

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAĞSIZ FERMENTE SÜT İÇECEĞİNİN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN  
SERUM PROTEİNİ KONSANTRESİ KULLANILARAK  
İYİLEŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Aşlı E. ÖZEN  
506031502**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Mayıs 2006  
Tezin Savunulduğu Tarih : 15 Haziran 2006**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Meral KILIÇ  
Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Gürbüz GÜNEŞ  
Prof. Dr. F. Seniha GÜNER**

**HAZİRAN 2006**

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam sırasında beni yönlendiren, yardım ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Meral KILIÇ'a teşekkür ederim. Eğitimimde emeği geçen ve güler yüzünü esirgemeyen tüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Analizlerimin bir kısmını yaptığım Metalurji Mühendisliği Partikül Karakterizasyon Laboratuvarı'nda yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Lütfü ÖVEÇOĞLU'na ve Ar. Gör. Hasan GÖÇEK'e teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında manevi destekleri ve yardımları için Yük. Müh. Şehriban ÇAM, Gıda Yük. Müh. Nalan DEMİR, Ar. Gör. Senem UMUT ve diğer araştırma görevlilerine çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmam sırasında ve tüm hayatım boyunca bana destek olan sevgili aileme teşekkür ederim.

Haziran, 2006

Aslı E. ÖZEN

## İÇİNDEKİLER

|                                                                           | Sayfa No    |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>KISALTMALAR</b>                                                        | <b>v</b>    |
| <b>TABLO LİSTESİ</b>                                                      | <b>vi</b>   |
| <b>ŞEKİL LİSTESİ</b>                                                      | <b>vii</b>  |
| <b>ÖZET</b>                                                               | <b>viii</b> |
| <b>SUMMARY</b>                                                            | <b>x</b>    |
| <br>                                                                      |             |
| <b>1. GİRİŞ</b>                                                           | <b>1</b>    |
| 1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı                                            | 1           |
| <br>                                                                      |             |
| <b>2. LİTERATÜR ÖZETİ</b>                                                 | <b>3</b>    |
| 2.1. Fermente Süt İçeceği                                                 | 3           |
| 2.1.1. Tanımı ve Özellikleri                                              | 3           |
| 2.1.2. Kalite Kusurları                                                   | 3           |
| 2.1.2.1. Kıvam                                                            | 4           |
| 2.1.2.2. Serum Ayrılması                                                  | 4           |
| 2.1.3. Fermente Süt İçeceğinin Yapısal Özellikleri ve Etki Eden Faktörler | 4           |
| 2.1.3.1. Kuru Madde Miktarı                                               | 6           |
| 2.1.3.2. Isıl İşlem Sıcaklığı                                             | 6           |
| 2.1.3.3. Fermentasyon Sıcaklığı                                           | 7           |
| 2.1.3.4. Kültür                                                           | 7           |
| 2.1.3.5. pH                                                               | 8           |
| 2.1.3.6. Stabilizörler                                                    | 9           |
| Hidrokolloidler                                                           | 10          |
| Serum Protein Konsatresi                                                  | 11          |
| 2.2. Serum Proteinlerinin Yapısal Fonksiyonları ve Kullanım Alanları      | 12          |
| 2.3. Serum Proteinlerinin Biyolojik Fonksiyonları                         | 13          |
| 2.2.2. Serum Proteinlerinin Fonksiyonel Özellikleri                       | 13          |
| 2.2.2.1. Serum Proteinlerinin Kompozisyonu ve Biyolojik Fonksiyonları     | 14          |
| <br>                                                                      |             |
| <b>3. MATERYAL VE METOT</b>                                               | <b>18</b>   |
| 3.1. Materyal                                                             | 18          |
| 3.2. Nem Miktarı Tayini                                                   | 18          |
| 3.3. Kül Miktarı Tayini                                                   | 18          |
| 3.4. Protein Miktarı Tayini                                               | 18          |
| 3.5. SPK Kullanılarak Fermente İçecek Hazırlanması                        | 19          |
| 3.6. Stabilizör Kullanılarak Fermente İçecek Hazırlanması                 | 20          |
| 3.7. Reolojik Özellikler                                                  | 20          |

|                                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.8. Partikül Boyutu Analizi                                                       | 21        |
| 3.9. Serum Ayrılması                                                               | 22        |
| 3.10. İstatistiksel Analiz                                                         | 22        |
| <b>4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA</b>                                                     | <b>23</b> |
| 4.1. Serum Proteini Konsantrelerinin Sulu Çözeltilerinin Reolojik Özellikleri      | 23        |
| 4.2. Yağsız Süt Tozu ve Protein Konsantrelerinin Bileşimleri                       | 26        |
| 4.3. Yağsız Fermente Süt İçeceklerinin Özellikleri                                 | 26        |
| 4.3.1. Kimyasal Özellikleri                                                        | 26        |
| 4.3.2. Reolojik Özellikleri                                                        | 29        |
| 4.3.3. Partikül Boyutu                                                             | 34        |
| 4.3.4. Serum Ayrılması                                                             | 36        |
| 4.3.5. Protein Bileşiminin Yapısal Özellikler İle İlişkisi                         | 38        |
| 4.4. Stabilizör Kullanılarak Hazırlanan Yağsız Fermente Süt İçeceğinin Özellikleri | 40        |
| 4.4.1. Reolojik Özellikler                                                         | 40        |
| 4.4.2. Partikül Boyutu                                                             | 42        |
| 4.4.3. Serum Ayrılması                                                             | 43        |
| <b>SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b>                                                        | <b>44</b> |
| <b>KAYNAKLAR</b>                                                                   | <b>46</b> |
| <b>EKLER</b>                                                                       | <b>52</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b>                                                                    | <b>57</b> |

