



# SÜT YAĞI VE FRAKSİYONLARININ ÖZELLİKLERİ

Dilek Büyükbeşe<sup>2</sup>, Emine Elçin Emre<sup>2</sup>, Ahmet Kaya<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi- 27310/Gaziantep

<sup>2</sup>Gaziantep Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi- 27310/Gaziantep

[e-mail: kaya@gantep.edu.tr](mailto:kaya@gantep.edu.tr)

## Abstract

Supercritical carbon dioxide was used to fractionate milk fat produced in January. Six fractions (F1-F6) were produced using pressure values of 10, 20, 25, 30, 33 and 36 MPa. Milk fat and their fractions were analyzed for fatty acids, triglyceride compositions, iodine number and solid fat content. Short chain, medium and total saturated fatty acids were decreased from fraction obtained in the order of F1 to F6, while long chain and total unsaturated fatty acids were increased. It was found that the solid fat content of fraction obtained in raffinate column had higher solid fat content than the other fractions. The higher iodine value of raffinate fraction indicated that fraction was richer in long chain unsaturated fatty acids.

**Key Words:** Milk fat, fractionation, physical and chemical properties.

## Giriş

Süt yağının, gıdalarda yaygın olarak kullanılmasında, uzun raf ömrü, ürünlerin kalite ve tadına katkı sağlaması gibi özellikler temel oluşturmaktadır. Süt yağının karmaşık yağ asitleri kompozisyonuyla 400'ün üzerinde yağ asidinin tanımlanması, farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip trigliseridlerin oluşmasına neden olmaktadır [1, 2]. Tanımlanan bu yağ asitlerinden en azından 12 tanesi > % 0,01 miktarda bulunmaktadır [3]. Süt yağının kimyasal yapısı, -40 ve +40°C arasında değişen erime aralığının ortaya çıkmasına sebep olmaktadır [4, 5]. Yağ asitleri kompozisyonunu, sütün kaynağı, genetik, beslenme, çevresel vb. birçok faktör etkilemektedir [1, 6]. Süt yağının, sertlik, viskozite, sürülebilirlik, plastiklik, ısı transferi ve diğer yağlar ile uyumluluğu gibi çoğu fonksiyonel özelliği katı:sıvı oranı ile ilişkilidir [7]. Belirli bir sıcaklıkta, referans şartlarına bağlı olarak katı yağ yüzdesinin ölçümü (% a/a) ile belirlenen katı yağ içeriği, yağın fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde etkilidir [8-10]. Kaylegian ve Lindsay [8], süt yağı ile ilgili yaptıkları çalışmada, kısa zincirli doymuş yağ asitleri (C<sub>4:0</sub>-C<sub>10:0</sub>) ve uzun zincirli doymamış yağ asitlerinin (C<sub>16:1</sub>-C<sub>18:1</sub>) artması, doymuş yağ asitlerinin (C<sub>16:0</sub>-C<sub>18:0</sub>) azalmasıyla düşük erime noktalı süt yağlarında artış meydana geldiğini bulmuşlardır. Bu durum, erime noktası ve katı yağ içerik profiline azalmasına etki etmiştir. Katı yağ içeriği pulslu nükleer manyetik rezonans ve diferansiyel taramalı kalorimetre kullanılarak ölçülebilir [8]. Son yıllarda en çok tercih edilen teknikler arasında pulslu nükleer manyetik rezonans yer almaktadır.

Yağların, doymamışlık derecesinin belirlenmesi ve yapısının tanımlanmasına yardımcı olan yöntemlerden biri de iyot sayısıdır. Bu değer, Wijs metoduyla ölçülerek belirlenmektedir [11]. Bilimsel alanda bilgi vererek, yağların kalitesi hakkında yorum yapılmasını sağlamaktadır.

