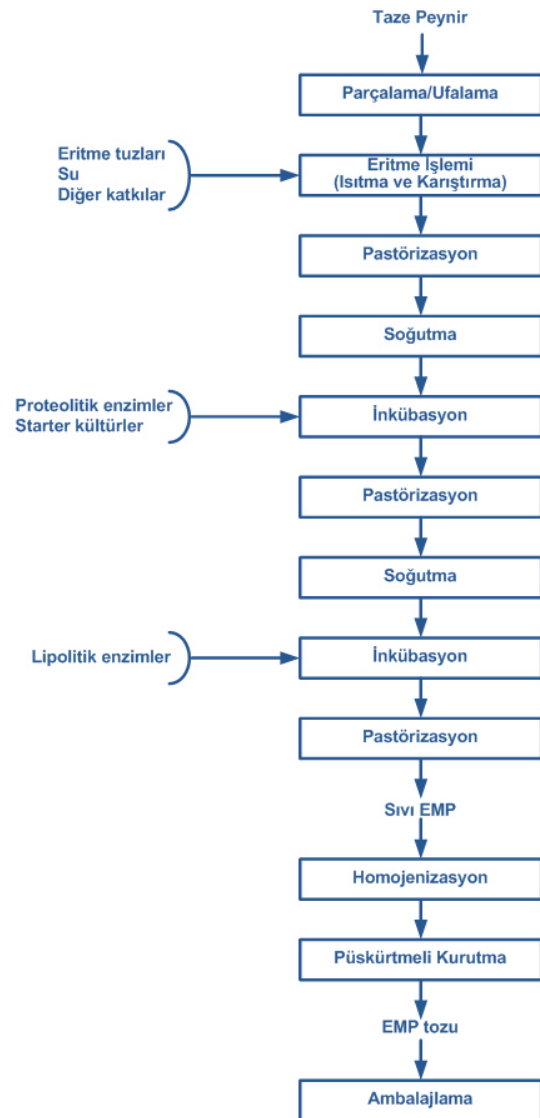
Table 2. Advantages and disadvantages of different techniques used in enzyme modified cheese production

Üretim Tekniği	Avantajları	Dezavantajları
İki aşamalı üretim tekniği	1. Proses tasarım/optimizasyonunda kolaylık 2. Sürekli üretim sistemine uygunluk	1. Görece uzun işlem süresi 2. Çok sayıda ısıtma işlemi içermesi
Bileşen bazlı üretim yaklaşımı	1. Proses tasarım/optimizasyonunda kolaylık 2. Ürün lezzetini çeşitlendirmede kolaylık	1. Üretimde çok sayıda ekipman gerekliliği 2. Sürekli üretim sistemine uygun olmaması 3. Lezzet bileşiklerinin çeşitliliğindeki azlık
Tek aşamalı üretim tekniği	1. Düşük üretim maliyeti 2. Üretimde az sayıda ekipman gerekliliği 3. Sürekli üretim sistemine uygunluk 4. Az sayıda ısıtma işlemi içermesi	1. Proses tasarım/optimizasyonunda zorluk 2. Öngörülmesi güç enzimatik etkileşimler

