

Süt Yağının Toza Dönüştürülmesi ve Krema Tozu

Ahsen Burçin Himmetağaoğlu¹, Zafer Erbay², Mustafa Çam³

¹ Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nanoteknoloji ve Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı, Seyhan, Adana

² Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Seyhan, Adana

³ Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Melikgazi, Kayseri

Geliş Tarihi (Received): 28.07.2016, Kabul Tarihi (Accepted): 18.12.2017

✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): ahsenburcin@yandex.com (A.B. Himmetağaoğlu)*

☎ 0 322 455 00 00 📠 0 322 455 00 09

ÖZ

Süt yağı, tereyağı ve krema gibi bazı süt ürünlerinin ana maddesi olmasının yanı sıra, çeşitli süt ürünlerinde de kalite artırıcı bir bileşendir. Dünya çapında artan süt üretimi ve tüketicilerin beslenme alışkanlıklarının değişmesiyle yağ içeriği düşük ürünlere artan eğilim, süt yağı ve tereyağında üretim fazlasının oluşmasına neden olmuştur. Süt yağının raf ömrü kısadır ve oksidasyona karşı dayanıksızdır. Oda koşullarında tereyağı olarak depolandığında yaklaşık 4 hafta, buzdolabı koşullarında ise yaklaşık 6 ay bozulmadan saklanabilmektedir. Ancak soğukta depolama seçeneği çok maliyetlidir ve süt yağının kurutulması önemli bir dayandırma alternatifi olarak öne çıkmaktadır. Süt yağı püskürtmeli kurutma yöntemi ile toz forma dönüştürülebilmektedir. Ancak kurutulmuş halde dahi süt ve ürünlerinin tozlarında yağ oksidasyonu ve Maillard reaksiyonu gibi olumsuz değişiklikler gözlenebilmektedir. Mikroenkapsülasyon yöntemiyle, kolayca bozulabilen gıdaların korunması, çevresel faktörlere daha dayanıklı, daha kararlı ürünlerin elde edilmesi mümkündür. Bu çalışmada, süt yağının toza dönüştürülmesinin önemi ile krema tozu ve üretimi açıklanmış, süt yağının toza dönüştürülmesi alanında yapılmış bilimsel çalışmalar özetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Süt yağı, Krema tozu, Mikroenkapsülasyon, Püskürtmeli kurutma

Converting Milk Fat into Powder and Cream Powder

ABSTRACT

Milk fat is the main component and a quality-enhancing ingredient for dairy products such as cream and butter. The increase in worldwide milk production and demand of reduced fat products due to changing of dietary habits, create a surplus of butter and milk fat supply. Milk fat is highly perishable with a short shelf life. Butter is stable at room temperature for about 4 weeks and about 6 months at low refrigeration temperature. However, cold storage is expensive compared to drying and drying becomes a low-cost alternative. Milk fat can be transformed into powder form by spray drying. However, even in dried form, some undesired changes such as fat oxidation and Maillard reaction may occur in dairy powders. Through the microencapsulation technique, stable and durable products can be obtained. In this study, the importance of converting milk fat into powder form and cream powder production are explained, and scientific studies on in the field of conversion of milk fat into powder are summarized.

Keywords: Milk fat, Cream powder, Microencapsulation, Spray drying

GİRİŞ

Süt ve ürünlerinin endüstriyel üretiminin tarihi yaklaşık 150 yıldır ve günümüzde gıda tedarik zincirinin en büyük ve önemli parçasını oluşturur [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 oranında artmıştır. 2011 yılında hemen hemen tüm süt ürünlerinin üretiminde dünya çapında artış olmakla birlikte, en büyük yükseliş süt tozları ve tereyağında görülmüştür [3].

Süt ürünleri içerisinde, dünyadaki üretimdeki ve kullanımındaki artış dolayısıyla en dikkat çekici ürün grubu, süt ürünlerinden elde edilen tozlardır. Dünyada günümüzde üretilen toplam sütün yaklaşık %15'i püskürtmeli kurutma ile toz haline getirilmektedir [4]. OECD-FAO'nun 2021 yılına dair öngörülerinde yıllık %2.6'lık büyüme ile üretiminin en hızlı artması beklenen ürünlerin tam yağlı süt tozu ve tereyağı olması, süt ürünlerinden elde edilen tozların ve süt yağının endüstriyel üretim açısından önemini göstermektedir [3]. Toz ürünler, mikrobiyal ve kimyasal olarak dayanıklı olmalarından, düşük hacimleri sayesinde depolanma ve taşınma kolaylıkları sağlamalarından, acil durumlarda kullanılabilir bir besin stoğu olmalarından, başta ürün tasarımı ve geliştirilmesi olmak üzere, endüstriyel üretimde katkı olarak kullanıma olanakları yaratmalarından dolayı önemlidirler [5-7].

Süt ve ürünlerinden üretilen çeşitli tozlar bulunmaktadır. Bu çeşitler arasında, hiç kuşkusuz en önemlisi yağlı ve yağsız süt tozlarıdır. Süt tozları dışında ise kazein, laktoz, peynir suyu tozu, yoğurt tozu, peynir tozu, enzim modifiye peynir tozu ve krema tozu üretilmektedir [7-10]. Bu tozlar çok çeşitli ürünlerin üretiminde endüstriyel olarak kullanılmaktadır ve son yıllarda kullanımı ile üretimi artmıştır. Bu tozlar gıda endüstrisinde; fırıncılık, tatlı ve pastacılık ürünleri, kek karışımları, şekerlemeler, çikolatalar, çorbalar, soslar, hazır yemekler, çerez çeşnileri ve kaplamaları, kahve beyazlatıcıları, süt bazlı içecekler, dondurma karışımları, eritme peyniri ve bebek maması formülasyonları gibi alanlarda yaygın bir biçimde kullanılmaktadır [11].

SÜT VE ÜRÜNLERİNDEN ELDE EDİLEN YAĞLI TOZLAR

Süt içerisindeki bileşenlerden önemli birisi süt yağıdır. Süt yağı, kendisine özgü lezzeti ile tereyağı ve krema gibi süt ürünlerinin ana maddesi olmakla beraber, çok farklı süt ürünlerinde de temel ve kritik bir bileşendir [12]. Ancak tüketicilerin zamanla değişen beslenme alışkanlıkları ve sağlık gerekçeleri ile az yağlı veya yağsız ürünlere olan talep artmıştır. Bu duruma dünyadaki süt üretimindeki artışın da eklenmesi, süt yağında üretim fazlasını olarak kendini göstermiştir [13-15]. Bu üretim fazlasının depolanması, var olan süt yağı temelli ürünlerin fonksiyonelliklerinin artırılması ve süt

yağının endüstriyel olarak değerlendirilmesinde yeni alanların geliştirilmesi önem kazanmıştır.

