

## Peynirlerin Kuru Madde, Yağ ve Protein İçeriklerinin Hızlı Belirlenmesinde Optik İnfrared Analiz Sistemli Süt Analizörünün Kullanım Potansiyeli

Yusuf Yılmaz<sup>1</sup>, Oğuz Gürsoy<sup>1</sup>, Özge Gökçe<sup>2</sup>, Kübra Ertan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 15100, Burdur

<sup>2</sup>Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, 15100, Burdur

Geliş Tarihi (Received): 01.02.2015, Kabul Tarihi (Accepted): 10.03.2015

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): yusyufyilmaz@mehmetakif.edu.tr (Y. Yılmaz)

☎ 0 248 213 2722 📠 0 248 213 2704

### ÖZ

Optik infrared analiz sistemli süt analizörleri orta ve büyük ölçekli süt işletmeleri ile ulusal çapta birçok araştırma merkezinde sütlerin temel bileşen analizinde yaygın bir şekilde kullanılmakta ve çiğ sütlerin temel bileşen analizi dakikalar içerisinde verilebilmektedir. Bu çalışmanın amacı optik infrared analiz sistemli süt analizörünün, peynirlerin kuru madde, protein ve yağ içeriklerinin hızlı ve güvenli bir şekilde belirlenmesinde kullanım potansiyelinin belirlenmesidir. Çalışmada süzme, tam yağlı beyaz peynir, tulum peyniri, Ezine tipi peynir ve labne tipi değişik markalardaki peynirlerin kuru madde, protein ve yağ içerikleri hem analizör ile hem de resmi analiz yöntemleri ile belirlenmiş ve iki yöntem arasındaki ilişki ortaya konulmuştur. Homojen hale getirilmiş peynir örnekleri çiğ sütün kuru madde içeriğine yakın olacak şekilde (ağırlıkça %10, 12 ve 14) üç farklı su (sıcaklık yaklaşık 60°C) oranı ile homojenizer kullanılarak karıştırılmış ve peynir fraksiyonları farklı olan üç farklı çözelti elde edilmiştir. Peynir fraksiyonu ile süt analizöründe çözeltilerin kuru madde, yağ ve protein içeriklerine karşılık grafiklerden elde edilen denklemler yardımıyla, peynir fraksiyonunun bir (1.0) olması durumunda örnekteki kuru madde, yağ ve protein içerikleri hesaplanmıştır. Süt analizörü kullanılan yöntemde örnek hazırlama basamağı optimize edilmiş ve örnek okumaları arasındaki sapma minimal seviyeye indirilmiştir. Ancak üç noktalı eğim çizgilerinin her zaman doğrusal olmadığı görülmüştür. Filtre entegreli poşetlerin kullanılması okumalar arasında sapmayı azaltmakla birlikte, sonuçlar resmi analiz yöntemlerinden genel olarak düşük bulunmuştur. Kuru madde içeriği bakımından iki analiz sonucu arasında en düşük fark (%3) labne peyniri için bulunmuştur. Örnek hazırlamanın optimize edilmesi sonrasında Ezine, beyaz peynir ve tulum peyniri örneklerinde kuru madde içerikleri, resmi yöntem sonuçlarıyla kıyaslandığında sırasıyla %74, 83 ve 82 düşük bulunmuştur. Yağ içerikleri söz konusu olduğunda ise, resmi yöntem sonuçlarıyla kıyaslandığında optimize yöntem sonuçları sırasıyla %48, 52 ve 56 düşük olurken, protein içerikleri ise sırasıyla %71, 72 ve 80 düşük hesaplanmıştır. Sonuç olarak, çalışılan koşullar altında optik infrared analiz sistemli süt analizörünün süzme, tam yağlı beyaz peynir, tulum peyniri, Ezine tipi peynir ve labne peynirlerinin kuru madde, yağ ve protein içeriklerinin belirlenmesindeki potansiyelinin önemli oranda düşük olduğu görülmüştür. Bu düşüklüğün ana nedenleri arasında, farklı peynir fraksiyonları içeren çözeltiler için elde edilen içeriklere ait eğim çizgilerinin doğrusallığının her zaman yakalanamaması ve süt analizörünün filtresini korumak amaçlı kullanılan filtrasyon aşamasında içeriklerde önemli kayıpların görülmesi sayılabilir. İleride yapılacak çalışmalarda farklı örnek hazırlama teknikleri ile süt analizörünün potansiyelinin daha detaylı incelenmesi faydalı olabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Süt analizörü, Peynir, Kuru madde, Yağ, Protein

### Potential Use of Milk Analyzer with Optical Infrared System for Determination of Dry Matter, Protein and Fat Contents of Cheeses

#### ABSTRACT

Milk analyzers with optical infrared system are commonly used in medium and large scale dairies and many research centers nationwide for raw milk principal component analyses, and the results can be given within minutes. The aim of

this study is to optimize milk analyzer with optical infrared system, which is commonly used in the main component analysis of raw milk, for the determination of dry matter, protein and fat contents of cheeses. This method may be a faster and safer alternative to official methods. In this study, dry matter, protein and fat contents of white cheese, Tulum cheese, Ezine-type cheese, süzme and labneh type cheeses were determined by the analyzer as well as official methods of analysis, and the correlation between the two methods was determined. Homogenized cheese samples were diluted with distilled water (at about 60°C) at three different ratios to obtain a solution having the dry matter content similar to raw milk (10, 12 and 14% by weight). After solutions were filtered with the bag with integrated filter layer, their dry matter, protein and fat contents were determined by milk analyzer. Using the equations of the graph plotted cheese ratio of solutions against dry matter, fat or protein contents, the original contents of the cheeses without water were calculated. Deviations in sample readings by the milk analyzer were reduced by the appropriate modifications in sample preparation step. On the other hand, it was observed that the regression line of the three solutions was not always linear. Although the filtration by the use of integrated filter bag reduced the deviation between readings of milk analyzer, the results obtained from the regression lines for original cheese samples were generally lower than those from the official methods of analysis. The difference in dry matter content results between two methods was 3%, the lowest among the cheese samples studied. After the optimization of the sample preparation step, dry matter contents in samples of the Ezine, white cheese and Tulum cheese were 74, 83 and 82% lower than the results of official methods, respectively. Fat contents in samples of the Ezine, white cheese and Tulum cheese were 48, 52 and 56% lower than the results of official methods, respectively. Modified method underestimated the protein contents of the Ezine, white cheese and Tulum cheese by 71, 72 and 80%, respectively. Consequently, under the conditions studied the potential of the proposed method for the determination of dry matter, fat and protein contents of süzme and labneh, full fat white cheese, Ezine and Tulum cheese was found to be significantly low. Non-linearity of regression line for cheese solutions and filtration step in sample preparation to protect the milk analyzer inlet are major restrictions for the potential use of milk analyzers.