EMP üretiminde kullanılan en yaygın teknik "iki aşamalı üretim tekniği"dir. Bu üretim tekniği, aynı zamanda, deneysel çalışmalara dayanan literatür verisine ulaşılabilen tek tekniktir. Bu teknikte hammadde sırasıyla proteoliz ve lipoliz reaksiyonlarına tabi tutulur. Bu amaçla taze peynir kontrollü koşullarda, önce proteolize uğratılmakta, proteoliz sonucu enzimatik aktivite ısıtma işlemiyle durdurulmakta, sonrasında ise ürün lipolitik enzimlerle muamele edilmektedir [21, 41]. Üretim akışı şematik olarak Şekil 1'de gösterilen bu yöntem sayesinde, tek bir hammadde kullanılarak, çok farklı peynir lezzetlerine ulaşılabilmektedir. Aşamalı gerçekleştirilen işlem sayesinde, enzimatik reaksiyonların kontrolü, hedeflenen ürüne göre üretim koşullarının öngörülmesi ve ayarlanması mümkün olmaktadır. Aşamaların ayrı ayrı optimizasyonu yapılabilmekte ve bu şekilde sürekli üretim sistemleri tasarlanabilmektedir. Bu anlamda, özgün bir peynir lezzetine ulaşılması açısından ve/veya yeni ürün geliştirilmesi açısından oldukça uygun bir yöntemdir. Ancak, bu üretim tekniği iki ayrı enzimatik reaksiyon süreci içermektedir. Uygulanan enzimatik işlemler, beraberinde ek işlemleri (pastörizasyon ve soğutma) gerektirmektedir. Dolayısıyla, artan işlem basamakları ile üretim süresi uzamaktadır. Ek olarak iki enzimatik reaksiyon süreci, bu reaksiyonların durdurulması için iki kez ısıtma uygulamasını gerektirmekte ve ekstra ısıtma işlem uygulamasından kaynaklı son ürün lezzetinde kimi istenmeyen değişiklikler gerçekleşebilmektedir.