Süt yağındaki üretim fazlasının depolanması bir ihtiyaç haline gelmişken, dayanımı yüksek olmayan süt yağının önemli bir kısmı tereyağına işlenmektedir. Tereyağı, oda sıcaklığında yaklaşık 4 hafta, buzdolabı koşullarında 6 ay stabil olarak depolanabilmektedir. Buna karşın soğukta depolama oldukça maliyetli bir işlemdir. Aynı zamanda, endüstriyel bir katkı olarak tereyağının kullanılması mümkün değildir. Üretim fazlası olan süt yağının toz hale dönüştürülmesi önemli avantajlar sağlamaktadır. Süt yağının toz haline getirilerek, oda koşullarında, çok daha az depolama alanında 2 yıla kadar dayandırılabilmesi mümkündür ve maliyet açısından da çok uygundur [14, 16, 17].

Buna karşın, yağlı toz ürünlerin depolama süreçlerinde de istenmeyen değişiklikler gerçekleşebilmektedir. Bunlar içerisinde en dikkat çekici olanlar enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları ile oksidasyondur [11]. Süt yağından üretililecek tozların gıda ve gıda dışı sektörlerde endüstriyel olarak değerlendirilebilmesi mümkün ve bu şekilde süt yağının tüketiminde yeni alanların yaratılması olanaklıyken, bu faydanın sağlanabilmesi için üretilen tozların kalitesinin, özellikle de fiziksel özelliklerinin gelişkin olması gereklidir [13, 18, 19].

Kaliteli bir toz ürün için hammaddenin fonksiyonel özellikleri korunurken, püskürtmeli kurutmada yapışma sorununun; son üründe topaklanma, kötü rekonstitüsyon, istenmeyen lezzet, yanma ve renk bozulmaları gibi kalite kusurlarının; depolama sürecinde ise yağ oksidasyonu ve lezzet bozulmalarının önlenmesi gerekmektedir. Süt ve ürünlerinden üretilen yağlı tozların kalite özellikleri, fiziksel, fonksiyonel, biyokimyasal, mikrobiyolojik ve duysal olarak 5 sınıfta toplanabilir. Son ürün kalitesinde oldukça büyük bir yere sahip olan bu özellikler arasında önemli bir ilişki vardır. Farklı gıdaların üretilmesinde katkı olarak toz ürünün kullanıldığı durumlarda ise tozun fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin gelişkin olması gerekmektedir. Bu anlamda, endüstriyel olarak kullanılabilirlik açısından yağlı toz ürünlerin ıslanabilirlik, dağılılırılık, çözünürlük, toz partikül yapısı ve boyutu, serbest yağ içeriği ve akışkanlık dikkat edilmesi gereken temel özellikleridir [20].

Süt tozları, içerdiği yağ miktarına göre yağsız (süt yağı<%1.5), yarım yağlı (%1.5<süt yağı<%26), tam yağlı (%26<süt yağı<%42) olarak sınıflandırılmaktadır. Bunların dışında süt ve ürünlerinden çeşitli tozlar elde edilirken, bunlar içerisinde tam yağlı süt tozu, krema tozu, peynir tozu ve enzim modifiye peynir tozu yağlı toz ürünler arasında sayılabilmektedir. Toz süt ürünleri içerisinde süt yağı açısından en zengin olanı krema tozlarıdır [21].

KREMA TOZU

Krema tozları; kremadan suyun kısmi olarak uzaklaştırılması ile elde edilen ve yağlı süt tozundan daha yüksek oranda süt yağı barındıran tozlara verilen

genel bir isimdir [9, 22, 23]. Mevzuata göre, krema tozu bileşimindeki minimum süt yağı oranı %42, maksimum su oranı %5 ve yağsız süt kuru maddesindeki minimum süt proteini oranı ise %34 olmalıdır [22, 23]. Krema tozlarının üretiminde renklendirici kullanımına mevzuatta izin verilmemektedir [23]. Genel olarak tatlandırıcı kullanılmazken, antioksidan ilavesine ihtiyaç duyulmaktadır [24, 25]. Antioksidan maddelerin dışında, stabilizör, emülgatör, sertleştirici, topaklanmayı önleyici ve asitliği düzenleyici maddelerin de kullanımı mümkündür ve kullanılacak maddeler ile limitleri mevzuatta tanımlanmıştır [22, 23].

Krema tozlarının dünyadaki ilk üretimi 1960'lı yıllara kadar uzanmaktadır. Ancak, 1980 sonrasında kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır [9]. Krema tozu, kahve beyazlatıcılarında, soslarda, çerez çeşnilerinde ve kaplamalarında, çorbalarda, hazır yemeklerde, dondurma karışımlarında, eritme peynir üretimlerinde, bebek maması formülasyonlarında, kek karışımlarında, çikolata ve şekerleme sanayinde, tatlılarda, fırın ve pastacılık sektöründe kullanılmaktadır [9, 26-29]. Krema tozunun piyasada yer bulabilmesinin temel nedenleri: süt yağının bastırılmış fiyatları, sanayi üretiminde toz ürün kullanımının avantajları ile yeni teknolojik gelişmeler doğrultusunda değişen tüketim alışkanlıkları ve gelişen hazır yemek sektörüdür. Aynı zamanda, uluslararası ticaretin gelişimi de ürünlerin dayanıklı hale getirilmesini önemli kılmıştır [9].