**Keywords:** Milk analyzer, Cheese, Dry matter, Fat, Protein

## GİRİŞ

Gıda ürünlerinin temel bileşen (kompozisyon) analizi hem kalite sağlama için hem de yasal açılardan yapılması gereken analizlerdendir. Gıdalarda kuru madde (ya da nem), protein ve yağ analizlerinin gerçek değerleri yansıtması için resmi analiz yöntemlerinin kullanılması gereklidir. Özellikle kuru madde ve yağ içeriği için resmi analiz yöntemleri uzun zaman almaktadır. Optik infrared analiz sistemli süt analizörleri orta ve büyük ölçekli süt işletmeleri ile ulusal çapta birçok araştırma merkezinde sütlerin temel bileşen analizinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Saatte 100'ün üzerinde çiğ süt numune tayin edebilen infrared temelli ticari sistemler mevcuttur. Peynirlerin kuru madde tayini için hazırlık dahil 10 saate ihtiyaç duyulabilmektedir. Kjeldahl yöntemiyle peynirlerde protein içeriği uzun bir süre sonunda verilebilmektedir. Yağ ve protein analizlerinde kullanılan kimyasallar (sülfürik asit, sodyum hidroksit ve hidroklorik asit) tehlikeli olup, bu yöntemler çevre dostu değildir.

Gıda analizleri araştırma-geliştirme programının bir parçası, yeni gıda ürünü geliştirilirken veya kalite sağlama programının bir parçası olarak yapılmaktadır. Gıdaların kimyasal kompozisyonu ürünün duyu ve beslenme açısından özelliklerinin ortaya konulmasında önemlidir. Bu amaçla seçilecek analiz yöntemini hız, hassasiyet ve doğruluk etkilemektedir. Resmi analiz yöntemleri gıdaların analizi için kritik önemde olup, gıdaların yasalara uygunluğunun belirlenmesi için çok önemlidir. Analizin amacı seçilecek yöntem üzerine doğrudan etkilidir. Proses kontrol örnekleri için hız belirleyici iken, şikâyetle söz konusu olan örnekler için analizin resmi olup olmaması önem kazanmaktadır [1].

Resmi analiz yöntemlerinin belirlenmesi, genellikle kar amacı gütmeyen uluslararası dernekler/örgütler aracılığı ile olur. Bu örgütler arasında AOAC (Association of Official Analytical Chemists International), AOCS (American Oil Chemists' Society), AACC (American Association of Cereal Chemists) sayılabilir. Amerikan Halk Sağlığı Derneği'nin Standard Methods for the Examination of Dairy Products yöntem kitabında süt ve süt ürünlerinin kimyasal ve fiziksel analiz yöntemleri basılmaktadır [2]. Uluslararası Sütçülük Federasyonu da (International Dairy Federation) süt ve süt ürünlerinde standart analiz yöntemleri basılmaktadır [3].

AOAC [4] yönteminde peynirlerde nem analizi Method No. 926.08'ya uygun yapılmalıdır. Yöntem, örneklerin 103±5°C sıcaklıkta sabit ağırlığa gelene kadar kurutulması prensibine dayanır. İşlemden geçirilmiş standart deniz kumundan bir miktar ve cam bir baget kurutma kabına konulur. Kurutma kabı 103°C sıcaklıktaki etüvde bir saat kurutulur. Etüvden alınan kurutma kabı desikatör içinde oda sıcaklığına kadar soğutulur. İçerisinde kuru deniz kumu ve baget bulunan kurutma kabının ağırlığı tartılır (A1). Yaklaşık 2 gram rendelenmiş (homojen hale getirilmiş) peynir kurutma kabının içerisine tartılır (A2). Cam baget yardımı ile kum ve peynir iyice ezilerek karıştırılır. Bu işlemin amacı kurutma sırasında nem çıkışına engel olabilecek kabuk oluşumunun önlenmesidir. Cam baget kurutma kabının içerisine bırakılır ve bu halde etüvde 103°C sıcaklıkta 5 saat kurutmaya devam edilir. Kurutma sonunda kap desikatör içerisinde oda sıcaklığına kadar soğutulur ve ağırlık tartılır (A3). Örneğin nem içeriği şu eşitlikten hesaplanır:

$$\% \text{ Nem} = (A2 - A3) \times 100 / (A2 - A3)$$

Yüzden (100) , yüzde (%) nem çıkarıldığında örneğin % kuru maddesi bulunur:

$$\% \text{ Kuru madde} = 100 - \% \text{ Nem}$$

Tüm işlem göz önüne alındığında kurutma kaplarının hazırlanması dahil ihtiyaç duyulan süre 8 saatten fazla olmaktadır. Infrared lambalı kurutma sistemleri mevcuttur ancak bu tür analiz yöntemleri AOAC tarafından onaylanmış yöntemler değildir. Infrared lamba 120°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda numuneyi kuruturken yüzeyde yanma meydana getirmektedir. Peynir numunelerinde ise yağ sıçraması önemli bir sorundur. Bu iki nedenden dolayı, yöntem resmi otoritelerce [3, 4] kabul görmemektedir.

Gerber yöntemi [5] ile yapılan peynirlerin yağ içeriği analizinde bütirometreler kullanılmaktadır. Yöntemde kısaca, 3 gram örnek tartılır. Bütirometreye 10 mL sülfürik asit dikkatlice konulduktan sonra 60°C sıcaklıkta 3 mL distile su ilave edilir. Yağa dayanıklı selofan kağıda sarılı peynir örneği bütirometre içine yerleştirilir ve üzerine 60°C sıcaklıkta su ile 1 mL amil alkol ilave edilir. Peynir partiküllerinin tamamen çözünmesi için bütirometre iyice çalkalanır ve 1300 devir/dakika'da 5 dakika santrifüj edilir. Bütirometre 65°C sıcaklıktaki su banyosuna tıpası aşağıda olacak şekilde yerleştirilerek 2-3 dakika bekletilir. Bütirometrenin yağ sütunundan yağ yüzdesi okunarak ürünün yağ içeriği belirlenir.

Süt ve ürünlerinin toplam protein içeriğinin belirlenmesinde IDF'in [6] Kjeldahl Yöntemi (No. 20A: 1986) yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntemde rendelenmiş peynir örneğinden 1 gram tartılır ve Kjeldahl balonu içine yerleştirilir. Balona derişik sülfürik asit ve katalizör tablet koyulur. Örnek berraklaşana kadar yakma ünitesinde 350-400°C sıcaklıkta yakılır. Sülfürik asit içine hapsedilen amonyum, %40'lık sodyum hidroksit ilave edilmesiyle serbest bırakılır ve 50 mL %4'lük borik asit çözeltisi içine distile edilir. Distilat, 0.5N hidroklorik asit çözeltisi ile titre edilerek azot miktarı belirlenir. Peynirlerin ham protein içeriğinin belirlenmesi için, % azot 6.38 faktörü ile çarpılır.

Azot üzerinden protein tayini için kullanılan bir diğer yöntem de Dumas Yöntemi'dir. Bu yöntem AOAC tarafından resmi kabul gören bir yöntem olup, ürünün yakılarak oluşan gazdaki azotun gaz analizörü vasıtasıyla analiz edilmesi ilkesine dayanmaktadır. Kjeldahl yöntemine göre analiz hızlı olup, dakikalar içerisinde analiz sonucu alınabilmektedir.