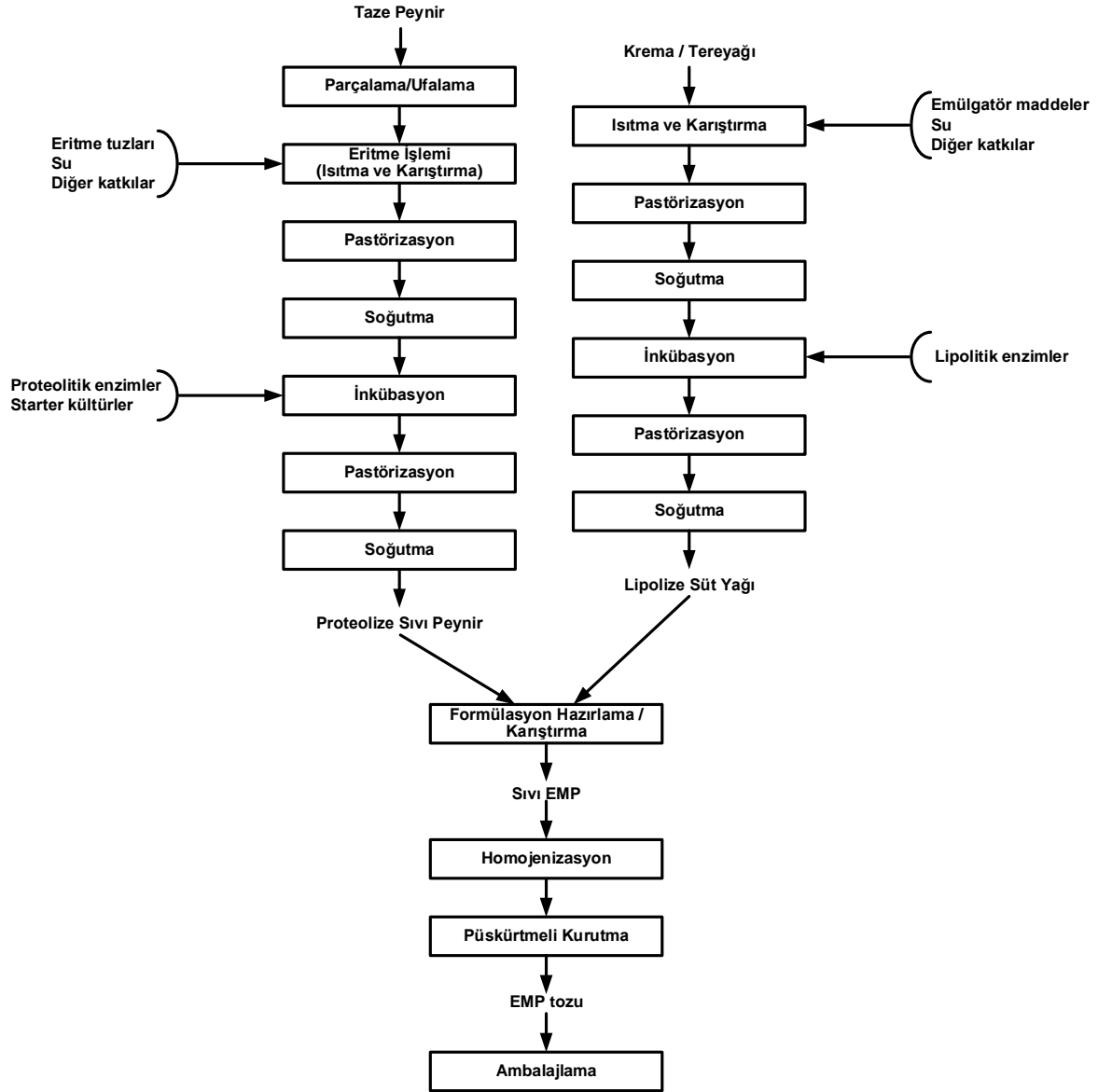
EMP üretiminde diğer bir üretim tekniği "bileşen bazlı üretim yaklaşımı" olarak isimlendirilmektedir [2, 37]. Bu üretim tekniğinde lipoliz ile proteoliz farklı hammaddelerde ayrı ayrı gerçekleştirilmektedir ve ayrı ayrı hammaddelerle gerçekleştirilen iki ayrı enzimatik reaksiyon sonucu iki ayrı ara ürün elde edilmektedir. Şekil 2'de gösterildiği üzere, krema veya sadeyağın lipolizi ile elde edilen ara ürün (lipolize süt yağı) ve taze peynirin proteolizi ile elde edilen ara ürün (proteolize sıvı peynir) istenilen oranlarda karıştırılarak EMP üretilmektedir [2, 37]. Bu yöntemde, lipoliz ve proteolizin tamamen ayrı ortamlarda gerçekleştirilmesi sonucu standart lezzetlerin elde edilmesi kolaylaşmakta, lezzet karışımları ile farklı ürünlerin elde edilmesi mümkün olmakta ve her bir ara ürünün ayrı ayrı üretim optimizasyonu sağlanabildiğinden, optimizasyon açısından ciddi avantajlar barındırmaktadır. Ancak, bu yöntemle sürekli üretim mümkün değildir ve bundan dolayı endüstriyel üretime çok uygun değildir. Aynı zamanda, proteoliz ürünlerinin lipolitik enzimlerle veya lipoliz ürünlerinin