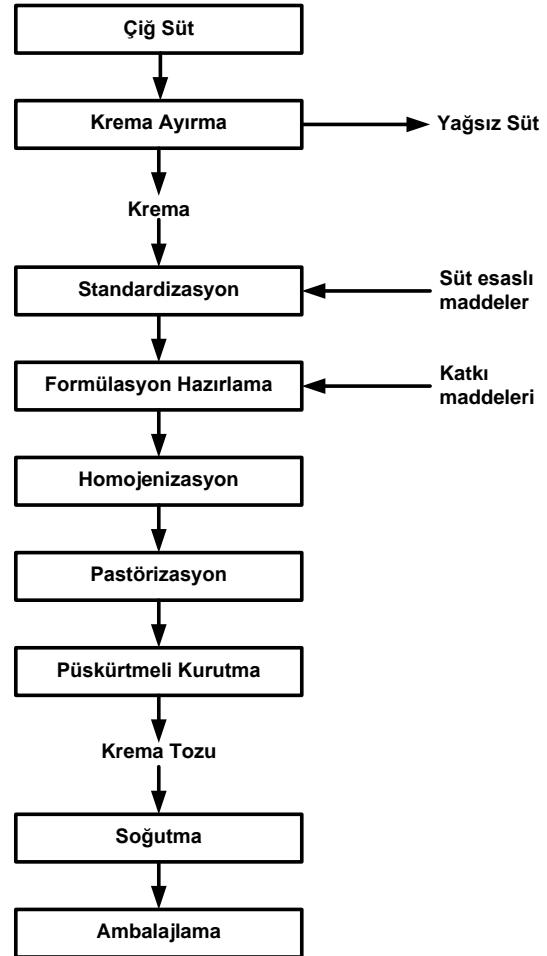
Süt yağı, buzdolabı koşullarında bile çok uzun ömürlü olmayan bir gıda maddesidir. Dondurma işlemi ile dayandırmak ise çok büyük bir maliyet getirmektedir. Bundan dolayı, süt yağının toz haline getirilerek dayandırılması iyi bir alternatif yaratmıştır. Ancak, etkin bir üretim ve kaliteli bir krema tozu için süt yağının fonksiyonel özellikleri korunurken, üretimde yapışma sorununun; son üründe topaklanma-akmama, kötü rekonstitüsyon özellikleri, istenmeyen lezzet, yanma ve renk bozulmaları gibi kalite kusurlarının; depolamada ise yağ oksidasyonu ve lezzet bozulmalarının önlenmesi gerekmektedir. Bu anlamda, işlem basamaklarının etkin şekilde optimize edilmesi ve son ürün kalitesini arttırmaya dönük enkapsülasyon gibi çeşitli tekniklerin kullanılması gerekmektedir [15].

Krema tozu üretimindeki işlem basamakları Şekil 1'de özetlenmiştir [9, 30]. Buna göre, krema tozu üretiminde homojenizasyon ve ısı işlem uygulaması bulunmakta ve bu işlemler son ürün kalitesi üzerinde etkili olmaktadır. Ancak, hem ürün kalitesi açısından, hem de üretim tekniği açısından en önemli işlem basamağı püskürtmeli kurutmadır. Toz ürünün akıcılık özelliklerinin geliştirilmesi, topaklanma ile depolamada oksidasyonun önlenmesi için yapılan mikroenkapsülasyon işlemi de esasen hazırlanmış olan emülsiyonun püskürtmeli kurutucuda kurutulmasına dayanmaktadır.

MİKROENKAPSÜLASYON TEKNOLOJİSİ

Enkapsülasyon, duyarlı veya biyoaktif bir katı/sıvı/gaz bileşenin, damlacıklar veya parçacıklar halinde, bir kaplama materyalinin oluşturduğu sürekli bir filmle hapsedilerek, sıcaklık, nem, pH ve diğer bileşenlerle

etkileşimi gibi etkenlerden korunması işlemi olarak tanımlanmaktadır [13, 18, 31, 32]. Enkapsülasyon tekniklerinin gıda sanayinde kullanılmasının nedenleri; i. Kaplanacak olan materyalin ortam koşulları ile ilişkisinin kesilerek reaktivitesinin düşürülmesi, ii. Evaporasyon veya kütle transferi ile ortama kaybının azaltılması, iii. Sıvı haldeki maddenin, kaplanan maddeye zarar vermeden katı forma dönüştürülmesi, iv. Son ürünün işlenebilirliğinin artırılması (topaklanmasının önlenmesi, akıcılığının geliştirilmesi ve başka toz maddelerle karıştırılabilirliğinin sağlanması), v. Kaplanan maddenin kontrollü salınımının sağlanması, vi. Lezzet maskelenmesidir [32-34]. Bu özellikleriyle yeni ürün geliştirme ve ürünlerin fonksiyonelliklerinin artırılmasında sıklıkla kullanılan bir tekniktir [32]. Yağ enkapsülasyonu ile yağlı tozların akıcılığının artırılması ve topaklanma sorununun giderilmesi sağlanabilmekte, bu şekilde yağlı tozların endüstriyel olarak işlenebilirliği kolaylaşmakta ve bu tozlar gıda katkısı olarak kullanılabilirler [18, 35, 36]. Aynı zamanda, yağlı tozlarda karşılaşılan en büyük sorunlardan birisi, depolanma sürecindeki oksidasyondur ve enkapsülasyon ile oksidasyon geciktirebilmektedir [13, 32, 34, 35, 37,3 8]. Bunun yanı sıra, yağda çözünen bileşenlerin korunması ve kontrollü salınımı ile yağda çözünen acılık maddelerinin maskelenmesi sağlanabilmektedir [35, 39].



Şekil 1. Krema tozu üretiminde işlem basamakları [9, 30].

Enkapsülasyon işleminde enkapsülasyon matrisinin, bir başka deyişle enkapsülasyon kaplama materyallerinin yapısı çok önemlidir. Enkapsüle edilecek materyale ve enkapsüle edilmiş son üründe hedeflenen özelliklere göre farklı enkapsülasyon kaplama materyalleri kullanılmaktadır. Etkin bir enkapsülasyon için kaplama materyallerinin çeşitli özellikleri ön plana çıkar. Film oluşturma ve emülsifiye etme özellikleri, reolojik davranışları, dağılılabirliği, çözünme yeteneği, enkapsülasyon çekirdeği ve/veya enkapsülasyondaki aktif madde ile reaksiyon vermemesi, maliyetleri, gıda üretiminde kullanılabilir olması gibi özellikler bunların başında gelir [33, 40-43]. Bu özelliklerin tamamını barındıran tek bir madde olmadığından, sıklıkla bu maddelerin karışımları/kombinasyonları kullanılır. Enkapsüle edilecek her ürünün özelliklerine göre kaplama materyallerinden istenilen özellikler değiştiğinden, enkapsülasyon çalışmalarının önemli bir bölümü kaplama materyallerinin saptanmasına ayrılmıştır. Karbonhidratlar, selüloz ve türevleri, yağlar ve proteinler farklı ürünlerde kaplama materyali olarak kullanılırlar. Yağ enkapsülasyonunda ise genellikle karbonhidratlar veya karbonhidrat türevleri ile proteinler birlikte kullanılmaktadır. Literatür incelendiğinde yağ enkapsülasyonunda en çok kullanılan ve araştırılan karbonhidrat türevleri maltodekstrinler ve modifiye nişastalardır.