IDF onaylı optik infrared analiz sistemli analizörler çiğ sütlerin temel bileşenleri ile somatik hücre sayılarının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan cihazlardır [7]. Ölçümler, orta-infrared bölgede yer alan dalga boyundaki ışığın ürüne gönderilip enerji absorpsiyonunun ölçülmesi prensibine göre yapılır. Pahalı olan bu cihazlar genellikle çiğ sütlerin yağ, protein, laktoz ve kuru madde içeriklerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Saatte 150 numuneyi analiz edebilen türleri ticari olarak mevcuttur.

Bu çalışmanın amacı çiğ sütlerin temel bileşen analizinde yaygın olarak kullanılan optik infrared sistemli analizörü, peynirlerin kuru madde, protein ve yağ içeriklerinin çok hızlı ve güvenli bir şekilde belirlenmesinde kullanım potansiyelinin olup olmasının ortaya konulmasıdır. Süzme peynir, beyaz peynir, tulum peyniri, Ezine tipi peynir ve labne tipi peynirlerin kuru madde, protein ve yağ içerikleri hem analizör ile hem de resmi analiz yöntemleri ile belirlenmiş ve iki yöntem arasındaki ilişki ortaya konulmuştur.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada, halihazırda ticari olarak üretimi gerçekleşen süzme peynir, beyaz peynir, tulum peyniri, Ezine tipi peynir ve labne tipi peynirler yerel bir marketten temin edilmiştir. Peynir örnekleri, paketinden dikkatli bir şekilde çıkarılmış ve varsa salamurasından uzaklaştırıldıktan sonra blender (Arçelik, İstanbul, Türkiye) yardımı ile homojen hale getirilmiştir. Homojen hale getirilen peynirlerden kuru madde içeriği %10, 12 ve 14 olacak şekilde yaklaşık 60°C sıcaklıkta distile su ile çözeltiler hazırlanmıştır. Kuru madde içeriklerinin yaklaşık olarak belirlenmesinde ürün üzerindeki etiket bilgilerinden yararlanılmıştır.

Hazırlanan çözeltiler 1 dakika boyunca 25000 devir/dakika hızda homojenizer (Daihan, Seul, Kore) kullanılarak homojen bir sıvı elde edilmiştir. Partikül büyüklüğü önemli oranda azaltılan çözeltiler filtresi olan bir poşet içinden (Biomerieux, Paris, Fransa) geçirilmiş ve süzüntü süt analizöründe hemen analize alınmıştır. Bentley (B 150) marka optik infrared analiz sistemli süt analizörü kullanılarak süzüntülerin kuru madde, protein ve yağ içerikleri belirlenmiştir.

Optik infraredli süt analizörü ile kuru madde içeriği %10, 12 ve 14'e ayarlanan çözeltilerin kuru madde, protein ve yağ içeriği dört kez okunmuştur. Süt analizöründe okunan değerler ile çözeltilerdeki peynir fraksiyonları (ağırlık bazında) arasında grafikler çizilmiş ve oluşturulan lineer eğrilerin eşitlikleri kullanılarak fraksiyonun 1.0 olması durumunda (çözeltinin peynir olduğu varsayıldığında) okunabilecek değer bulunmuştur.

Seçilen peynirlerin nem içerikleri farklı olduğu için, saf suyla homojenize etme işlemi her bir peynir türü için üç farklı su oranıyla gerçekleştirilmiştir. Üç farklı oranda su ile peynirler homojenize edilmiş ve karışımın nihai su içeriği çiğ süte yaklaştırılmıştır. Grafik üzerinde çözeltilerdeki peynir fraksiyonlarına karşılık kuru madde, yağ ve protein içerikleri (%) çizilmiş ve elde edilen lineer denklemler yardımıyla fraksiyonun peynir (yani 1.00) olması durumuna göre orijinal peynirin kuru madde, yağ ve protein içeriği belirlenmiştir. Deneyler her bir peynir çeşidi için 4 okuma olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Kuru madde fraksiyonu 0.23, 0.27 ve 0.32 olan 50 gram homojen peynir (örnek Ezine tipi peynir) ile hazırlanacak karışım için, karışım toplam ağırlıkları ile ilave edilecek su ağırlıkları aşağıdaki örnekte (Tablo 1) sunulmaktadır. Üç farklı peynir fraksiyonuna sahip çözeltiler,

hazırlanmasını takiben optik infrared analiz sistemli süt analizörü kullanılarak çözeltilerin kuru madde, protein ve

nem içerikleri belirlenmiştir.

Tablo 1. Üç farklı peynir fraksiyonu elde etmek için gerekli peynir ve distile su miktarlarının hesaplanmasına örnek

Parametre	Hedef Kuru Madde İçeriği		
	%10	%12	%14
Peynir ağırlığı (g)	50.00	50.00	50.00
Elde edilecek karışım ağırlığı (g)	218.50	182.08	153.07
İlave edilecek distile su miktarı (g)	168.50	132.08	106.07
Karışımındaki peynir fraksiyonu	0.23	0.27	0.32

Peynirlerin kuru madde fraksiyonlarının hazırlanmasında ürünlerdeki besin etiketlerinden yararlanılmıştır. Yaklaşık kuru madde içeriğinin yağ, karbonhidrat ve proteinlerden (Tablo 2) oluştuğu varsayılarak çözeltilerin

nihai kuru madde içerikleri %10, 12 ve 14 olacak şekilde distile su ile karıştırılmıştır. Hedef alınan kuru madde tespit edilmesinde inek sütünün yaklaşık kuru madde değerleri kullanılmıştır.

Tablo 2. Araştırmada kullanılan ticari peynirlerin besin etiketlerinde yer alan bileşen bilgileri ve yaklaşık kuru madde içerikleri

Peynir Çeşidi	Yağ (%)	Karbonhidrat (%)	Protein (%)	Yaklaşık Kuru Madde (%)
Tam Yağlı Beyaz (A marka)	20.0	2.7	17.0	39.7
Tam Yağlı Beyaz (B marka)	18.0	3.5	15.0	36.5
Süzme	20.0	3.8	11.3	35.1
Tam Yağlı Kültürlü Beyaz	20.5	3.2	11.3	35.0
Labne	18.0	6.5	5.6	29.1
Ezine	23.5	2.0	18.2	43.7
Beyaz Peynir	17.5	0.5	18.1	36.1

Homojen hale getirilen peynir örneklerinin kuru madde, protein ve yağ içerikleri aynı zamanda Giriş kısmında belirtilen resmi analiz yöntemleri (IDF veya AOAC) ile belirlenmiştir. Çalışılan peynirlerin kuru madde içeriği etüvde kurutma yöntemiyle, yağ içeriği Gerber Yöntemiyle ve protein içeriği Dumas Yöntemiyle belirlenmiştir. Peynirlerin kuru madde, protein ve yağ içerikleri resmi yöntemlerle belirlendikten sonra optimize edilen yöntemle elde edilen sonuçların resmi yöntemden sapması yüzde olarak hesaplanmıştır.