Süt yağı, erime özelliklerine göre; düşük-, orta- ve yüksek erime fraksiyonları olarak üç kısma ayrılmaktadır. Bu fraksiyonların farklı kimyasal kompozisyonlara sahip olması, süt yağının fiziksel ve reolojik davranışlarını değiştirerek farklı fraksiyonların elde edilmesinde temel oluşturmaktadır [12, 13]. Süt yağının fraksiyonlama teknolojisi, kullanım alanını arttırmak ve istenilen özelliklerde ürünler elde etmek amacıyla geliştirilmiş olup, şekerleme ürünlerinde düşük erime fraksiyonu, bisküvi, kek ve pastalarda orta erime fraksiyonu, çikolata ve dondurmada ise yüksek erime fraksiyonu hali hazırda kullanıldığı gıda ürünleridir [14-16]. Son yıllarda süperkritik karbondioksit, yağ içeren maddelerin fraksiyonu ve ekstraksiyonu için dikkat çeken bir yöntemdir [17]. Bu fraksiyonlama tekniğinde, öncelikle CO<sub>2</sub>'nin süperkritik fazda olması sağlanır. Bu bölgede basınç ve sıcaklık ayarlamaları yapılırken CO<sub>2</sub>'nin çözme gücü, yoğunluk ile değişim gösterir. Yüksek yoğunluklarda, süperkritik CO<sub>2</sub>'nin yüksek çözme gücü, katı matriks içerisinde bulunan organik bileşiklerin ekstraksiyonunu sağlar. Süperkritik bölgede CO<sub>2</sub>'nin düşük yoğunluk değerlerinde ise, sıvı bileşiklerin ayrıştırılması ve fraksiyonlanmasında etkili olmaktadır. Bileşikleri ekstrakte etmek için, CO<sub>2</sub>'nin düşük viskozitesi ve difüzyon yapabilme özelliğinden faydalanılmaktadır. Bu şekilde, süt yağının temelini oluşturan trigliseridleri farklı erime özelliklerine göre fraksiyonlara ayırmak mümkün olmaktadır. Böylece, zenginleştirilmiş kısa-, orta- ve uzun-zincirli yağ asitlerine sahip trigliseridleri içeren fraksiyon ürünleri elde edilebilmektedir. Ayrıca, fraksiyonlama üretiminde, basınç ve sıcaklığın yanı sıra zamanında etkisi önemlidir. Süt yağının fraksiyonlanmasıyla ilgili, CO<sub>2</sub>'nin farklı kimyasal özelliği ve fiziksel davranışlarında bulunabilme özelliği sayesinde birçok çalışma yapılmıştır [18-20].

Bu çalışmada, Süperkritik CO<sub>2</sub> fraksiyonlama tekniği kullanılarak Ocak ayında üretilen süt yağının fraksiyonlama işlemleri yapılmıştır. Fraksiyonlama çalışmaları, 40°C sıcaklıkta ve farklı basınçlarda (10, 20, 25, 30, 33 ve 36 MPa) gerçekleştirilmiştir. Üretilen fraksiyonların fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenerek değerlendirilmiştir.

## Materyal ve Metot

### 1. Süt yağı

Çalışmalarda kullanılan inek sütü, Ocak ayında yerel bir çiftlikten temin edildi. Süt 70°C'de pastörize edilerek 42°C'ye soğutuldu. Pastörize edilmiş süte aktif yoğurt kültürü (% 3) eklendi, pH değeri 4,5 oluncaya kadar yaklaşık 4 saat 42°C'de bekletildi ve soğutulurak 10°C'de bir gece saklandı. Tereyağı yayıklama işlemi, üretilen yoğurda 1/2 oranında su eklenerek yapıldı. Tereyağı sıcaklık kontrollü bir termostatta 60°C'de eritilerek, 2 saat yağ fazının ayrılması ve berrak bir görünüm alması için bekletildi. Ayrılan yağ fazı çift kat tülbent bezinden süzüldü ve amber renkli şişeler içinde buzdolabı sıcaklığında (4°C) saklandı.

### 2. Kimyasallar

Yağ asitleri kompozisyonu standart yağ asitlerinin metil esterleri (FAME-mix, Sigma Aldrich, St. Louis, MO, ABD) ve trigliserid gruplarının karbon sayılarına göre tanımlanması, standart trigliserid karışımları (Larodan AB, Malmö, İsveç) kullanılarak yapılmıştır. Diğer analizler için kullanılan kimyasallar Merck Firmasından sağlanmıştır (Merck, Darmstadt, Almanya).

### 3. Fraksiyon üretimi

Süt yağından, laboratuvar tipi Süperkritik CO<sub>2</sub> Ekstraksiyon (SK-CO<sub>2</sub> Thar model SFE-500F-2, Thar Teknoloji, Pittsburgh, PA, ABD) cihazı kullanılarak fraksiyonlar üretilmiştir. SK-CO<sub>2</sub> sistemi, yüksek basınç CO<sub>2</sub> pompası, otomatik geri basınç regülatörü, ısı değiştirici, 3 fraksiyonlama kolonu ve termostattan ibarettir. Çalışmaların fraksiyonlama basamakları Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge1. Süt yağının fraksiyonlanma basamakları.