proteolitik enzimlerle işlenmesi sonucu ortaya çıkabilen lezzet bileşiklerinin elde edilmesi mümkün değildir. Bundan dolayı, kimi özgün peynir lezzetlerinin bu yöntemle elde edilemeyeceği öngörülmektedir.



Şekil 1. İki aşamalı üretim tekniği ile EMP üretimi [37, 41]

Figure 1. EMP production with two-stage production technique [37, 41]



Şekil 2. Bileşen bazlı üretim yaklaşımı ile EMP üretimi [2, 37, 38]

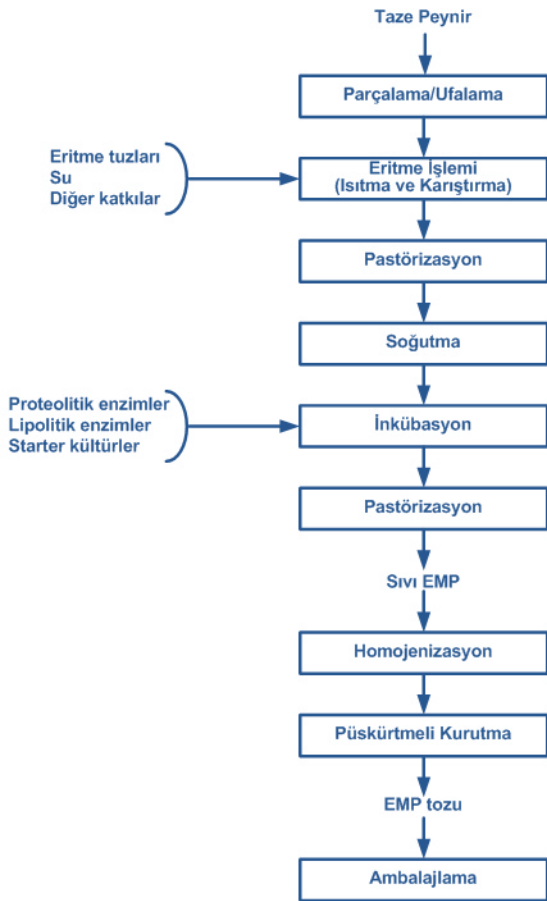
Figure 2. EMP production with component-based manufacturing approach [2, 37, 38]

EMP üretiminde kullanılabilecek son üretim tekniği ise tek bir hammaddeden, tek bir reaktör veya tankta, proteoliz ve lipolizin eşzamanlı olarak gerçekleştirilmesine dayanan “tek aşamalı üretim tekniği”dir (Şekil 3). Üretimin tek aşamada gerçekleştirilebilmesi sadece üretim sürecini kısaltmamakta, aynı zamanda ihtiyaç duyulan ısı işlem adedini de azaltmaktadır. Buna ek olarak, tüm süreç tek bir ekipmanda, sürekli üretim sistemi olarak kolaylıkla tasarlanabilmekte ve üretim maliyetleri diğer tüm EMP üretim tekniklerine oranla düşük olmaktadır. Tüm bu nedenlerle “tek aşamalı üretim tekniği” ile EMP üretimi endüstriyel açıdan çok daha uygun bir üretim tekniğidir. Ancak tüm bu avantajlarına karşın, bu yöntemle EMP üretiminde istenilen lezzete ulaşabilmek için üretimin optimizasyonunda ciddi güçlükler bulunmaktadır. Optimizasyonu zorlaştıran konuların başında, proteolitik ve lipolitik enzimlerin eşzamanlı çalışmalarının ürün kalite özellikleri üzerine yaratabileceği etkiler vardır ve

bu etkilerin öngörülmesinde ciddi zorluklar bulunmaktadır. Enzimlerin eşzamanlı faaliyetlerinin ve birbirleri üzerindeki etkilerinin saptanması güçtür. Eşzamanlı enzim uygulaması ile enzimlerin birbirlerinin faaliyetlerini yavaşlatması/durdurması mümkündür ve bu durum standart bir son ürün eldesinde sorunlara neden olabilir. Ancak, literatürde yapılmış bazı çalışmalar değerlendirildiğinde, proteolitik ve lipolitik enzimlerin eşzamanlı kullanımının, enzimatik reaksiyonların hızını yavaşlatmak zorunda olmadığı, hatta kimi durumlarda sinerjistik etki göstererek hızlandırdığı görülmektedir.

Fox, NovoNordisk A/C (Bagsvaerd, Danimarka) firmasındaki EMP üretiminde bir lipolitik enzimle (Palatase) proteazın eşzamanlı olarak çalıştırılabildiğini bildirmiştir [53]. Benzer şekilde, Haileselassie'nin aktardığına göre ise ImperialBiotech EMP üretiminde bir proteolitik-lipolitik enzim karışımını eşzamanlı olarak kullanmıştır [54]. Lin ve Jeon [55] yaptıkları çalışmada,