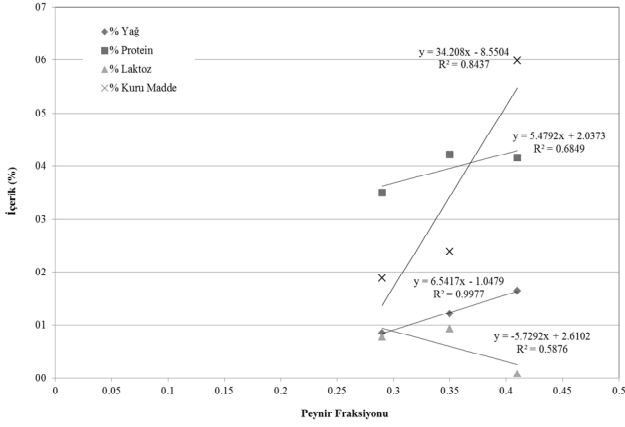
## BULGULAR ve TARTIŞMA

Ön denemelerde el blenderi ile ezilmiş beyaz peynir numuneleri farklı oranlarda distile su ile karıştırılmış ve karışım homojen hale getirilmiştir. Partiküllerin uzaklaştırılması amacıyla karışım, adi filtre kâğıdından süzülmüş ancak süzülme çok yavaş gerçekleşmiştir. Bu nedenle, ezilmiş peynir numuneleri saf su ile karıştırıldıktan sonra 26000 devir/dakika hızda homojenizer ile bir dakika süresince homojenizasyon işlemine maruz bırakılarak partiküller küçültülmüştür. Bu aşamada, karışımlarda kullanılacak distile su 65°C'de, su banyosunda bekletilerek sıcaklığı yaklaşık 60±1°C'ye getirilmiştir. Sıcaklığın süzme hızına etkisi olumlu olmuş ancak filtrasyon sorunu tam olarak çözülememiştir. Çözeltiler 40°C'de santrifüjlenerek partiküller uzaklaştırılmıştır. Son olarak, yüksek hızda bir dakika homojenize edilen çözeltiler, entegre filtre tabakası olan polietilen poşetler kullanılarak filtre edilmiştir. Filtre tabakalı poşetlerde süzülen karışımlardan elde edilen süzüntü, süt benzeri yapıda olmuştur. Süzüntülerin kuru madde, protein ve yağ içerikleri optik infrared analiz sistemli süt analizöründe incelenmiştir.

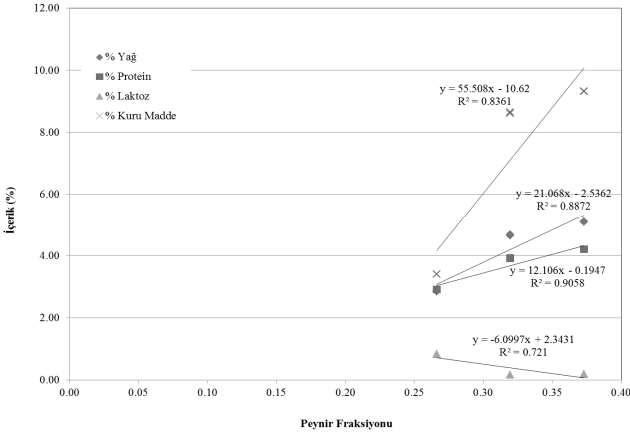
Peynir numunelerinin kuru madde, protein ve yağ içerikleri resmi yöntemlerle de belirlenmiştir.

Şekil 1'de oda sıcaklığında distile su ile hazırlanmış tam yağlı beyaz peynir numunesine ait üç peynir fraksiyonu için oluşturulmuş içerikler ve elde edilen denklemler görülmektedir. Optik infrared analiz sistemli süt analizörü ile elde edilen değerler yağ içeriği dışında doğrusallıktan sapma göstermiştir. Laktöz içeriği düşük olan peynirlerde, seyreltme ile birlikte sapma belirgin hale gelmiş ve en düşük R<sup>2</sup> değeri bu parametre için bulunmuştur.

Ön denemelerde bir başka marka tam yağlı beyaz peynir ile de çalışılmış ve çalışma sonuçları Şekil 2'de gösterilmiştir. Çalışmada hazırlanan peynir fraksiyonlarına ait çözeltiler süt analizöründe dört kez okutulmuştur. Peynir fraksiyonları 0.24, 0.29 ve 0.33 olan çözeltiler için kuru madde içeriklerinin ortalama±standart sapmaları sırasıyla 2.89±0.179, 3.67±0.306 ve 8.75±0.748 olmuştur. Relatif standart sapmaları ise %5'in üzerinde olup sırasıyla %6.2, 8.2 ve 8.5 olarak hesaplanmıştır. Standart sapmanın %5'in altına indirilmesi amacıyla çözeltiler hazırlamakta kullanılan distile su sıcaklığı yaklaşık 60°C'ye ayarlanmıştır.



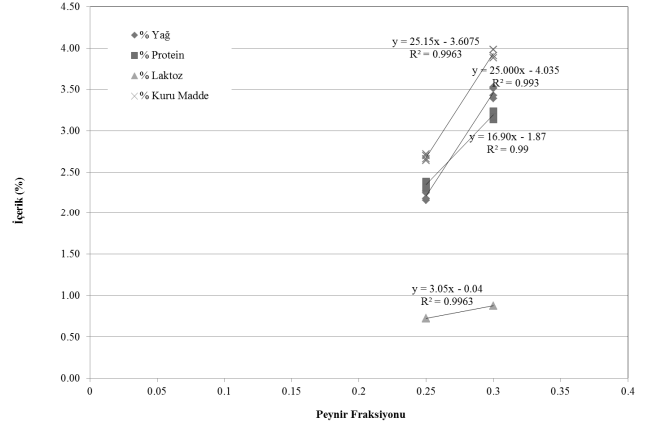
Şekil 1. Tam yağlı beyaz peynirden (B marka) hazırlanmış çözeltilere ait fraksiyonların optik infraredli süt analizöründen elde edilen içerikleri. Her bir fraksiyon için belirlenen nokta dört okumadan elde edilmiştir. Fraksiyonlar oda sıcaklığında distile su ile hazırlanmıştır.



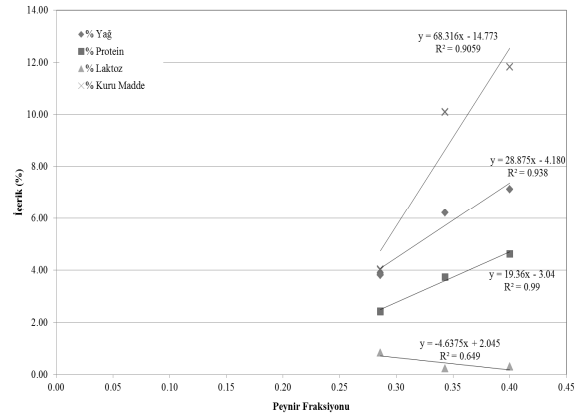
Şekil 2. Tam yağlı beyaz peynirden hazırlanmış çözeltilere ait fraksiyonların optik infraredli süt analizöründen elde edilen içerikleri (ön deneme sonuçları, fraksiyonlar oda sıcaklığında distile su ile hazırlanmıştır). Her bir fraksiyon için belirlenen nokta dört okumadan elde edilmiştir.