Proses	Rafinat	Kolon 1	Kolon 2	Proses süresi
1	36 MPa	20 MPa (F2)	10 MPa (F1)	1 saat
2	36 MPa	30 MPa (F4)	25 MPa (F3)	1 saat
3	36 MPa (F6)	33 MPa (F5)	-	1 saat

(i) Yaklaşık 150 g eritilen süt yağı tartılarak rafinat kolonuna konuldu. Sistemin yazılım programı ile kolon sıcaklıkları, CO<sub>2</sub> akış hızı ve rafinat kolon basıncı ayarlandı. SK-CO<sub>2</sub> sistemi çalıştırıldı, rafinat kolon basıncı 36 MPa'a ulaştığında 30 dakika süt yağı ve CO<sub>2</sub>'in iyice karışması için pompa kapatıldı. Rafinat kolon basıncı otomatik geri basınç regülatörü ile tüm proses süresince 36 MPa değerinde sabit tutuldu.

(ii) Birinci basamakta, diğ er fraksiyonlama kolonlarının basınçları sırasıyla 20 (F2) ve 10 MPa (F1) olarak ayarlandı. Sistemin çıkış vanası çok az açılarak, kolonlar için belirlenen basınçlar sağlandığında, 1 saat sürekl i CO<sub>2</sub> akışı ile fraksiyonlama yapıldı.

(iii) Birinci basamak sonrası ikinci ve üçüncü kolonların basıncı düşürüldü. F1 ve F2 fraksiyonları düşük basınç altında kolonlardan alındı.

(iv) Yukarıda belirtilen işlemler 25 (F3), 30 (F4) ve 33 (F5) MPa'da diğ er fraksiyonlar için tekrar edildi.

(v) Son olarak raffinat kolon basıncı otomatik geri basınç regülatörü devre dışı bırakıldı ve basınç azaltılması kontrollü yapılarak F6 fraksiyonu alındı. Fraksiyonlama üretimleri 50 mL/dakika CO<sub>2</sub> akış hızında tamamlandı.

#### **4. Yağ Asitleri Analizi**

Süt yağı ve fraksiyonlarının, yağ asitleri kompozisyonunun belirlenmesi amacıyla, trigliseridlerin metil esterleri hazırlandı. Yağ asitleri kapiler HP-88 kolon (% 88 siyanopropil-metil-aril-polisiloksan 100 m×0,25 mm İÇ×0,20 µm) Agilent-7890A model Gaz Kromatografisi (Agilent, ABD) ile belirlenmiştir (Anonim). Alev iyonizasyon dedektörü ve taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmıştır. Her analiz otomatik enjektör ile (split oranı 1:40) 47,5 dakikalık bir sürede belirtilen fırın programı ile tamamlandı; 1 dakika 120°C sabit sıcaklıkta tutuldu, 10°C/dakika hızla 175°C sıcaklığa çıkarıldı, 5°C/dakika hızla 210°C sıcaklığa çıkarıldı, 5°C/dakika hızla 230°C sıcaklığa çıkarıldı. Yağ asitleri kompozisyonu standart yağ asitlerinin (FAME-mix, Sigma Aldrich, St. Louis, MO, ABD) alıkoyma süreleriyle karşılaştırılarak belirlendi.

#### **5. Trigliserid Analizi**

Ocak ayı elde edilen süt yağı ve fraksiyonlarının, trigliserid kompozisyonları Agilent-7890A model Gaz Kromatografisi ile belirlenmiştir [21]. Süt yağı ve fraksiyonları heptan içerisinde çözülerek, analiz için DB-1 (erimiş silika kapiler kolon, 15 mx0,25 mm İÇx0,1 mm, J&W, Folsom, Kanada) kolonu, alev iyonizasyon detektörü (FID) ve taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmıştır. Trigliserid analizi otomatik enjektör (split oranı 1:40) ile yapılmıştır. Enjektör ve detektör sıcaklıkları ise sırasıyla; 330 ve 350°C'dir. Fırın Programına göre; 1 dakika 40°C sabit sıcaklıkta tutuldu, 30°C/dakika hızla 250°C sıcaklığa çıkarıldı, 4°C/dakika hızla 320°C sıcaklığa çıkarıldı, 40 dakika 320°C sabit sıcaklıkta tutuldu.

Trigliserid gruplarının karbon sayılarına göre tanımlanması, standart trigliserid karışımları (Larodan AB, Malmö, Sweden) ile karşılaştırılarak yapılmıştır.

## 6. İyot Sayısı

İyot sayısı, 100 g yağın bağlayabileceği iyot miktarının gram cinsinden ifadesidir. Bu değer süt yağının bünyesindeki doymamış yağ asitleri hakkında bilgi verir. Süt yağları ve fraksiyonlarının iyot değerleri AOCS-Wijs metoduna göre yapıldı [22].