proteolitik ve lipolitik enzimlerin birlikte kullanımının yağların lipolizini olumlu etkilediğini ve lipoliz ürünlerinde belirgin artışların görüldüğünü saptamışlardır. Bu durumun mekanizması ile ilgili çalışmada herhangi bir açıklama veya yorum yapılmamakla beraber, enzimatik aktivitenin pek çok faktörden (süre, sıcaklık, pH, nem içeriği, emülgatör, tuz ve/veya öncül maddelerin varlığı vb) etkilenebildiği bilinmektedir [56]. Süt proteinlerinin hidrolizi ile emülgatör özelliği gelişkin peptitlerin oluşabileceği [57] ve yüzey aktif bileşenlerin varlığının lipolitik aktiviteyi arttırdığı [2, 55] bilinmektedir. Buradaki süreçlerde de proteolitik aktivite sonucu artan yüzey aktif bileşenler ile emülsiyon kararlılığının lipolitik aktiviteyi desteklemiş olması mümkündür. Benzer şekilde, 2 farklı küften elde edilen kaba enzim ekstraktların EMP üretiminde eşzamanlı kullanımı ile olumlu sonuçlar alındığı rapor edilmiştir [58]. Ancak, bu konudaki veri sınırlıdır ve proteolitik-lipolitik enzimlerin eşzamanlı kullanımı ile olası sinerjistik etkilerin, her farklı çeşit EMP'nin üretiminde, deneysel olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.



Şekil 3. Tek aşamalı üretim tekniği ile EMP üretimi [2, 37, 38]

Figure 3. EMP production with one-stage production technique [2, 37, 38]

SONUÇ

EMP'nin doğal lezzet katkısı olarak kullanımı son yıllarda hem gıda sanayinde artmış, hem de bilimsel literatürde konu ile ilgili yayınlanan makaleler çeşitlenmiştir. Gıda sanayinde çeşitli gıdaların

formülasyonlarında kullanılmak üzere farklı peynir lezzetlerine sahip ticari EMP'ler üretilmektedir. Buna rağmen EMP'nin üretimi ile ilgili çalışmalar literatürde oldukça sınırlı sayıdadır. Yapılan çalışmalarda şu ana kadar EMP üretiminde sadece "iki aşamalı üretim tekniği"nin kullanıldığı ve bu teknikle sadece Cheddar ve olgun beyaz peynir üretimlerinin incelendiği görülmektedir. Her bir peynir lezzeti için farklı enzimlerle ve işlem koşullarıyla çalışılması gerektiği de göz önüne alındığında, farklı peynir lezzetlerinde EMP üretimi ile ilgili çalışmalara bilimsel literatürde ihtiyaç bulunmaktadır. Ayrıca, her bir üretim tekniğinin kendisine özgü avantajları vardır. Bu anlamda, sadece "iki aşamalı üretim tekniği"nin değil, çok farklı peynir lezzetlerinin elde edilebilmesinde kimi kolaylıklar sağlayan "bileşen bazlı üretim tekniği"nin ve/veya üretim maliyetlerinin düşüklüğü, işlem süresinin kısalığı, ekipman ihtiyacının azlığı ve sürekli üretime uygunluğu gibi özellikleriyle endüstriye çok uygun olan "tek aşamalı üretim tekniği"nin denenmesi ve hatta birbirleriyle kıyaslanması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, "Tek Aşamalı Üretim Tekniği ile Enzim Modifiye Peynir Üretimi" başlıklı 120O115 numaralı projeye mali desteğinden ve ilgisinden dolayı TÜBİTAK'a (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) teşekkür etmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Moskowitz, G.J., Noelck, S.S. (1987). Enzyme-modified cheese technology. *Journal of Dairy Science*, 70(8), 1761-1769.
- [2] Kilcawley, K.N., Wilkinson, M.G., Fox, P.F. (1998). Enzyme-modified cheese. *International Dairy Journal*, 8(1), 1-10.
- [3] Erbay, Z., Baş, D., Kendirci, P., Çam, M., Kelebek, H., Salum, P., Selli, S. (2016). Lezzet katkısı olarak peynir ve enzim modifiye peynir tekniğinde güncel durum. *Academic Food Journal/Akademik Gıda*, 4(2), 209-217.
- [4] Erbay, Z., Koca, N., Kaymak-Ertekin, F., Ucuncu, M. (2015). Optimization of spray drying process in cheese powder production. *Food and Bioprocess Processing*, 93, 156-165.
- [5] Koca, N., Erbay, Z., Kaymak-Ertekin, F. (2015). Effects of spray-drying conditions on the chemical, physical, and sensory properties of cheese powder. *Journal of Dairy Science*, 98(5), 2934-2943.
- [6] Erbay, Z., Koca, N. (2015). Effects of whey or maltodextrin addition during production on physical quality of white cheese powder during storage. *Journal of Dairy Science*, 98(12), 8391-8404.
- [7] Erbay, Z., Koca, N. (2019). Effects of using whey and maltodextrin in white cheese powder production on free fatty acid content, nonenzymatic browning and oxidation degree during storage. *International Dairy Journal*, 96, 1-9.
- [8] Sahin, C.C., Erbay, Z., Koca, N. (2018). The physical, microstructural, chemical and sensorial properties of spray dried full-fat white cheese