Ön denemelerle örnek hazırlama basamağı iyileştirilmiş ve homojenizer, ılık distile su ile filtre entegreli polietilen poşet kullanılarak numune hazırlandığında süt analizöründe stabil değerlerin elde edilebileceği görülmüştür. Bu durum farklı bir tam yağlı beyaz peynir numunesi ile test edilmiş, dört okuma arasındaki farklılık önemli oranda azaltılmış ve relatif standart sapma %5'in altına inmiştir (Şekil 3).

İki farklı fraksiyona ait içerikler arasında çizilen doğrulara ait determinasyon katsayıları yüksek olsa da, üçüncü bir fraksiyona ait veriler eklendiğinde doğrusal bir artış veya azalışın olmadığı görülmüştür. Şekil 4'te süzme peynire ait veriler sunulmaktadır. Protein içeriği için çizilen doğrunun determinasyon katsayısı 0.99 iken kuru madde için bu sayı 0.91 olmuştur. Lineer bir artış olmaması optik infrared analiz sistemli süt analizörünün peynirlerin kuru madde, yağ ve protein içeriklerinin belirlenmesinde kullanım potansiyelini ciddi oranda düşürmektedir.



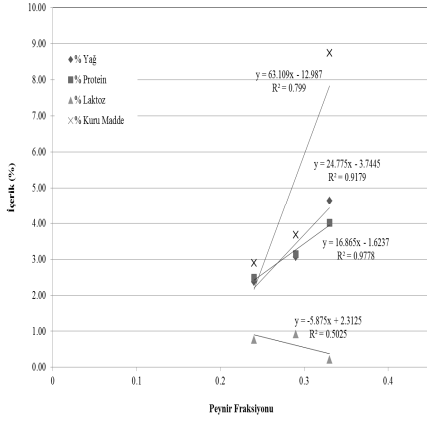
Şekil 3. Tam yağlı beyaz peynirden (A marka) hazırlanmış çözeltilere ait fraksiyonların optik infraredli süt analizöründen elde edilen içerikleri (ön deneme sonuçları, ılık distile su ile hazırlanmıştır). Her bir fraksiyon için belirlenen nokta dört okumadan elde edilmiştir.



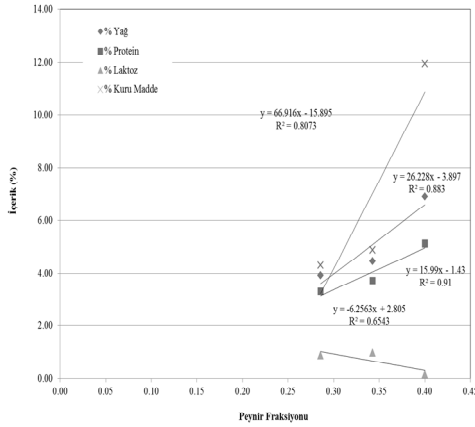
Şekil 4. Süzme peynirden hazırlanmış çözeltilere ait fraksiyonların optik infraredli süt analizöründen elde edilen içerikleri. Her bir fraksiyon için belirlenen nokta dört okumadan elde edilmiştir.

Optimize edilen yöntem ile tam yağlı beyaz peynir fraksiyonlarına ait çözeltilerin kuru madde, protein ve yağ içerikleri ile bu parametreler için oluşturulan lineer denklemler Şekil 5'te verilmektedir. Çözeltilerin protein ve yağ içeriklerine ait doğrusal denklemlerin determinasyon katsayıları sırasıyla 0.9778 ve 0.9179 iken, kuru madde içerikleri için bu değer 0.7990'a düşmüştür.

Yöntem, tam yağlı kültürlü beyaz peynir için denemiş (Şekil 6) ancak hazırlanan en yüksek fraksiyona ait çözeltiler için süt analizöründen okunan kuru madde değerleri birbirine çok yakın (%12) olmakla birlikte bir alt fraksiyonlarla kıyaslandığında yaklaşık 2.5 katı olmuştur. Fraksiyonlara ait kuru maddelerin ortalamaları doğrusallıktan uzak olmuş ve bu durum determinasyon katsayısının düşük ( $R^2=0.8073$ ) olmasıyla sonuçlanmıştır.



Şekil 5. Tam yağlı beyaz peynirden hazırlanmış çözeltilere ait fraksiyonların optik infraredli süt analizöründen elde edilen içerikleri. Her bir fraksiyon için belirlenen nokta dört okumadan elde edilmiştir.

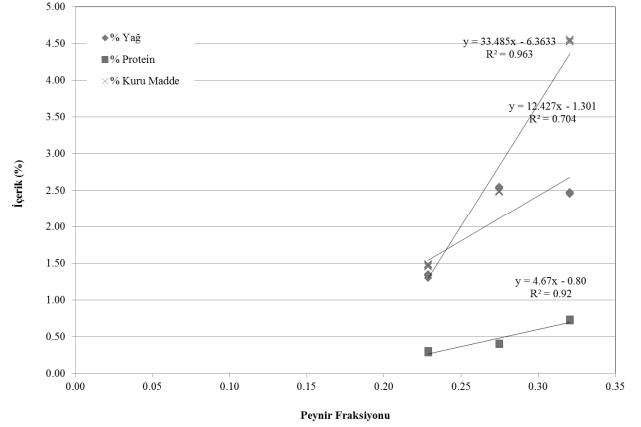


Şekil 6. Tam yağlı kültürlü beyaz peynirden hazırlanmış çözeltilere ait fraksiyonların optik infraredli süt analizöründen elde edilen içerikleri. Her bir fraksiyon için belirlenen nokta dört okumadan elde edilmiştir.

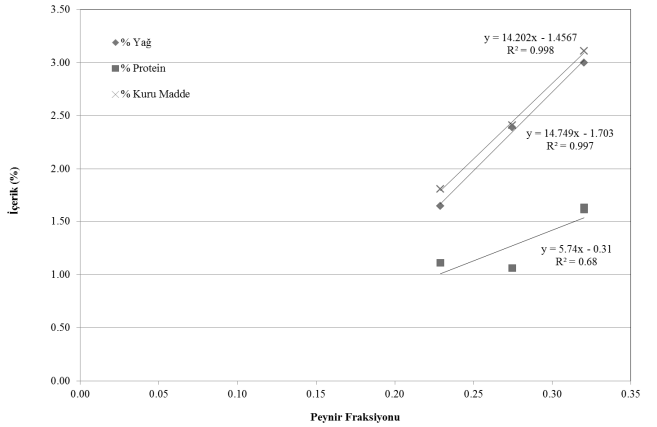
Yöntem, labne peynirde de denenmiş ve sonuçlar Şekil 7'de gösterilmiştir. Kuru madde ve protein içeriklerine ait verilerin doğrusallığının yağ içeriğine göre yüksek olduğu görülmüştür. Labne peynirleri için hazırlanan çözeltilerin kuru madde, protein ve yağ içerikleri genel olarak düşük olmuştur. Çalışılan peynirler arasında kuru madde içeriği en düşük olan peynir çeşidinin labne peynir olduğu görülmüştür.