## 7. Katı Yağ İçeriği

Katı yağ içeriği Bruker mq20 model (Bruker, Rheinstetten, Almanya) düşük frekanslı Nükleer Magnetik Rezonans (p-NMR) cihazı kullanılarak ölçüldü. p-NMR cihazının kalibrasyonu, % 0, 31,6 ve 71,8 katı yağ içeriği olan standartlarla yapıldı. Süt yağı ve fraksiyonları, ölçüm öncesi 80°C'de 30 dakika bekletilerek yağların kristal hafızaları silinmiştir [23]. Eritilen yağlar 10 mm çapında ve 180 mm yüksekliğinde cam tüplere konularak sıcaklık kontrollü bir termostatta 1 saat 0°C'de tutuldu ve ölçüm sıcaklığına (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 ve 35°C) ayarlı termostatta 30 dakika bekletildikten sonra katı yağ içerikleri ölçüldü.

## 8. İstatistik Analizler

İstatistik analizlerinde Statgraphics programı ile yapıldı. Örneklerin ortalamalarının karşılaştırılmasında Duncan çoklu aralık testi kullanıldı. Değerlendirmeler % 5 önem derecesi temel alınarak karşılaştırıldı ( $P<0,05$ ).

## Bulgular ve Tartışma

### 1. Yağ Asitleri ve Trigliserid Kompozisyonu

Süt yağı temel olarak kısa ( $C_4-C_8$ ), orta ( $C_{10}-C_{14}$ ) ve uzun ( $C_{16}-C_{20}$ ) karbon zincirli yağ asitleri içeren trigliseridlerden meydana gelmiştir. Süt yağının yağ asitleri kompozisyonunu, sütün kaynağı, genetik, beslenme, mevsimsel değişimler ve yöresel özellikler olarak birçok faktör etkilemektedir [3, 6].

Çizelge 2'de Ocak ayında üretilen süt yağı ve fraksiyonlarının yağ asitleri kompozisyonları verilmiştir. Görüldüğü üzere süt yağında bulunan başlıca yağ asitleri miristik ( $C_{14:0}$ ), palmitik ( $C_{16:0}$ ), stearik ( $C_{18:0}$ ) ve oleik ( $C_{18:1}$ ) asitlerdir. Sonuçlara göre, fraksinasyon basıncının artmasıyla kısa zincirli ( $C_4-C_8$ ), orta zincirli yağ asitlerinin ( $C_{10}-C_{14}$ ) ve doymuş yağ asitlerinin miktarları 10 MPa'dan 36 MPa'ya doğru azalmaktadır. Uzun zincirli yağ asitleri ve doymamış yağ asitlerinin miktarları ise artmaktadır. Beklenildiği üzere, düşük basınçta elde edilen F1 fraksiyonunda kısa zincirli yağ asitleri daha fazla toplanmıştır. Bu davranış fraksiyonlama konusunda yapılan diğer çalışmalarla benzerlik göstermektedir [18, 24, 25].

Rizvi ve Bhaskar [26], SK-CO<sub>2</sub> metodu ile farklı basınçlarda sekiz fraksiyon üretmişlerdir. İlk toplanan fraksiyonun çoğunlukla kısa ve orta zincirli yağ asitleri içeren trigliseridlerden oluştuğunu, bu miktarın diğer fraksiyonlarda azaldığını ve fraksiyonların erime noktalarının arttığını bulmuşlardır.

Sonuçlar, düşük basınçta elde edilen (F1 ve F2) fraksiyonların daha yüksek miktarlarda kısa zincirli yağ asitleri içerdiğini göstermektedir. Düşük basınçlarda SK-CO<sub>2</sub>'in düşük yoğunluğu kısa zincirli yağ asitlerini çözmek ve taşımak için yeterli olmaktadır. Basıncın artmasıyla SK-CO<sub>2</sub>'in çözme gücü ve yoğunluğu artmakta, bu nedenle orta zincirli yağ asitlerini ekstrakt etmesi kolaylaşmaktadır. Kısa ve orta zincirli yağ asitleri içeren trigliseridlerin azalması sonucu, rafinasyon kolonunda (F6) uzun zincirli yağ asitlerine sahip trigliseridlerin miktarının arttığı görülmektedir.

Çizelge 3'te süt yağının ve fraksiyonlarının trigliserid kompozisyonları verilmektedir. Trigliseridlerin fraksiyonlanması çözünen-çözücü arasındaki ilişki prensibine bağlıdır. Düşük yoğunluktaki SK-CO<sub>2</sub> kısa zincirli yağ asitlerini oluşturan trigliserid moleküllerini daha kolay ekstrakte edebilmekte ve basınç farkından dolayı F1'e (10 MPa) taşınabilmektedir. Orta zincirli trigliserid moleküllerinin konsantrasyonu ise çoğunlukla F2 (20 MPa) ve F3 (25 MPa) kolonlarında artmaktadır. SK-CO<sub>2</sub>'in basıncının artması sonucu yoğunluğu artmakta, çözme gücünün artmasıyla orta zincirli trigliserid moleküllerini kolaylıkla ekstrakt etmeye başlatmaktadır [25].