- powders stored in different multilayer packages. *Journal of Food Engineering*, 229, 57-64.
- [9] Urgu-Ozturk, M., Kaymak-Ertekin, F., Koca, N. (2021). Production of reduced-fat white cheese powder: The effects of fat reduction and microparticulated protein usage on the characteristics of the cheese powder during storage. *Powder Technology*, 391, 510-521.
- [10] da Silva, D.F., Larsen, F.H., Hougaard, A.B., Ipsen, R. (2017). The influence of raw material, added emulsifying salt and spray drying on cheese powder structure and hydration properties. *International Dairy Journal*, 74, 27-38.
- [11] da Silva, D.F., Ahrne, L., Larsen, F.H., Hougaard, A.B., Ipsen, R. (2018). Physical and functional properties of cheese powders affected by sweet whey powder addition before or after spray drying. *Powder Technology*, 323, 139-148.
- [12] da Silva, D.F., Hirschberg, C., Ahrné, L., Hougaard, A.B., Ipsen, R. (2018). Cheese feed to powder: Effects of cheese age, added dairy ingredients and spray drying temperature on properties of cheese powders. *Journal of Food Engineering*, 237, 215-225.
- [13] da Silva, D.F., Vlachvei, K., Tziouri, D., Hougaard, A.B., Ipsen, R., Ahrné, L. (2019). Cheese powder as emulsifier in oil-in-water (O/W) emulsions: Effect of powder concentration and added emulsifying salt during cheese powder manufacture. *Food Science & Technology*, 103, 266-270.
- [14] da Silva, D.F., Vlachvei, K., Geng, X., Ahrné, L., Ipsen, R., Hougaard, A.B. (2020). Effect of cheese maturation on physical stability, flow properties and microstructure of oil-in-water emulsions stabilised with cheese powders. *International Dairy Journal*, 103, 104630.
- [15] da Silva, D.F., Tziouri, D., Ahrné, L., Bovet, N., Larsen, F.H., Ipsen, R., Hougaard, A.B. (2020). Reconstitution behavior of cheese powders: Effects of cheese age and dairy ingredients on wettability, dispersibility and total rehydration. *Journal of Food Engineering*, 270, 109763.
- [16] da Silva, D.F., Tziouri, D., Ipsen, R., Hougaard, A.B. (2020). Towards the manufacture of camembert cheese powder: Characteristics of cheese feeds without emulsifying salts. *LWT-Food Science and Technology*, 127, 109412.
- [17] da Silva, D.F., Wang, H., Czaja, T.P., van den Berg, F., Kirkensgaard, J.J.K., Ipsen, R., Hougaard, A.B. (2021). Effects of homogenization and pH adjustment of cheese feed without emulsifying salt on the physical properties of high fat cheese powder. *Powder Technology*, 378, 227-236.
- [18] Varming, C., Beck, T.K., Petersen, M.A., Ardö, Y. (2011). Impact of processing steps on the composition of volatile compounds in cheese powders. *International Journal of Dairy Technology*, 64(2), 197-206.
- [19] Varming, C., Andersen, L.T., Petersen, M.A., Ardö, Y. (2013). Flavour compounds and sensory characteristics of cheese powders made from matured cheeses. *International Dairy Journal*, 30(1), 19-28.
- [20] 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, 288.
- [21] 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, 183-204.
- [22] Erbay, Z., Salum, P., Gövce, G. (2017). Türkiye’de üretilen enzim modifiye süt ürünlerinin lipolitik ve proteolitik olgunlaşma düzeylerinin incelenmesi. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 23(7), 919-925.
- [23] 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(10), 3749-3762.
- [24] Soccol, C.R., Medeiros, A.B.P., Vandenberghe, L.P.S., Woiciechowski, A.L. (2007). Flavor Compounds Produced by Fungi, Yeasts, and Bacteria. Handbook of Food Products Manufacturing, Edited by Y.H. Hui, Wiley-Blackwell, West Sussex, UK, 179-191.
- [25] Farkye, N.Y., Arnold, M. (2008). A novel technology for making lowfat cheese. *Symposium Dairy Foods: Advances in Low Fat Cheese Research*, July 7-11, 2008, Indiana, USA, Joint Annual Meeting Abstracts, 154.
- [26] Amelia, I., Drake, M., Nelson, B., Barbano, D.M. (2013). A new method for the production of low-fat Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 96(8), 4870-4884.
- [27] Hassan, A.N., Awad, S., Mistry, V.V. (2007). Reduced fat process cheese made from young reduced fat cheddar cheese manufactured with exopolysaccharide-producing cultures. *Journal of Dairy Science*, 90(8), 3604-3612.
- [28] 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.
- [29] Noronha, N., Cronin, D.A., O’Riordan, E.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(3), 905-913.
- [30] Noronha, N., Cronin, D., O’Riordan, D., O’Sullivan, M. (2008). Flavouring reduced fat high fibre cheese products with enzyme modified cheeses (EMCs). *Food Chemistry*, 110(4), 973-978.
- [31] Habibi-Najafi, M.B., Sabouri, S., Mahallati, M.N. (2010). Formulation optimization of process cheese using enzyme modified cheese. *International Conference of Food Science and Technology 2010*, Mar 22-24, 2010, Chester, UK, Abstracts, 43.
- [32] 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(3), 181-190.