Maltodekstrin, dekstroz eşdeğeri (DE) 20 ve altında olan, nişastanın hidroliz ürünlerine verilen isimdir. Yenilebilir hidrokoloidler içerisinde düşük maliyeti, çözümlerindeki hafif lezzeti ve ağızda bıraktığı yumuşak his ile gıda endüstrisinde kullanıma çok uygundur. Maltodekstrinlerin, jel oluşturma ve su tutma yetenekleri de yüksektir. Bu özellikleriyle gıda endüstrisinde jelleştirici, su tutucu, yağ ikamesi, hacim artırıcı, topaklanmayı önleyici, doku ve yoğunluk artırıcı, film oluşturu, lezzet ve yağ bağlayıcı, yüzey parlaklığını artırıcı, dağılılabirliği ve çözünebilirliği destekleyici, donma noktasını kontrol edici, kristalizasyonu önleyici, oksijen bariyeri olma gibi pek çok amaçla kullanılan önemli bir dolgu maddesidir ve enkapsülasyonda da yaygın kullanılmaktadır [33, 44]. Nişasta ise hidrofilik özellikte gruplar içeren ve emülsifiye edici özelliği olmayan bir maddedir. Ancak, nişastaya bir dizi lipofilik grubun eklenmesi ile elde edilen modifiye nişastanın emülsifiye edici özelliği yüksektir. Aynı zamanda, modifiye nişastanın mükemmel bir aroma tutucu olduğuna ve püskürtmeli kurutma işlemi ile gerçekleştirilen enkapsülasyon üretimlerinde çok başarılı sonuçlar alındığına dair literatürde bilgi bulunmaktadır. Bu karbonhidrat türevlerinin yanı sıra yağ enkapsülasyonunda disakkarit kullanımı da sıklıkla denenmiştir. Bunlar içerisinde, yüksek çözünürlüğü, ısı direnci, higroskopik olmayan yapısı ve düşük maliyeti ile sukroz en yaygın kullanılanıdır. Süt ve ürünleri ile ilgili çalışmalarda ise, süt esaslı bir şeker olmasından ötürü laktöz da denenmektedir [33].

Kaplama materyali olarak proteinlerin kullanımındaysa, özellikle süt temelli proteinler öne çıkmaktadır. Bu proteinler sıklıkla karbonhidratlarla beraber uygulanmaktadır. Bu kapsamda, etkin bir emülsiyon oluşumu ve kararlılığını sağlayan sodyum kazeinat ile

peynir suyu proteinleri literatürde kullanılmışlardır. Özellikle peynir suyu proteinleri, yüksek çözünürlüğü, jelleşme yeteneği ve emülsifikasyon uygulamalarına uygunluğu ile dikkat çekmektedir [41, 45-48].

SÜT YAĞININ TOZ HALE GETİRİLMESİ ALANINDAKİ BİLİMSEL ÇALIŞMALAR

Süt Yağının Enkapsülasyonu

Süt yağının toz hale getirilmesine dönük bilimsel çalışmalar, büyük oranda süt yağının enkapsülasyonuna odaklanmış ve çalışmalarda hammadde olarak susuz süt yağı ya da sade yağ kullanılmıştır. Onwulata ve ark. [45] yaptıkları çalışmada, süt yağından toz üretiminde enkapsülasyon materyallerinin kullanımının son ürün üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, enkapsülasyon kaplama materyali olarak sukroz, modifiye nişasta ve un kullanılmış, üç farklı süt yağı oranında (%40, 50 ve 60) emülsiyonlar hazırlanarak püskürtmeli kurutucuda kurutulmuş ve elde edilen tozların fiziksel özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, kaplama materyali olarak sukroz kullanımının olumlu sonuçlar verdiği saptanmış, ancak sukrozun toz lezzetindeki tatlılığı da arttırdığı belirtilmiştir [45]. Onwulata ve Holsinger [37] bir önceki çalışmalarının devamı niteliğindeki bir diğer çalışmalarda ise enkapsülasyon materyalinin toz ürünün ısı özellikleri ile nem alma davranışları üzerine etkilerini araştırmışlardır. Farklı yağ oranlarındaki tozlar ve enkapsülasyon bileşimleri benzer karakterde termogramlar vermiştir. Buna karşın, kaplama maddesi tipine bağlı olarak tozların erime sıcaklıklarında bazı farklılıklar da saptanmıştır. Tozlar bu farklılıklara dayanarak, fırıncılık ürünleri üretiminde kullanıma uygunluğa göre değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, enkapsülasyondaki kaplama materyali olarak sukroz kullanımının, üretilecek tozun fırıncılık ürünlerinin üretiminde kullanıma daha uygun olduğu belirlenmiştir [37]. Onwulata ve ark. (1996) bir diğer çalışmalarında ise enkapsülasyon materyalinin partikül yapısı üzerine etkisini "Scanning Electron Microscope" (SEM) ile incelemişler ve bir önceki çalışmaları ile uyumlu sonuçlar elde etmişlerdir [14]. Enkapsülasyonda kaplama materyali olarak sukroz ve un kullanımının, toz ürünün akıcılık ve yığın özellikleri üzerine etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada ise, un kullanımı ile üretilen enkapsüle tozların yığın özelliklerinin uygun olmadığı saptanmış ve genel olarak tüm tozlarda topaklanma sorununun varlığı vurgulanmıştır [18]. Onwulata ve ark. [49], yüksek erime noktalı yağ fraksiyonlarından toz üretiminde, farklı enkapsülasyon materyallerinin kullanımını denemişlerdir. Formülasyonda sukroz, laktoz veya maltöz kullanımının kıyaslandığı çalışma sonucunda, sukroz kullanımı ile daha iyi fiziksel özelliklere sahip toz ürünün elde edildiği tespit edilmiş, laktoz kullanıldığında esmerleşmeye daha uygun ve düşük tatlılığa sahip toz üretiminin sağlanabildiği belirlenmiştir [49]. Moreau ve Rosenberg [13] yaptıkları çalışmada, mikroenkapsülasyonda peynir suyu proteinlerinin kullanımını denemişler ve ürettikleri tozların depolanma özelliklerini, oksidasyona duyarlılıklarını saptayarak belirlemişlerdir. Mikroenkapsülasyon işlemi ile tozların oksidasyona

dayanıklılığının belirgin şekilde arttığı saptanmıştır [13]. Shivakumar ve ark. [50] yağlı toz üretiminde farklı formülasyonların, toz fiziksel özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre formülasyonda kazein ve şeker kullanımının son ürün kalitesini olumlu etkilediği saptanmıştır [50]. Danviriyakul ve ark. [15], süt yağından toz üretiminde, enkapsülasyon formülasyonunda kullanılan emülgatör ile kaplama materyalinin çeşit ve konsantrasyonlarının, son ürün kalite özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Emülgatör olarak lesitin kullanımının ve enkapsülasyon kaplama materyali olarak yüksek dekstroz eşdeğeri (DE) düşük molekül ağırlıklı şekerlerin kullanımının, kararlı emülsiyonların elde edilmesine imkan sağladığı ve tozun fiziksel özelliklerini geliştirdiği belirlenmiştir [15].