Erzincan klasik beyaz peynirinde yapılan çalışmada (Şekil 8) peynir fraksiyonlarına ait hazırlanan çözeltilerin kuru madde ve yağ içeriklerinin doğrusallığının oldukça iyi olduğu ve determinasyon katsayılarının sırasıyla 0.998 ve 0.997 olduğu görülmüştür. Protein içeriği için elde edilen doğrunun determinasyon katsayısı ise 0.680 olmuştur.

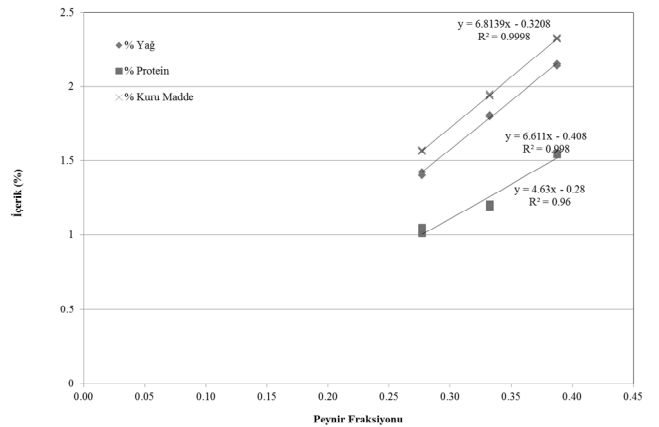
Yöntem, beyaz peynirde de denenmiş ve sonuçlar Şekil 9'da gösterilmiştir. Kuru madde, protein ve yağ içeriklerine ait verilerin doğrusallığının yüksek olduğu görülmüştür. Kuru madde, protein ve yağ içerikleri için oluşturulan eğim çizgilerine ait determinasyon katsayıları ( $R^2$ ) sırasıyla 0.999, 0.961 ve 0.998 olarak bulunmuştur.



Şekil 7. Labne peynirden hazırlanmış çözeltilere ait fraksiyonların optik infraredli süt analizöründen elde edilen içerikleri. Bir fraksiyon için belirlenen her bir nokta dört okumadan elde edilmiştir.



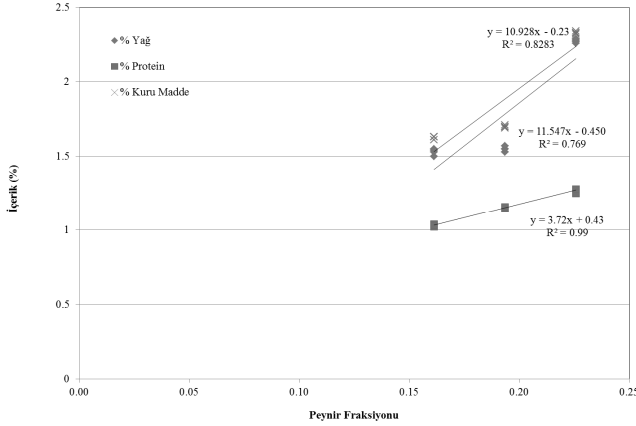
Şekil 8. Erzincan klasik beyaz peynirinden hazırlanmış çözeltilere ait fraksiyonların optik infraredli süt analizöründen elde edilen içerikleri. Her bir fraksiyon için belirlenen nokta dört okumadan elde edilmiştir.



Şekil 9. Beyaz peynirden hazırlanmış çözeltilere ait fraksiyonların optik infraredli süt analizöründen elde edilen içerikleri. Her bir fraksiyon için belirlenen nokta dört okumadan elde edilmiştir.

Tam yağlı Erzincan Tulum (Şavak) peynirinde yöntem denenmiş ve sonuçlar Şekil 10'da gösterilmiştir. Protein içeriğine ait verilerin doğrusallığının yüksek olduğu ancak kuru madde ve yağ için hazırlanan eğim çizgilerinde doğrusallığın düştüğü görülmüştür. Kuru

madde, protein ve yağ içerikleri için oluşturulan eğim çizgilerine ait determinasyon katsayıları ( $R^2$ ) sırasıyla 0.828, 0.991 ve 0.769 olarak bulunmuştur.



Şekil 10. Tam yağlı Erzincan tulum peynirinden (Şavak) hazırlanmış çözeltilere ait fraksiyonların optik infraredli süt analizöründen elde edilen içerikleri. Her bir fraksiyon için belirlenen nokta dört okumadan elde edilmiştir.

Farklı peynirlerin kuru madde içeriğini belirlemek için oluşturulan eşitlikler Tablo 3'te verilmektedir. Yöntemin optimize edilmesi sonrası yapılan aynı peynir fraksiyonuna ait analiz sonuçlarının birbirine yakın olmasından dolayı determinasyon katsayısı  $R^2$  değerinin bire (1) yaklaştığı görülmektedir. Ancak, aynı fraksiyona ait optik infaredli süt analizöründeki okumalar birbirine yakın iken, fraksiyonlardan birinin diğer ikisinden anlamsız sonuçlanması neticesinde eğim çizgisi üç nokta yerine iki nokta ile çizilmek zorunda kalmıştır. Karşımdaki peynir fraksiyonu azaldıkça kuru madde içeriğinin azalması, arttıkça ise artması beklendiği halde süzme peynirlerde en az bir fraksiyonun bu durumdan saptığı görülmüştür. Bu durum, süt analizörünün bazı peynirlerin kuru madde fraksiyonları için kullanım potansiyelini önemli oranda düşürmektedir.

Tablo 3. Farklı peynir çeşitleri için optik infraredli süt analizörü ile kuru madde içeriğinin hesaplanmasında kullanılacak denklemler (x, peynir fraksiyonu; y, kuru madde içeriği)

Peynir Çeşidi	Oluşturulan eşitlik	$R^2$
Süzme A	$y=68.316x-14.773$	0.906
Beyaz	$y=34.208x-8.550$	0.844
Süzme B	$y=63.109x-12.987$	0.799
Süzme*	$y=55.508x-10.620$	0.836
Süzme**	$y=25.150x-3.608$	0.996
Süzme***	$y=10.281x+1.365$	0.999
Labne	$y=33.485x-6.363$	0.963
Ezine	$y=14.202x-1.457$	0.998
Beyaz peynir	$y=6.814x-0.321$	0.999
Erzincan Tulum	$y=10.928x-0.230$	0.828

Oda sıcaklığında distile su ile seyreltilmiştir. İki noktali kalibrasyon eğrisinden elde edilmiştir.

Tablo 3'teki denklemler kullanılarak, çözeltideki peynir fraksiyonunun 1 olması durumunda (yani peynirin kendisi) peynirlerin kuru madde içerikleri hesaplanmış ve farklı peynir çeşitleri için optimize edilen yöntemle

hesaplanan değerler ile IDF yöntemiyle bulunan değerler Tablo 4'te verilmiştir. Optimize edilen yöntemle bulunan sonuçlar genel anlamda resmi yöntem sonuçlarından önemli oranda sapmıştır. Çalışılan peynir çeşitleri arasında kuru madde içeriği en düşük olan labne peynir için sapma, diğer peynirlerle kıyaslandığında en düşük bulunmuştur (%3.0).