- [33] 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(1), 66-73.
- [34] 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.
- [35] Salum, P., Erbay, Z., Selli, S. (2019). The compositional properties, proteolytic-lipolytic maturation parameters and volatile compositions of commercial enzyme-modified cheeses with different cheese flavours. *International Journal of Dairy Technology*, 72(3), 416-426.
- [36] McSweeney, P.L. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 127-144.
- [37] Erbay, Z., Salum, P., Kilcawley, K.N. (2020). Enzyme Modified Cheese. Agents of Change: Enzymes in Milk and Dairy Products, Edited by A.L. Kelly, L.B. Larsen, Springer International Publishing (Verlag), New York, 785.
- [38] Wilkinson, A.G., Doolan, I.A., Kilcawley, K.N. (2011). Enzyme-Modified Cheese. Encyclopedia of Dairy Sciences, Edited by, J.W. Fuquay, P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, Elsevier Academic Press, London, UK, 799.
- [39] Bolat, E.B., Erbay, Z. (2019). Enzim modifiye peynir üretim teknikleri ve üretim parametrelerinin etkileri. *2.Ulusal Sütçülük Kongresi*, 25-26 Nisan, 2019, İzmir, Türkiye, Bildiriler Kitabı, 91-92.
- [40] 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, 88.
- [41] 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(5), 619-627.
- [42] Ali, B., Khan, K.Y., Majeed, H., Xu, L., Wu, F., Tao, H., Xu, X. (2017). Imitation of soymilk-cow's milk mixed enzyme modified cheese: their composition, proteolysis, lipolysis and sensory properties. *Journal of Food Science and Technology*, 54(5), 1273-1285.
- [43] Ali, B., Khan, K.Y., Majeed, H., Xu, L., Bakry, A.M., Raza, H., Shoaib, M., Wu, F., Xu, X. (2019). Production of ingredient type flavoured white enzyme modified cheese. *Journal of Food Science and Technology*, 56(4), 1683-1695.
- [44] Amighi, F., Emam-Djomeh, Z., Madadlou, A. (2016). Optimised production and spray drying of ACE-inhibitory enzyme modified cheese. *Journal of Dairy Research*, 83, 125-134.
- [45] Amighi, F., Emam-Djomeh, Z., Madadlou, A. (2013). Spray drying of ACE-inhibitory enzyme-modified white cheese. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(11), 2276-2282.
- [46] Ali, B., Khan, K. Y., Majeed, H., Abid, M., Xu, L., Wu, F., Xu, X. (2017). Soymilk-Cow's milk ACE-inhibiting enzyme modified cheese. *Food Chemistry*, 237, 1083-1091.