Fraksiyonlama süresince SK-CO<sub>2</sub>'in yoğunluğu (0,57–0,97 g/cm<sup>3</sup>) F1'den F6'ya artması ile düşük erime noktalı trigliseridlerin konsantrasyonu (C<sub>24</sub>-C<sub>34</sub>) rafinasyon kolonunda (F6) azalmakta ve yüksek erime noktalı trigliseridlerin konsantrasyonu (C<sub>24</sub>-C<sub>34</sub>) artmaktadır. Çizelge 3'te F1 fraksiyonunda düşük erime noktalı trigliseridlerin artmakta olduğu bunun yanı sıra F6 fraksiyonlarında ise azalmakta olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarla benzer özellikler göstermektedir [18, 27, 28].

Çizelge 2. Ocak ayında üretilen süt yağı ve fraksiyonlarının yağ asitleri kompozisyonu (%).

Yağ asidi	Süt yağı	F1	F2	F3	F4	F5	F6
C <sub>4:0</sub>	2,2±0,1c	3,0±0,1d	2,9±0,1d	2,8±0,1d	2,3±0,1c	1,8±0,1b	0,7±0,1a
C <sub>6:0</sub>	1,7±0,1bc	2,4±0,1e	2,1±0,1d	2,0±0,1d	1,8±0,1c	1,5±0,1b	0,7±0,1a
C <sub>8:0</sub>	1,1±0,1b	1,5±0,1e	1,4±0,1d	1,3±0,1cd	1,1±0,1bc	1,0±0,1b	0,5±0,1a
C <sub>10:0</sub>	2,4±0,1bc	3,2±0,1e	2,9±0,1d	2,8±0,1d	2,5±0,1c	2,3±0,1b	1,5±0,1a
C <sub>12:0</sub>	2,9±0,1b	3,6±0,1e	3,4±0,1de	3,3±0,1cd	3,0±0,1bc	2,8±0,1b	2,1±0,1a
C <sub>14:0</sub>	11,1±0,2bc	12,7±0,2e	12,2±0,2d	11,9±0,1d	11,3±0,2c	10,8±0,1b	9,2±0,1a
C <sub>14:1</sub>	1,2±0,1b	1,4±0,1b	1,3±0,1b	1,3±0,1b	1,3±0,1b	1,3±0,1b	1,1±0,1a
C <sub>15:0</sub>	1,1±0,1ab	1,2±0,1b	1,1±0,1b	1,2±0,1b	1,1±0,1ab	1,1±0,1ab	1,0±0,1a
C <sub>16:0</sub>	33,4±0,3bc	34,4±0,3d	34,2±0,3d	33,9±0,2cd	33,5±0,2bc	33,2±0,2b	31,8±0,3a
C <sub>16:1</sub>	0,7±0,1ab	0,7±0,1ab	0,9±0,1cd	0,6±0,1a	1,2±0,1e	1,0±0,1de	0,8±0,1bc
C <sub>17:0</sub>	0,6±0,1a	0,6±0,1a	0,6±0,1a	0,6±0,1a	0,6±0,1a	0,6±0,1a	0,7±0,1a
C <sub>17:1</sub>	0,3±0,1a	0,3±0,1a	0,3±0,1a	0,3±0,1a	0,3±0,1a	0,3±0,1a	0,3±0,1a
C <sub>18:0</sub>	13,4±0,2d	11,0±0,2a	11,5±0,3b	11,9±0,2b	12,6±0,2c	13,4±0,2d	16,5±0,2e
C <sub>18:1</sub>	26,0±0,4d	22,4±0,2a	23,3±0,2b	24,2±0,3c	25,5±0,2d	26,8±0,2e	31,0±0,3f
C <sub>18:2</sub>	2,1±0,1ab	1,9±0,1a	2,0±0,1a	2,0±0,1a	2,1±0,1ab	2,1±0,1ab	2,3±0,2b
Doymuş	69,8±0,4b	73,4±0,9d	72,3±0,7cd	71,6±0,6c	69,8±0,8b	68,5±0,7b	64,6±0,6a
Doymamış	30,2±0,4c	26,6±0,9a	27,7±0,7ab	28,4±0,6b	30,2±0,8bc	31,5±0,7c	35,4±0,6d
C <sub>4:0</sub> -C <sub>8:0</sub>	4,9±0,2c	6,8±0,3e	6,4±0,2de	6,1±0,3d	5,2±0,2c	4,3±0,3b	1,9±0,2a
C <sub>10:0</sub> -C <sub>15:0</sub>	18,8±0,4b	22,0±0,5d	21,0±0,6cd	20,4±0,5c	19,2±0,5b	18,2±0,4b	14,8±0,4a
C <sub>16:0</sub> -C <sub>18:2</sub>	76,3±0,5c	71,2±0,9a	72,6±0,9ab	73,5±1,0b	75,6±0,9c	77,5±0,5c	83,3±0,8d