Krema Tozunun Depolanması

Andersson ve Lingnert [51-53] yaptıkları çalışmalarda, ambalajlanmış krema tozunun depolanma sürecindeki oksidasyonuna, ışığın ve ambalajdaki oksijen konsantrasyonunun etkisini incelemişlerdir. 30°C'de tutulan örneklerin düşük oksijen konsantrasyonlarında bile oksidasyona uğradığı [51], çok düşük oksijen konsantrasyonlarında bile oksidasyonun gelişiminin duysal olarak saptanabildiği [52], ışığın oksidasyon üzerinde çok önemli etkiye sahip bir pro-oksidan olduğu ve bu etkinin yüksek oksijen konsantrasyonlarında çok daha belirleyici olduğu [53] saptanmıştır.

Süt Yağından Üretilmiş Tozların Gıda Üretiminde Kullanımı

Enkapsülasyonda sukroz ve un kullanımı ile üretilen yağlı tozların depolanma özellikleri ve bu tozlarla üretilen keklerin kalite özellikleri Strange ve ark. [16] tarafından incelenmiştir. Sukroz kullanımı ile üretilmiş tozların, düşük serbest yağ içeriğine sahip olmasına karşın, oksidasyona daha duyarlı oldukları görülmüştür. Bu durum, sukroz kullanılarak üretilen tozların nem çekme eğilimlerinin yüksek olmasına bağlanmıştır [16]. Wehrle ve ark. [38] fırıncılık ürünlerinden bisküvi üretiminde margarin ve/veya tereyağı yerine süt yağından üretilmiş tozların kullanımını denemişlerdir. Üretimde kullanılan şeker, protein tip ve konsantrasyonları ile homojenizasyon basıncını değiştirmişler ve son ürün üzerindeki etkileri saptamaya çalışmışlardır. Çalışma sonucunda, bisküvi üretiminde yağlı tozların kullanımının mümkün olduğu, ancak üretim koşullarının optimize edilmesi gerektiği belirlenmiştir [38]. Süt yağlı tozların ekme üretiminde kullanımı O'Brien ve ark. [54] tarafından yapılan bir çalışmada [54], glutensiz bisküvi üretiminde palm yağı yerine kullanımı ise Schrober ve ark. [55] tarafından yapılan bir çalışmada incelenmiştir.

Süt Yağının Toza Dönüştürülmesinde Maliyetler

Holsinger ve ark. [17], süt yağının püskürtmeli kurutulması ile üretilen tozların maliyetlere etkisini belirlemek için parametrik bir maliyet analizi çalışması yapmışlardır. Çalışmada, günlük 57 ton kapasite ile toz üreten bir işletme kurgulanmış, işletmenin işçi, hammadde, yardımcı ve diğer hizmet masrafları dikkate

alınarak maliyetleri hesaplanmıştır. Buna göre, dondurulmuş tereyağının depolanmasından daha düşük maliyetle süt yağının toz halde üretiminin mümkün olduğu gösterilmiş, dağıtım maliyetleri de eklendiğinde farkın daha da artacağı vurgulanmıştır. Aynı zamanda, kremadan doğrudan toz üretiminin maliyetinin, sade yağdan üretimden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Çalışmada toz üretiminde protein kaynağı olarak yağsız süt tozu kullanılmış ve aynı işletmede yağsız süt tozu üretiminin de yapılması durumunda, belirlenen maliyetlerin daha da düşebileceği belirtilmiştir [17].

Süt yağının toz hale getirilmesinde hammadde olarak krema kullanımı, hali hazırda üretim yapan süt işletmelerine daha kolay adapte edilebilir bir üretim hattı gerektirmesi ve sadeyağdan üretime göre maliyetinin daha düşük olması dolayısıyla, diğer süt yağı kaynaklarına göre avantajlıdır. Bununla birlikte, kremadan toz üretime ve üretimde işlem koşullarının etkisinin belirlenmesine dair bilimsel literatürde az çalışma bulunmakta, üretim optimizasyonu konusunda ise herhangi bir çalışmaya rastlanmamaktadır.

Yağlı Toz Ürünlerde Serbest Yağ Asidi Bileşimi

Yağlı toz ürünlerde serbest yağ asidi bileşimi ve miktarı lezzet açısından önemlidir. İnek sütünün yağında 437 farklı asit tespit edilmiştir. Bunlar içerisinde; bütanoik (C4:0), hegzanoik (C6:0), oktanoik (C8:0), dekanıoik (C10:0), dodekanoik (C12:0), tetradekanoik (C14:0), hegzadekanoik (C16:0), oktadekanoik (C18:0), cis-9-oktadekanoik (C18:1), cis,cis-9,12-oktadekadienoik (C18:2) ve 9,12,15-oktadekatrienoik (C18:3) temel yağ asitleridir. Toplam yağın ise %25-27 civarını C16:0 ile C18:0 oluşturur [56]. Süt yağı, süt ürünlerinde hedeflenen lezzetinin oluşumunda önemlidir. Gıdalarda yağın parçalanma reaksiyonları oksidasyon veya hidrolizdir. Süt yağının oksidasyonu doymamış yağ asitlerinden ileri gelir ve oksidasyon sonucunda lezzet üzerinde güçlü ve çoğu zaman istenmeyen etkilere neden olan çeşitli doymamış aldehitler oluşur, bu durum oksidatif ransidite olarak tanımlanır.

Süt ürünlerinden elde edilen tozlarda serbest yağ asidi miktarı ve bileşimi ürün kalitesi açısından değerlendirilmekte ve artış olması istenmemektedir. Serbest yağ asidi bileşimi ve miktarı en çok hammaddeden etkilenmekle beraber, hem kurutma öncesi işlemlerden, hem püskürtmeli kurutmadan, hem de depolamadan etkilenebilir [57]. Evers ve ark. [58] bir süt işletmesinin 6 ayrı noktasından aldıkları örnekleri toplam serbest yağ asidi miktarı açısından incelemişlerdir. Püskürtmeli kurutma öncesi ısı işlemi ile püskürtmeli kurutma sırasında serbest yağ asidi miktarında azalmalar verilerinde gözlemlenmektedir [58]. Kim ve ark. [59] yaptıkları çalışmada püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma ile elde edilen tam yağlı süt tozlarının rekonstitüe halleri ile sütü analiz etmişler ve serbest yağ asidi miktarlarını belirlemişler. Analizde sadece kısa zincirli serbest yağ asitleri belirlenmiş ve püskürtmeli kurutma ile üretilmiş tozda serbest yağ asidi miktarının arttığı saptanmıştır [59]. Püskürtmeli kurutma işlem koşullarının etkisi üzerine literatürde kesin veriler sunan bir çalışma olmamakla beraber, giriş sıcaklığının