## **KISALTMALAR**

|            |                                 |
|------------|---------------------------------|
| <b>SPK</b> | Serum Protein Konsantresi       |
| <b>WPC</b> | Whey Protein Concentrate        |
| <b>GDL</b> | Glukono- $\delta$ -lakton       |
| <b>PAS</b> | Peynir Altı Suyu                |
| <b>ACE</b> | Angiotensin I Converting Enzyme |
| <b>TN</b>  | Toplam Azot                     |
| <b>PON</b> | Protein Olmayan Azot            |
| <b>KN</b>  | Kazein Azot                     |
| <b>PGA</b> | Propilen Glikol Aljinat         |

## TABLO LİSTESİ

|                                                                                                                                                                                                        | <b><u>Sayfa No</u></b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| <b>Tablo 2.1.</b> Fermente sütün ürün özellikleri .....                                                                                                                                                | 3                      |
| <b>Tablo 2.2.</b> Sütte bulunan proteinlerinin izoelektrik noktaları.....                                                                                                                              | 9                      |
| <b>Tablo 2.3.</b> PAS bileşenlerinin yaklaşık moleküler boyutu.....                                                                                                                                    | 11                     |
| <b>Tablo 2.4.</b> Süt proteinlerinin konsantrasyonu.....                                                                                                                                               | 12                     |
| <b>Tablo 2.5.</b> Protein içeriği yüksek olan bazı gıdaların biyolojik değerleri.....                                                                                                                  | 14                     |
| <b>Tablo 2.6.</b> Serum proteini izolatının içerdiği dallanmış zincirli amino asit miktarları.....                                                                                                     | 14                     |
| <b>Tablo 2.7.</b> Serum proteinlerinin kompozisyonu ve biyolojik fonksiyonları .....                                                                                                                   | 15                     |
| <b>Tablo 4.1.</b> Serum proteini konsantreleri ile hazırlanan sulu çözeltilerin pH değerleri .....                                                                                                     | 23                     |
| <b>Tablo 4.2.</b> Yağsız fermente süt ieeği üretiminde kullanılan süt tozu ve serum proteini konsantrelerinin kimyasal bileşimi .....                                                                | 26                     |
| <b>Tablo 4.3.</b> Yağsız fermente süt içeceklerinde (%6 kuru madde) protein haricindeki bileşenler.....                                                                                                | 27                     |
| <b>Tablo 4.4.</b> Fermente süt içeceklerinin protein bileşimleri.....                                                                                                                                  | 28                     |
| <b>Tablo 4.5.</b> Yağsız fermente süt içeceklerinin üslü yasa modeline göre reolojik özellikleri.....                                                                                                  | 32                     |
| <b>Tablo 4.6.</b> Yağsız fermente süt içeceklerinin Herschel-Bulkley modeline göre reolojik özellikleri.....                                                                                           | 32                     |
| <b>Tablo 4.7.</b> Yağsız fermente süt içeceklerini partikül boyutu.....                                                                                                                                | 30                     |
| <b>Tablo 4.8.</b> Yağsız fermente süt içeceklerinde depolamanın 10. günündeki serum ayrılma miktarı.....                                                                                               | 37                     |
| <b>Tablo 4.9.</b> Yağsız fermente süt içeceklerinin üslü yasa modeline göre reolojik özellikleri ve serum ayrılması ile protein bileşimi ve kül miktarı arasındaki korelasyon katsayıları.....         | 38                     |
| <b>Tablo 4.10.</b> Yağsız fermente süt içeceklerinin Herschel-Bulkley modeline göre reolojik özellikleri ve serum ayrılması ile protein bileşimi ve kül miktarı arasındaki korelasyon katsayıları..... | 39                     |
| <b>Tablo 4.11.</b> Stabilizör kullanılarak hazırlanan yağsız fermente süt ieeğinin reolojik özellikleri.....                                                                                         | 41                     |
| <b>Tablo 4.12.</b> Stabilizör kullanılarak hazırlanan yağsız fermente süt ieeğinin reolojik özellikleri.....                                                                                         | 41                     |
| <b>Tablo 4.13.</b> Stabilizör kullanılarak hazırlanan yağsız fermente süt ieeğinin partikül boyutu.....                                                                                              | 42                     |
| <b>Tablo 4.14.</b> Stabilizör kullanılarak hazırlanan yağsız fermente süt ieeğinin serum ayrılma miktarı.....                                                                                        | 43                     |