Ortalama ± Standart sapma, n=2, aynı satırda farklı harfler önemli farklılıklar göstermektedir (P<0,05).

Çizelge 3. Ocak ayında üretilen süt yağı ve fraksiyonlarının trigliserid kompozisyonu (%).

Trigliserid	Süt yağı	F1	F2	F3	F4	F5	F6
C <sub>24</sub>	0,3±0,1ab	0,8±0,1d	0,5±0,1c	0,4±0,1bc	0,1±0,1a	TE	TE
C <sub>26</sub>	0,5±0,1cd	0,7±0,1d	0,4±0,1bc	0,4±0,1bc	0,3±0,1ab	0,2±0,1a	TE
C <sub>28</sub>	0,8±0,1cd	1,4±0,1e	0,9±0,1d	0,9±0,1d	0,6±0,1bc	0,3±0,1ab	0,2±0,1a
C <sub>30</sub>	1,4±0,1c	2,3±0,1e	1,7±0,1d	1,5±0,2cd	0,9±0,1b	0,6±0,1a	0,4±0,1a
C <sub>32</sub>	2,2±0,1d	4,1±0,2g	3,2±0,2f	2,8±0,2e	1,9±0,1c	1,3±0,1b	0,6±0,1a
C <sub>34</sub>	5,3±0,2c	8,8±0,2f	7,5±0,2e	6,6±0,2d	4,9±0,2c	3,6±0,2b	1,3±0,1a
C <sub>36</sub>	10,1±0,2c	15,1±0,3g	13,8±0,2f	12,9±0,2e	10,6±0,2d	8,3±0,3b	3,8±0,1a
C <sub>38</sub>	12,7±0,3c	17,0±0,3g	16,4±0,2f	15,2±0,2e	13,9±0,3d	12,0±0,2b	6,5±0,2a
C <sub>40</sub>	10,5±0,2b	12,0±0,3cd	12,4±0,2d	11,9±0,3c	11,7±0,2c	10,5±0,3b	6,1±0,1a
C <sub>42</sub>	7,0±0,2b	7,1±0,3b	7,6±0,2c	7,6±0,2c	7,9±0,3c	7,8±0,2c	5,3±0,2a
C <sub>44</sub>	6,7±0,3b	5,9±0,2a	6,4±0,2ab	6,7±0,3b	7,4±0,3c	7,6±0,2c	6,6±0,2b
C <sub>46</sub>	7,8±0,2d	5,8±0,2a	6,5±0,3b	7,2±0,2c	8,1±0,3d	9,1±0,3e	9,7±0,3e
C <sub>48</sub>	10,0±0,4d	6,2±0,2a	7,3±0,3b	8,1±0,2c	9,7±0,3d	11,3±0,3e	14,3±0,3f
C <sub>50</sub>	11,7±0,3e	6,7±0,2a	7,8±0,2b	9,2±0,3c	11,0±0,3d	13,1±0,4f	20,1±0,4g
C <sub>52</sub>	9,9±0,3d	4,6±0,2a	5,9±0,1b	6,5±0,3b	8,4±0,3c	10,8±0,2e	18,3±0,4f
C <sub>54</sub>	3,3±0,2c	1,5±0,1a	1,7±0,1a	2,3±0,2b	2,6±0,1b	3,7±0,1d	6,8±0,2e
C <sub>24</sub> -C <sub>34</sub>	10,4±0,3d	18,1±0,5g	14,2±0,4f	12,6±0,7e	8,6±0,6c	6,0±0,6b	2,5±0,3a
C <sub>36</sub> -C <sub>40</sub>	33,3±0,4c	44,1±0,7f	42,6±0,7f	39,8±0,7e	36,3±0,7d	30,7±0,8b	16,4±0,4a
C <sub>42</sub> -C <sub>54</sub>	56,3±0,4d	37,8±1,0a	43,2±1,1b	47,6±1,1c	55,1±1,3d	63,3±1,6e	81,2±2,0f

Ortalama ± Standart sapma, n=2, aynı satırda farklı harfler önemli farklılıklar göstermektedir ( $P<0,05$ ).