ve/veya çıkış sıcaklığının artırılması ile uçucu bileşenlerin miktarının arttığına dair veriler vardır [60]. Paez ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada farklı mevsim sütlerinden üretilen tam yağlı süt tozları 2 farklı depolama sıcaklığında (21 ve 40°C), inert atmosferde depolanmış ve serbest yağ asidi konsantrasyonlarındaki değişimler analiz edilmiştir [57]. Mevsimsel değişimlerin tozların serbest yağ asidi konsantrasyonu üzerinde belirleyici etkisi olduğu belirlenmiş, depolamada ise önemli dalgalanmalar görülmüştür [57]. Krema tozunun serbest yağ asidi bileşimine dair yaptığımız literatür taramasında saptayabildiğimiz tek çalışma Kim ve ark., (2005) tarafından gerçekleştirilmiştir ve bu çalışmadaki amaç da üretim ve/veya depolamadaki değişimin saptanması değildir [61]. Yağlı toz ürünlerin yapısında farklı formlarda bulunan yağdaki serbest yağ asidi bileşiminin dağılımının belirlenmesi amacıyla, endüstriyel olarak üretilmiş tam yağlı süt tozu ve krema tozunu analiz edilmiştir. Tozun farklı bölümlerindeki ve formlarındaki yağlarda bulunan serbest yağ asidi bileşimlerinde önemli farklılıklar belirlenmemiş, ancak serbest yağda ve yüzey yağında yüksek erime sıcaklığına sahip serbest yağ asitlerinin biraz daha fazla bulunduğu saptanmıştır [61].

Süt ürünlerinin tozları ile yapılan serbest yağ asidi çalışmaları sınırlıdır. Özellikle püskürtmeli kurutma işleminin serbest yağ asidi miktarını arttırdığına dair veriler olmakla beraber, bu artışın hangi işlem koşullarına bağlı gerçekleştiğine dair veriler oldukça sınırlıdır. Krema tozu üretiminde serbest yağ asidi bileşimindeki değişime dair ise herhangi bir veriye rastlanmamaktadır.

Süt Yağının Toza Dönüştürülmesinde Püskürtmeli Kurutma İşleminin Etkileri

Krema tozu üretiminde hem ürün kalitesi açısından, hem de üretim tekniği açısından en önemli işlem basamağı püskürtmeli kurutmadır. Süt yağından toz ürün elde edilmesinde çeşitli enkapsülasyon maddelerinin kullanımına dair bir dizi çalışma yapılmış olmasına karşın, üretimdeki en önemli işlem basamağı olan püskürtmeli kurutma işleminin, toz ürün kalitesi üzerine etkilerine dair literatürde çok az veri bulunmaktadır. Kelly ve ark. [62] yağlı toz üretiminde işlem koşullarının ürün kalite özelliklerine etkisini saptamak için bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada işlem koşulları ile kalite özellikleri arasındaki ilişki modellenmeye çalışılmıştır. Ancak, çok fazla işlem değişkeninin eş zamanlı değerlendirilmeye çalışıldığı çalışmada, kullanılan işlem değişkenleri ile ürün kalite özellikleri arasında, süt yağı temelli tozlarda, birinci dereceden bir ilişki saptanamamıştır [62].

Sadece süt yağından toz üretimi konusunda değil, genel olarak süt ürünlerinden üretilen tozların (özellikle tam yağlı süt tozlarının) üretiminde, püskürtmeli kurutma işlem koşullarının toz kalite özellikleri üzerine etkisine dair literatürde çelişkili bilgiler bulunmaktadır [60]. Örneğin, püskürtmeli kurutma giriş sıcaklığının artırılmasının toz üründeki serbest yağ arttırdığının belirtildiği çalışmalar olduğu gibi [31,63-65], tersine dair veriler de literatürde mevcuttur [62]. Yine püskürtmeli

kurutma çıkış sıcaklığının artışının, serbest yağ arttırdığına [31,66], azalttığına [63,67] ve etkilemediğine [15] dair veriler sunan çalışmalar mevcuttur. Ancak, bu çalışmalarda en belirgin eksiklik, çalışmaların genel olarak püskürtmeli kurutma işlem koşullarının etkisine odaklanmamış, başka bazı konuları araştırırken koşulların etkisine de bakılmış çalışmalar olmasıdır. Yağlı tozların kurutulmasında, püskürtmeli kurutma işlem koşullarının toz ürün kalite özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesine odaklı çalışmalara bilimsel literatürde ihtiyaç bulunmaktadır.

SONUÇLAR

Bilimsel literatür incelendiğinde, hammadde olarak kremanın kullanılması ile süt yağından toz ürün üretiminde, püskürtmeli kurutma işlem koşullarının etkisi ve üretimin optimizasyonu çalışılmamıştır. Yine literatürde, krema tozu üretiminde serbest yağ asidi bileşimindeki değişime dair herhangi bir çalışmaya rastlanmamaktadır. Literatürde yağlı süt tozlarının üretimine dair ülkemizde yapılan çalışma sayısının oldukça az olduğu görülmektedir. Zaten bu durum, ülkemizde bulunan süt işletmelerimizdeki toz ürün üretim çeşitliliğinde de kendisini göstermekte ve dünyada üretimi gerçekleştirilen pek çok toz süt ürününün üretimi ya yapılamamakta, ya da kalite açısından ciddi sıkıntılarla karşılaşmaktadır. Bu sorunların aşılabilmesi için süt yağının toza dönüştürülmesi konusundaki çalışmaların artırılması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, "Mikroenkapsüle krema tozu üretimi ve üretim optimizasyonu" başlıklı 2150948 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. Encyclopedia of Dairy Sciences (2. Edition), Edited by Fuquay, J.W., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. London, UK: Elsevier Academic Press.
- [2] Britz, T.J., Robinson, R.K. (2008). Advanced Dairy Science and Technology. Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- [3] IDF (International Dairy Federation). (2012). The World Dairy Situation 2012. Bulletin of the International Dairy Federation, 458/2012. Brussels, Belgium: IDF.
- [4] Fox, P.F. (2011). History of Dairy Products and Processes. Encyclopedia of Dairy Sciences (2. Edition), Edited by Fuquay, J.W., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. London, UK: Elsevier Academic Press.
- [5] Sokhansanj, S., Jayas, D.S. (2006). Drying of Foodstuffs. Handbook of Industrial Drying (3. Edition), Edited by S.Mujumdar, A.S. Boca Raton, FL: CRC Press.