Tablo 4. Farklı peynir çeşitlerinin kuru madde içeriklerinin hesaplanması için oluşturulan denklemler kullanılarak elde edilen optimize yöntem sonuçlarının resmi yöntem sonuçları ile karşılaştırılması

Peynir Çeşidi	Optimize Yöntem	Resmi Yöntem	Resmi Yöntemden Sapma (%)
Süzme A	53.5	44.0	21.6
Beyaz	25.7	34.5	-25.5
Süzme B	50.1	37.5	33.6
Süzme*	44.9	37.5	19.7
Süzme**	21.5	44.7	-51.9
Süzme***	8.9	41.0	-78.3
Labne	27.1	26.3	3.0
Ezine	12.8	49.6	-74.2
Beyaz peynir	6.5	37.5	-82.7
Erzincan Tulum	10.7	59.6	-82.0

Oda sıcaklığında distile su ile seyreltilmiştir. İki noktali kalibrasyon eğrisinden elde edilmiştir.

Farklı peynirlerin yağ içeriğini belirlemek için oluşturulan eşitlikler Tablo 5'te sunulmaktadır.

Tablo 5. Farklı peynir çeşitleri için optik infraredli süt analizörü ile yağ içeriğinin hesaplanmasında kullanılan denklemler (x, peynir fraksiyonu; y, yağ içeriği)

Peynir Çeşidi	Oluşturulan eşitlik	$R^2$
Süzme A	$y=28.875x-4.180$	0.938
Beyaz	$y=6.542x-1.048$	0.998
Süzme B	$y=24.775x-3.745$	0.918
Süzme*	$y=21.068x-2.536$	0.887
Süzme**	$y=25.000x-4.035$	0.993
Süzme***	$y=26.228x-3.897$	0.883
Labne	$y=12.427x-1.301$	0.704
Ezine	$y=14.749x-1.703$	0.997
Beyaz peynir	$y=6.611x-0.408$	0.998
Erzincan Tulum	$y=11.547x-0.450$	0.769

Oda sıcaklığında distile su ile seyreltilmiştir. İki noktali kalibrasyon eğrisinden elde edilmiştir.

Tablo 5'te verilen eşitlikler kullanılarak, çözeltideki peynir fraksiyonunun (1) bir olması durumunda, peynirlerin yağ içerikleri hesaplanmış ve resmi analiz yöntemiyle (Gerber Yöntemi) bulunan değerler Tablo 6'da birarada sunulmuştur. Yağ içeriklerinin resmi yöntemden önemli oranda sapma gösterdiği görülmüştür. Yağ içeriği nispeten yüksek olan Beyaz Peynir, Ezine ve Erzincan Tulum peynirlerinde optimize edilen yöntemin resmi yöntemle kıyaslandığında yağ içeriği bakımından %50'ye yakın düşük sonuç verdiği görülmüştür. Süzme peynirlerde ise genel olarak optimize edilen yöntem daha yüksek yağ içeriklerinin bulunmasına neden olmuştur.

Tablo 6. Farklı peynir çeşitlerinin yağ içeriklerinin hesaplanması için oluşturulan denklemler kullanılarak elde edilen optimize yöntem sonuçlarının resmi yöntem sonuçları ile karşılaştırılması

Peynir Çeşidi	Optimize Yöntem	Resmi Yöntem	Resmi Yöntemden Sapma (%)
Süzme A	24.7	20.0	23.5
Süzme B	21.0	11.0	90.9
Süzme <sup>*</sup>	18.5	11.0	68.2
Süzme <sup>**</sup>	22.3	20.5	8.8
Labne	11.1	15.0	-26.0
Ezine	13.0	25.0	-48.0
Beyaz peynir	6.2	13.0	-52.3
Erzincan Tulum	11.1	25.0	-55.6

Oda sıcaklığında distile su ile seyreltilmiştir. İki noktali kalibrasyon eğrisinden elde edilmiştir.

Farklı peynirlerin protein içeriğini belirlemek için oluşturulan eşitlikler Tablo 7'de verilmektedir. Tablo 7'de verilen eşitlikler kullanılarak, çözültedeki peynir fraksiyonunun (1) bir olması durumunda, peynirlerin protein içerikleri hesaplanmış ve resmi analiz yöntemiyle (Dumas Yöntemi) bulunan değerler Tablo 8'de birarada sunulmuştur. Protein içeriklerinin resmi yöntemden önemli orada sapma gösterdiği görülmüştür. Oda sıcaklığındaki distile su ile hazırlanan çözültiden hesaplanan protein içeriğindeki sapma süzme peynir (B) için resmi yöntemden yaklaşık %32 az iken, çözültinin ılık su ile hazırlanması sapmayı yaklaşık %13'e indirmiştir. Protein içeriği %15 ile %21 arasında değişen peynirlerde optimize edilen yöntemle hesaplanan protein içeriği resmi yöntemden önemli oranda düşük bulunmuştur. Optimize edilen yöntemin, çalışılan peynirlerin protein içeriğinin belirlenmesinde kullanım potansiyelinin de düşük olduğu görülmüştür.

Tablo 7. Farklı peynir çeşitleri için optik infraredli süt analizörü ile protein içeriğinin hesaplanmasında kullanılan denklemler (x, peynir fraksiyonu; y, protein içeriği)

Peynir Çeşidi	Oluşturulan eşitlik	R <sup>2</sup>
Süzme A	$y=19.360x-3.040$	0.990
Beyaz <sup>*</sup>	$y=5.479x+2.037$	0.685
Süzme B	$y=16.865x-1.624$	0.978
Süzme <sup>**</sup>	$y=12.106x-0.1947$	0.906
Süzme <sup>***</sup>	$y=16.900x-1.870$	0.990
Süzme	$y=15.990x-1.430$	0.910
Labne	$y=4.670x-0.800$	0.920
Ezine	$y=5.740x-0.310$	0.680
Beyaz peynir	$y=4.625x-0.277$	0.961
Erzincan Tulum	$y=3.720x+0.433$	0.991

Oda sıcaklığında distile su ile seyreltilmiştir. İki noktali kalibrasyon eğrisinden elde edilmiştir.

Tablo 8. Farklı peynir çeşitlerinin protein içeriklerinin hesaplanması için oluşturulan denklemler kullanılarak elde edilen optimize yöntem sonuçlarının resmi yöntem sonuçları ile karşılaştırılması

Peynir Çeşidi	Optimize Yöntem	Resmi Yöntem	Resmi Yöntemden Sapma (%)
Süzme A	16.3	13.2	23.5
Süzme B	15.2	17.4	-12.6
Süzme <sup>*</sup>	11.9	17.4	-31.6
Süzme <sup>**</sup>	14.6	14.4	1.4
Labne	3.9	4.1	-4.9
Ezine	5.4	18.7	-71.1
Beyaz peynir	4.3	15.5	-72.3
Erzincan Tulum	4.2	21.4	-80.4

Oda sıcaklığında distile su ile seyreltilmiştir. İki noktali kalibrasyon eğrisinden elde edilmiştir.