TE: tayin edilemedi.



### 3. İyot Sayısı ve Katı Yağ İçeriği

Çizelge 4'te Ocak ayında üretilen süt yağı ve fraksiyonlarının iyot sayısı ve katı yağ içerikleri karşılaştırılmaktadır. Fraksiyonların iyot değerleri F1'den F6'ya artış göstermektedir. Rafinasyon fraksiyonunda oleik ve linoleik yağ asitlerinin daha fazla konsantre olduğu görülmektedir. Bunun sonucu olarak iyot değeri de artmaktadır. İyot değerleri, 29,2 ve 38,3 arasında değişmektedir. Süt yağının iyot değeriyle F3 fraksiyonunun değerleri yakındır. F1 fraksiyonundan F6 fraksiyonuna doymamış yağ asit miktarının artışı iyot değerinin artmasına neden olmakta, bu durumda süt yağı ve fraksiyonlarının erime davranışlarına [29] ve katı yağ içeriklerine etki etmektedir.

Çizelge 4. Mevsimsel üretilen süt yağları ve fraksiyonlarının iyot değerleri.

Örnek	İyot sayısı (g/100 g)	Katı yağ içeriği (%)							
		0	5	10	15	20	25	30	35
Süt yağı	33,1	58,7	55,7	44,2	35,8	21,1	12,7	6,9	1,3
F1	29,2	53,6	47,8	34,5	24,9	10,3	5,7	2,1	0,0
F2	30,0	57,3	51,4	37,6	29,0	12,1	7,1	2,4	0,0
F3	31,3	57,1	53,1	40,4	31,8	14,9	8,0	3,8	0,0
F4	32,9	58,9	56,2	45,0	36,7	19,3	11,2	5,7	1,0
F5	34,7	63,6	58,7	50,9	39,7	23,9	15,0	8,3	2,5
F6	38,3	67,2	65,0	54,8	46,8	36,0	23,1	15,8	8,4

Katı yağ içeriği, plastik yağların reolojik özelliklerini etkileyen temel faktörlerden biridir [30]. Katı yağ içeriği tayininde, kuru-seyreltme, diferansiyel taramalı kalorimetre, direkt ve indirekt olarak bilinen nükleer manyetik rezonans (NMR) metotları geliştirilmiştir [31]. Bugün direkt NMR metodu geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Bu metotla, yağın kristalizasyonunun ve katı yağ içeriğinin belirlenmesinde hızlı ve kesin sonuçlar elde edilebilmektedir [8, 32]. NMR metoduyla, süt yağının ve süt yağı fraksiyonlarının katı yağ içeriğini belirlemek için birçok çalışma yapılmıştır [33-35].

Süt yağı ve fraksiyonlarının 0°C'de katı yağ içerikleri çok farklılık göstermemektedir. Ölçüm sıcaklığının artması sonucu kompozisyonların farklılığı belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. F1 fraksiyonundan F6 fraksiyonuna doğru sıcaklığın 15°C'nin üzerine çıkarılması ile düşük erime fraksiyonlarının eridiği ve orta erime fraksiyonlarının ise erimeye başladığı, yüksek erime fraksiyonlarında ise erimenin daha az gerçekleştiği görülmektedir.

Süt yağının katı yağ içerik değerleri, F3 ve F4 fraksiyonlarının değerleri arasında gözlenmiştir.

### **Sonuç**

SK-CO<sub>2</sub> fraksiyonlama için yararlı bir yöntemdir. Süt yağı 40°C'de farklı basınçlarda SK-CO<sub>2</sub> ile fraksiyonlara ayrıldı. SK-CO<sub>2</sub> fraksiyon parametreleri sonuçlara göre, fraksiyonlar arasında süt yağının yağ asidi, trigliserid bileşenleri ile fiziksel özellikleri farklılık gösterdi. Yağ asit ve trigliserid kompozisyonları, iyot ve katı yağ içeriği değerleriyle uyumlu sonuç göstermiştir.

### **Teşekkür**

Bu çalışma, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'na (SAN-TEZ 00674.STZ.2010-2 no'lu proje) ve Şölen Çikolata Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. tarafından desteklenmiştir.