- [6] Skanderby, M., Westergaard, V., Partridge, A., Muir, D.D. (2009). Dried Milk Products. Dairy Powders and Concentrated Products, Edited by Tamime, A.Y. Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- [7] Schuck, P. (2011). Milk Powder: Types and Manufacture. Encyclopedia of Dairy Sciences (2. Edition), Edited by Fuquay, J.W., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. London, UK: Elsevier Academic Press.
- [8] Kumar, P., Mishra, H.N. (2004). Yoghurt powder: A review of process technology, storage and utilization. *Trans IChemE, Part C, Food and Bioproducts Processing*, 82(C2), 133-142.
- [9] Havea, P., Baldwin, A.J., Carr, A.J. (2009). Specialised and Novel Powders. Dairy Powders and Concentrated Products, Edited by Tamime, A.Y. West Sussex, UK: Wiley-Blackwell.
- [10] Harper, W.H. (2011). Dairy Ingredients in Non-Dairy Foods. Encyclopedia of Dairy Sciences (2. Edition), Edited by Fuquay, J.W., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. London, UK: Elsevier Academic Press.
- [11] Chudy, S., Pikul, J., Rudzińska, M. (2015). Effects of storage on lipid oxidation in milk and egg mixed powder. *Journal of Food and Nutrition Research*, 54(1), 31-40
- [12] Early, R. (1990). The use of high-fat and specialized milk powders. *International Journal of Dairy Technology*, 43(2), 53-56.
- [13] Moreau, D.L., Rosenberg, M. (1996). Oxidative stability of anhydrous milkfat microencapsulated in whey proteins. *Journal of Food Science* 61(1): 39-43.
- [14] Onwulata, C.I., Smith, P.W., Cooke, P.H., Holsinger, V.H. (1996). Particle structures of encapsulated milkfat powders. *LWT - Food Science and Technology*, 29(1-2), 163-172.
- [15] Danviriyakul, S., McClements, D.J., Nawar, W.W., Chinachoti, P. (2002). Physical stability of spray-dried milk fat emulsion as affected by emulsifiers and processing conditions. *Journal of Food Science*, 67(6), 2183-9.
- [16] Strange, E.D., Konstance, R.P., Lu, D., Smith, P.W., Onwulata, C.I., Holsinger, V.H. (1997). Oxidative and functional stability during storage of butter oil encapsulated with sucrose or flour. *Journal of Food Lipids*, 4(4), 245-260.
- [17] Holsinger, V.H., McAloon, A.J., Onwulata, C.I., Smith, P.W. (2000). A cost analysis of encapsulated spray-dried milk fat. *Journal of Dairy Science*, 83(10), 2361-5.
- [18] Konstance, R.P., Onwulata, C.I., Holsinger, V.H. (1995). Flow properties of spray-dried encapsulated butteroil. *Journal of Food Science*, 60(4), 841-4.
- [19] Onwulata, C.I. (2005). Single- and double-encapsulated butter oil powders. Encapsulated and Powdered Foods, Edited by Onwulata, C. Boca Raton, FL: CRC Press.
- [20] Schuck, P. (2009). Understanding the Factors Affecting Spray-dried Dairy Powder Properties and Behavior. In Dairy-derived Ingredients Food and Nutraceutical Uses Edited by Milena Corredig, Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Granta Park, Great Abington, Cambridge CB21 6AH, UK
- [21] Oldfield, D., Singh, H. (2005). Functional Properties of Milk Powders. In Encapsulated and Powdered Foods, Edited by Onwulata C., Taylor and Francis Inc., 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742.
- [22] Codex Alimentarius. (2011). Codex Standard for Milk Powders and Cream Powder. Milk and Milk Products (2. Edition), Rome, Italy: FAO / WHO.
- [23] Türk Gıda Kodeksi. (2013). Gıda Kaktı Maddeleri Yönetmeliği. Resmi Gazete, Sayı: 28693. 30 Haziran 2013.
- [24] Herr, B., 2011. Types and Functions of Additives in Dairy Products. Encyclopedia of Dairy Sciences (2. Edition), Edited by Fuquay, J.W., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. London, UK: Elsevier Academic Press.
- [25] Hoffmann, W. (2011). Cream Products. Encyclopedia of Dairy Sciences (2. Edition), Edited by Fuquay, J.W., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. London, UK: Elsevier Academic Press.
- [26] Spreer, E. (1998). Milk and Dairy Product Technology. New York, USA: Marcel Dekker, Inc.
- [27] Smiddy, M.A., Kelly, A.L., Huppertz, T. (2009). Cream and Related Products. Advanced Dairy Chemistry, Dairy Fats and Related Products, Edited by Tamime, A.Y. West Sussex, UK: Wiley-Blackwell.
- [28] Rowe, M., Donaghy, J. (2011). Microbiological Aspects of Dairy Ingredients. Dairy Ingredients of Food Processing, Edited by Chandan, R.C., Kilara, A. West Sussex, UK: Wiley-Blackwell.
- [29] Chandan, R.C. (2011). Dairy Ingredients in Bakery, Snacks, Sauces, Dressings, Processed Meats, and Functional Foods. Dairy Ingredients of Food Processing, Edited by Chandan, R.C., Kilara, A. West Sussex, UK: Wiley-Blackwell.
- [30] Augustin, M.A., Clarke, P.T. (2008). Dry Milk Products. Dairy Processing and Quality Assurance, Edited by Chandan, R.C., Kilara, A., Shah, N.P. West Sussex, UK: Wiley-Blackwell.
- [31] Keogh, M.K. (2005). Spray-dried microencapsulated fat powders. Encapsulated and Powdered Foods, Edited by Onwulata, C. Boca Raton, FL: CRC Press.
- [32] da Silva, P.T., Fries, L.L.M., de Menezes, C.R., Holkem, A.T., Schwan, C.L., Wigmann, E.F., Bastos, J.O., da Silva, C.B. (2014). Microencapsulation: concepts, mechanisms, methods and some applications in food technology. *Ciencia Rural*, 44(7), 1304-1311.
- [33] Shahidi, F., Han, X.Q. (1993). Encapsulation of food ingredients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33(6), 501-547.
- [34] Drusch, S., Mannino, S. (2009). Patent-based review on industrial approaches for the microencapsulation of oils rich in polyunsaturated fatty acids, *Trends in Food Science and Technology*, 20(6), 237-244.
- [35] Matsuno, R., Adachi, S. (1993). Lipid encapsulation technology—techniques and application to food. *Trends in Food Science and Technology*, 4(8), 256-261.