- [47] Ali, B., Khan, K.Y., Majeed, H., Jin, Y., Xu, D., Rao, Z., Xu, X. (2022). Impact of Soy-Cow's mixed milk enzyme modified cheese on bread aroma. *LWT-Food Science and Technology*, 154, 112793.
- [48] Salum, P., Gokce, G., Kendirci, P., Bas, D., Erbay, Z. (2018). Composition, proteolysis, lipolysis, volatile profile and sensory characteristics of ripened white cheeses manufactured in different geographical regions of Turkey. *International Dairy Journal*, 87, 26-36.
- [49] Bas, D., Kendirci, P., Salum, P., Govce, G., Erbay, Z. (2019). Production of enzyme-modified cheese (EMC) with ripened white cheese flavour: I-effects of proteolytic enzymes and determination of their appropriate combination. *Food and Bioprocess Processing*, 117, 287-301.
- [50] Kendirci, P., Salum, P., Bas, D., Erbay, Z. (2020). Production of enzyme-modified cheese (EMC) with ripened white cheese flavour: II-Effects of lipases. *Food and Bioprocess Processing*, 122, 230-244.
- [51] Salum, P., Bertkas, S., Cam, M., Erbay, Z. (2022). Enzyme-modified cheese powder production: Influence of spray drying conditions on the physical properties, free fatty acid content and volatile compounds. *International Dairy Journal*, 125, 105241.
- [52] Habibi-Najafi, M.B., Miri, M.A. (2020). Production and evaluation of enzyme modified lighvan cheese using different levels of commercial enzymes. *Journal of Clinical Microbiology And Biochemistry Technology*, 3.
- [53] Fox, P.F. (1988). Acceleration of cheese ripening. *Food Biotechnology*, 2(2), 133-185.
- [54] Hailellassie, S.S.B. (1999). Production of enzyme-modified cheese and bioactive peptides by lactobacillus and commercial enzymes, Thesis for Master of Science, McGill University Montreal, Quebec, Canada, 104.
- [55] Lin, J.C.C., Jeon, I.J. (1987). Effects of commercial food grade enzymes on free fatty acid profiles in granular Cheddar cheese. *Journal of Food Science*, 52(1), 79-83.
- [56] Kilara, A. (2011). Enzymes Exogenous to Milk in Dairy Technology: Lipases. Encyclopedia of Dairy Sciences, Edited by J.W. Fuquay, P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, Elsevier Academic Press, London, UK, 284.
- [57] Nongonierma, A.B., FitzGerald, R.J. (2011). Enzymes Exogenous to Milk in Dairy Technology: Proteinases. Encyclopedia of Dairy Sciences, Edited by J.W. Fuquay, P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, Elsevier Academic Press, London, UK, 288.
- [58] 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.