### **Kaynaklar**

1. Jensen, R.G., Ferris A.M., Lammi-Keefe, C.J. *Journal Dairy Science*, 1991, 74, 3228-3243.
2. Gresti, J., Bugaut, M., Maniogui, C., Bezard, J., *Journal Dairy Science*, 1993, 76, 1850-1869.
3. Jensen, R.G., *Journal Dairy Science*, 2002, 85, 295-350.
4. Boudreau, A., Arul, J., *Journal Dairy Science*, 1993, 76, 1772-1781.
5. Breitschuh, B., Windhab, E. J., *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1998, 75, 897-904.
6. Hinrichs, J., Heinemann, U., Kessler, H.G., *Milchwissenschaft*, 1992, 47, 494-498.
7. Kaylegian, K. E., *Journal Dairy Research*, 1995, 78, 2524-2540.
8. Kaylegian, K. E., Lindsay, R.C., *Journal of American Oil Chemists' Society Press*, Champaign, Illinois, 1995, 662 pp.
9. Meagher, L.P., Holroyd, S.E., Illingworth, D., van de Ven, F., Lane, S., *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 2007, 55, 2791–2796.
10. Rodrigues, J. C., Nascimento, A.C., Alves, A., Osorio, N.M., Pires, A.S., Gusmao, J.H., da Fonseca, M.M.R., FerreiraDias, S., *Analytica Chimica Acta*, 2005, 544, 213–218.
11. AOAC 1984. Official Methods of Analysis. AOAC Official Method 28.023, Iodine Absorption Number Wijs Method. Arlington.
12. Timms, R.E. *Australian Journal Dairy Technology*, 1980, 35, 47-53.
13. Wright, A. J., Batte, H. D., Marangoni, G., *Journal Dairy Science*, 2005, 88, 1955-1965.
14. Versteeg, C., Thomas, L.N., Yep, Y.L., Papalois, M., Dimick, P.S., *Australian Journal Dairy Technology*, 1993, 49, 57-61.
15. Ten Grotenhuis, E., Van Aken, G.A., Van Malssen, K.F., Schenk, H., *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1999, 76, 1031–1039.
16. Van Aken, G.A., Ten Grotenhuis, E., Van Langevelde, A.J., Schenk, H., *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1999, 76, 1323-1331.

17. Sahena, F., Zaidul, I.S.M., Jinap, S., Karim, A.A., Abbas, K.A., Norulaini, N.A.N., Omar, A.K.M., *Journal Food Engineering*, 2009,95, 240-253.
18. Arul, J., Boudreau, A., Maklouf, J., Tadrif, R., Sahasrabudhe, M.R., *Journal Food Science*, 1987, 52, 1231–1236.
19. Bhaskar, A.R., Rizvi, S.S.H., Sherbon, J.W., *Journal Food Science*, 1993, 58, 748–752.
20. Mohamed, R.S., Neves, G.B.M., Kieckbusch, T.G., *International Journal Food Science & Technology*, 1998, 33, 445-454.
21. Lund, P., *Milchwissenschaft*, 1988, 43 (3), 159–161.
22. AOCS 1989, Official Methods and Recommended Practice of the American Oil Chemists' Society, Cd 1-25, American Oil Chemists' Society, Campaign, IL.
23. AOCS 2000, Official Methods and Recommended Practice of the American Oil Chemists' Society, Cd 16b-93, American Oil Chemists' Society, Campaign, IL.
24. Fatouh, A.E., Mahrana, G.A., El-Ghandoura, M.A., Singh, R.K., *LWT-Food Science and Technology*, 2007, 40, 1687-1693.
25. Arul, J., Tardif, R., Boudreau, A., McGinnis, D.S., Lencki, R.W., *Food Research International*, 1994, 27, 459–467.
26. Rizvi, S.S.H., Bhaskar, A.R., *Food Technology*, 1995, 49, 90–100.
27. Yoon, J., Hartel, R.W., Wang, Y., *Journal of Food Processing and Preservation*, 1993, 17, 471–484.
28. Bhaskar, A.R., Rizvi, S.S.H., Bertoli, C., *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1998, 75, 1249–1264.
29. Kleyn, D.H., *Food Technology*, 1992, 46, 118–121.
30. Liang, B., Shi, Y., Hartel, R., *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2008, 85, 397–404.
31. Nassau, R.T., Gonçalves, L.A.G., *Grasas y Aceites*, 1995, 46, 337-343.
32. Gribnau, M., *Trends in Food Science & Technology*, 1992, 3, 186–190.
33. Fatouh, A.E., Singh, R.K., Koehler, P.E., Mahran, G.A., El-Ghandoura, M.A., Metwally, A.E., *LWT-Food Science and Technology*, 2003, 36, 483-496.
34. Campos, R., Narine, S.S., Marangoni A.G., *Food Research International*, 2002, 35, 971–981.
35. Wiking, L., de Graef, V., Rasmussen, M., Dewettinck, K., *International Dairy Journal*, 2009, 19, 424–430.