- [36] Mahdavi, S.A., Jafari, S.M., Ghorbani, M., Assadpoor, E. (2014). Spray-drying microencapsulation of anthocyanins by natural biopolymers: A review. *Drying Technology*, 32(5), 509-518.
- [37] Onwulata, C.I., Holsinger, V.H. (1995). Thermal properties and moisture sorption isotherms of spray-dried encapsulated milkfat. *Journal of Food Processing and Preservation*, 19(1), 33-51.
- [38] Wehrle, K., Gallagher, E., Neville, D.P., Keogh, M.K., Arendt, E.K. (1999). Microencapsulated high-fat powders in biscuit production. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung / A Food Research and Technology*, 208(5), 388-393.
- [39] Estevinho, B.N., Rocha, F., Santos, L., Alves, A. (2013). Microencapsulation with chitosan by spray drying for industry applications – A review. *Trends in Food Science and Technology*, 31(2), 138-155.
- [40] Desai, K.G.H., Park, H.J. (2005). Recent developments in microencapsulation of food ingredients. *Drying Technology*, 23(7), 1361-1394.
- [41] Koç, M., Sakin, M., Kaymak-Ertekin, F. (2010). Mikroenkapsülasyon ve gıda teknolojisinde kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(1), 77-86.
- [42] Kuang, S.S., Oliveira, J.C., Crean, A.M., 2010. Microencapsulation as a tool for incorporating bioactive ingredients into food, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 50(10): 951-968.
- [43] Peker, H., Arslan, S. (2011). Mikroenkapsülasyon ve süt teknolojisinde kullanım alanları. *Akademik Gıda*, 9(6), 70-80.
- [44] Chronakis, I.S. (1998). On the molecular characteristics, compositional properties, and structural-functional mechanisms of maltodextrins: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38(7), 599-637.
- [45] Onwulata, C.I., Smith, P.W., Craig Jr, J.C., Holsinger, V.H., 1994. Physical properties of encapsulated spray-dried milkfat. *Journal of Food Science* 59(2): 316-320.
- [46] Foegeding, E.A., Davis, J.P., Doucet, D., McGuffey, M.K. (2002). Advances in modifying and understanding whey protein functionality. *Trends in Food Science and Technology*, 13(5), 151-159.
- [47] Kilara, A. (2008). Whey and whey products. Dairy Processing and Quality Assurance, Edited by Chandan, R.C., Kilara, A., Shah, N.P. Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- [48] Huffman, M.L., Ferreira, L.B. (2011). Whey-based ingredients. Dairy Ingredients for Food Processing, Edited by Chandan, R.C., Kilara, A. Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- [49] Onwulata, C.I., Smith, P.W., Holsinger, V.H. (1995). Flow and compaction of spray-dried powders of anhydrous butteroil and high melting milkfat encapsulated in disaccharides. *Journal of Food Science*, 60(4), 836-840.
- [50] Shivakumar, K.M., Chetana, R., Yella Reddy, S. (2012). Preparation and properties of encapsulated fat powders containing speciality fat and ω /PUFA-rich oils. *International Journal of Food Properties*, 15(2), 412-425.
- [51] Andersson, K., Lingnert, H. (1997). Influence of oxygen concentration on the storage stability of cream powder. *LWT-Food Science and Technology*, 30(2), 147-154.
- [52] Andersson, K., Lingnert, H. (1998). Influence of oxygen concentration on the flavour and chemical stability of cream powder. *LWT-Food Science and Technology*, 31(3), 245-251.
- [53] Andersson, K., Lingnert, H. (1998). Influence of oxygen concentration and light on the oxidative stability of cream powder. *LWT-Food Science and Technology*, 31(2), 169-176.
- [54] O'Brien, C.M., Grau, H., Neville, D.P., Keogh, M.K., Arendt, E.K. (2000). Functionality of microencapsulated high-fat powders in wheat bread. *European Food Research and Technology*, 212(1), 64-9.
- [55] Schrober, T.J., O'Brien, C.M., McCarthy, D., Darnedde, A., Arendt, E.K. (2003). Influence of gluten-free flour mixes and fat powders on the quality of gluten-free biscuits. *European Food Research and Technology*, 216(5), 369-376.
- [56] Collins, Y., McSweeney, P.L.H., Wilkinson, M.G. (2003). Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge, *International Dairy Journal*, 13, 841-866.
- [57] Paez, R., Pense, N., Sabbag, N., Taverna, M., Cuatrin, A., Zalazar, C. (2006). Changes in free fatty acid composition during storage of whole milk powder. *International Journal of Dairy Technology*, 59(4), 236-241.
- [58] Evers, J.M., Morris, A., Conaghan, E.F., Palfreyman, K.R. (2000). The BDI method – Part II: The effect of the whole milk powder manufacturing process on free fatty acid levels. *The Australian Journal of Dairy Technology*, 55(1), 37-39.
- [59] Kim, S.H., Chang, Y.H., Kwak, H.S. (2010). Physicochemical properties of reconstituted milk made from freeze-dried milk powder or spray-dried milk powder. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 30(1), 28-35.
- [60] Vignolles, M.L., Jeantet, R., Lopez, C., Schuck, P. (2007). Free fat, surface fat and dairy powders: Interactions between process and product. *Lait*, 87(3), 187-236.
- [61] Kim, E.H.J., Chen, X.D., Pearce, D. (2005). Melting characteristics of fat present on the surface of industrial spray-dried dairy powders. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 42, 1-8.
- [62] Kelly, J., Kelly, P.M., Harrington, D. (2002). Influence of processing variables on the physicochemical properties of spray dried fat-based milk powders. *Lait*, 82(4), 401-412.
- [63] Keogh, K., Murray, C., Kelly, J., O'Kennedy, B. (2004). Effect of the particle size of spray-dried milk powder on some properties of chocolate. *Lait*, 84(4), 375-384.
- [64] Farkye, N. (2006). Significance of milk fat in milk powder. Advanced Dairy Chemistry, Volume-2, Lipids (3. Edition), Edited by Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. New York, NY, USA: Springer.

[65] Erbay, Z., Koca, N., Kaymak-Ertekin, F., Ucuncu, M. (2015). Optimization of spray drying process in cheese powder production. *Food and Bioproducts Processing*, 93, 156-165.

[66] Kim, E.H.J., Chen, X.D., Pearce, D. (2009). Surface composition of industrial spray-dried milk powders. 2. Effects of spray drying conditions on the surface composition. *Journal of Food Engineering*, 94, 169-181.