## SONUÇLAR

Peynir örneklerinin optik infraredli süt analizörü ile kuru madde, protein ve yağ içeriklerinin belirlenmesi amacıyla numune hazırlık basamağı öncelikle optimize edilmiştir. Ön denemelerde peynir örnekleri oda sıcaklığındaki distile su ile karıştırılmış ve hazırlanan çözültüler kaba filtre kağıdı veya şırınga filtre (0.45 mikron) kullanılarak filtre edilmiş ancak filtrat çok berrak olmuş ve ölçümler sağlıklı sonuçlar vermemiştir. Bunun yerine ılık distile su (sıcaklık 60°C) ile karıştırılan peynir örnekleri homojenizer kullanılarak 26000 devir/dakika hızda karıştırılmış ve elde edilen çözelti partikül içermeyen ve süt yapısına benzer ancak süttten daha kıvamlı bir hal almıştır. Süt analizörüne zarar vermemesi amacıyla çözelti, içerisinde özel filtre kağıdı entegreli Stomacher poşeti kullanılarak süzölmüştür. Filtratın süt rengi ve kıvamına oldukça yakın olduğu görülmüştür. Filtratın kuru madde, protein ve yağ içerikleri süt analizöründe belirlenmiş ve aynı örnek için hazırlanan çözültülerden elde edilen okumalar birbirine çok yakın olmuştur (RSD<%5).

Örnek hazırlama basamağının modifikasyonu sonrasında, sütün kuru maddesine yakın olacak şekilde (%10, 12 ve 14 kuru madde) peynir ve distile su karıştırılmış, homojenizasyon işlemi sonrasında filtre edilmiştir. Süt analizöründe belirlenen kuru madde, yağ ve protein içeriklerine karşılık çözelti içindeki peynir fraksiyonu arasında çizilen grafikler kullanılarak, peynirlerin kuru madde, protein ve yağ içerikleri belirlenmiştir.

Peynir ve distile su karışımından oluşan üç farklı çözültinin kuru madde içerikleri optik infrared sistemli süt analizörü ile belirlenmiş ve çözültülerdeki peynir fraksiyonuna karşılık kuru madde içerikleri grafik üzerine çizilmiştir. Grafikler ve eğim çizgilerinin denklemlerinden yararlanılarak peynir fraksiyonunun (1) bir olması durumu için peynirlerin kuru madde içerikleri denklemler yardımıyla hesaplanmıştır. Bulgular, optimize edilen yöntemle bulunan sonuçların genel anlamda resmi yöntem sonuçlarından önemli oranda saptığını göstermiştir. Çalışılan peynir çeşitleri arasında kuru madde içeriği bakımından en küçük olan labne peynir



için sapma %3.0 olarak bulunmuş ve bu değer, diğer peynirlerle kıyaslandığında en düşük olmuştur.

Peynir ve distile su içeren çözeltilerin peynir fraksiyonuna karşılık yağ içerikleri grafik üzerine çizilmiş ve grafikler ile eğim çizgilerinin denklemlerinden yararlanılarak peynir fraksiyonunun (1) bir olması durumu için peynirlerin yağ içerikleri denklemler yardımıyla hesaplanmıştır. Optimize edilen yöntem sonuçları resmi yöntemle (Gerber Yöntemi) kıyaslandığında yağ içeriği nispeten yüksek olan Beyaz Peynir, Ezine ve Erzincan Tulum peynirlerinde yağ içeriğinin %50'ye yakın daha düşük sonuç verdiği görülmüştür. Süzme peynirlerde ise genel olarak optimize edilen yöntem daha yüksek yağ içeriklerinin bulunmasına neden olmuştur.

Peynir ve distile su içeren çözeltilerin peynir fraksiyonuna karşılık protein içerikleri grafik üzerine çizilmiş ve grafikler ile eğim çizgilerinin denklemlerinden yararlanılarak peynir fraksiyonunun (1) bir olması durumu için peynirlerin protein içerikleri denklemler yardımıyla hesaplanmıştır. Optimize edilen yöntemle elde edilen protein içeriklerinin resmi yöntemden (Dumas Yöntemi) önemli oranda sapma gösterdiği görülmüştür. Oda sıcaklığındaki distile su ile hazırlanan çözeltiden hesaplanan protein içeriğindeki sapma süzme peynir için resmi yöntemden yaklaşık %32 az iken, çözeltilerin ılık su ile hazırlanması sapmayı yaklaşık %13'e indirmiştir. Protein içeriği %15 ile %21 arasında değişen peynirlerde optimize edilen yöntemle hesaplanan protein içeriği resmi yöntemden önemli oranda düşük bulunmuştur. Optimize edilen yöntemin, çalışılan peynirlerin protein içeriğinin belirlenmesinde kullanım potansiyelinin de düşük olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, çalışılan koşullar altında optik infrared analiz sistemli süt analizörünün süzme peynir, tam yağlı beyaz peynir, tulum peyniri, Ezine tipi peynir ve labne peynirlerinin kuru madde, yağ ve protein içeriklerinin belirlenmesindeki potansiyelinin önemli oranda düşük olduğu görülmüştür. Bu düşüklüğün nedenleri arasında,

1. Farklı peynir fraksiyonları içeren çözeltiler için elde edilen içeriklere ait eğim çizgilerinin doğrusallığının her zaman yakalanamaması ve

2. Süt analizörünün filtresini korumak amaçlı kullanılan filtrasyon aşamasında içeriklerde önemli kayıpların görülmesi sayılabilir.

Örnek hazırlama basamağındaki parametreler süt analizöründeki sonuçları doğrudan etkilemiştir. İleride yapılacak çalışmalarda farklı örnek hazırlama teknikleri ile süt analizörünün peynirlerin kuru madde, yağ ve protein içeriklerinin belirlenmesinde kullanım potansiyelinin daha detaylı incelenmesi yararlı olabilecektir. Peynir örneklerinin kuru madde, yağ ve protein içeriklerinin belirlenmesinde NMR, FTIR spektroskopisi veya Raman spektroskopisi gibi farklı tekniklerin denenmesi de gelecekte yapılacak çalışmalara konu olabilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon tarafından 0188-NAP-13 No'lu proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Nielsen, S.S., 1994. Introduction to the Chemical Analysis of Foods, Jones and Bartlett Publishers, Inc., Boston, US.
- [2] Nielsen, S.S., Hui, Y.H. 1994. Government Regulations and Recommendations Related to Food Analysis, In Introduction to the Chemical Analysis of Foods, Ed. Nielsen, S.S., Jones and Bartlett Publishers, Inc., Boston, US.
- [3] IDF, 1982. International Dairy Federation. Cheese and processed cheese: Determination of total solids content of cheese and processed cheese. Brussels, Belgium: 4A.
- [4] AOAC, 1990. Official Methods of Analysis, AOAC International, Gaithersburg, MD.
- [5] IDF, 2008. International Dairy Federation. Milk-Determination of fat content - Gerber butyrometers. Brussels, Belgium: 105.
- [6] IDF, 1986. International Dairy Federation. Determination of nitrogen content (Kjeldahl method) and calculation of crude protein content. Brussels, Belgium: 20A.
- [7] Anonim, 2013. Precision Infrared Milk Products Analysis, [http://bentleyinstruments.com/wp-content/uploads/2010/12/Bentley\\_150.pdf](http://bentleyinstruments.com/wp-content/uploads/2010/12/Bentley_150.pdf).