## ŞEKİL LİSTESİ

|                                                                                                                                                 | <b><u>Sayfa No</u></b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| <b>Şekil 4.1</b> : SPK35 ve SPK80 ile hazırlanan %2'lik sulu çözeltilerde kayma stresinin kayma hızı ile değişimi.....                          | 24                     |
| <b>Şekil 4.2</b> : SPK35 ve SPK80 ile hazırlanan %4'lük sulu çözeltilerde kayma stresinin kayma hızı ile değişimi .....                         | 25                     |
| <b>Şekil 4.3</b> : Yağsız fermente süt içeceklerinde kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi .....                                            | 29                     |
| <b>Şekil 4.4</b> : Bazı fermente içecekler için deneysel veriler ve üslü yasa ve Herschel-Bulkey modelleri ile tahminlenen verilerin uygunluğu. | 31                     |
| <b>Şekil 4.5</b> : Süt tozu ve SPK80 ile hazırlanan örneklerde partikül boyutu dağılımı .....                                                   | 35                     |
| <b>Şekil 4.6</b> : Stabilizör içeren yağsız fermente süt içeceklerinde kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi .....                          | 40                     |

## **YAĞSIZ FERMENTE SÜT İÇECEĞİNİN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN SERUM PROTEİNİ KONSANTRESİ KULLANILARAK İYİLEŞTİRİLMESİ**

### **ÖZET**

Fermente süt ürünleri, günümüzde duyuşal, yapısal ve fonksiyonel özellikleri geliştirilerek farklı formülasyonlarda tüketici beğenisine sunulmaktadır. Fermente süt ürünlerinde yapı ve lezzet kaliteyi belirleyen önemli faktörlerdir. Bu ürünlerde kıvamın uygun olmaması ve serum ayrılması yapısal kalite kusurlarının başında gelmektedir. Özellikle yağı azaltılmış veya yağsız ürünlerde yapısal kalite kusurları meydana gelmektedir. Bu tip ürünlerde yapısal kusurların düzeltilmesi amacıyla hidrokolloidler stabilizör olarak yaygınlıkla kullanılmaktadır. Peynir altı suyu kullanılarak üretilen serum proteini konsantreleri de bu tip ürünlerde hidrokolloidler yerine kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, yağsız fermente süt içeceğine %35 ve 80 oranlarında protein içeren serum proteini konsantreleri (SPK35, SPK80) ilave edilmesiyle yapısal özelliklerin iyileştirilmesidir. Serum proteinlerinin besin değeri yüksek olduğundan aynı zamanda ürünün besin değeri de arttırılmış olacaktır. Serum proteini konsantresinin yapısal özelliklere etkisi farklı stabilizörlerin, keçi boynuzu gamı ve propilen glikol aljinatın, etkileri ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Yağsız fermente süt içecekleri, son üründe kuru madde oranı %6 olacak şekilde yağsız süt tozuna serum proteini konsantrelerinin %0,5-3,0 aralığındaki farklı oranlarda eklenmesi ile elde edilen toz karışımlardan hazırlanmıştır. Sadece yağsız süt tozu içeren kontrol örneği de hazırlanmıştır. Toz karışımlar %7,7 kuru madde oranına sulandırılmıştır. Sulandırılan karışımlar 85°C'de 30 dk ısıtıl işlem uygulandıktan sonra laktik asit kültürü eklenerek 43°C'de fermente edilmiş ve kuru madde oranı %6 olacak şekilde sulandırılarak 4°C'de 10 gün depolanmıştır. Örneklerin reolojik özellikleri ve partikül boyutu 1 gün depolamadan sonra ölçülmüş ve ayrıca depolama sırasında serum ayrılması ölçülmüştür. Benzer şekilde %0,1 ve 0,5 oranlarında keçi boynuzu gamı ve

propilen glikol aljinat içeren içecekler de karşılaştırma amacıyla hazırlanmış ve ölçümleri yapılmıştır. İçeceklerin akış davranışı üslü yasa ve Herschel-Bulkley modelleri ile incelenmiş ve Herschel-Bulkley modeli istatistiksel olarak daha uygun bulunmuştur.

SPK35 ile hazırlanan örneklerde, SPK miktarının arttırılması ile kıvam katsayısı ve tiksotropi azalmış, akış davranış indeksi yükselmiş ve serum ayrılması artmıştır. SPK80 ile hazırlanan örneklerde ise, SPK oranının %2'ye kadar arttırılması kıvam katsayısı ve tiksotropiyi arttırmış, akış davranış indeksini düşürmüş ve serum ayrılmasını azaltmıştır. Ancak %3 oranında SPK80 içeren örnekte gözlenen serum ayrılması kontrol örneğinden yüksek bulunmuştur. Partikül boyutu SPK35 ve SPK80 içeren örneklerde kontrol örneğine göre daha küçük bulunmuştur.

Stabilizörlerin %0,1 konsantrasyonda fermente süt içeceğine eklenmesi kıvam katsayısını arttırmıştır. Konsantrasyon %0,1 olduğunda, propilen glikol aljinat serum ayrılmasını engellemiş, keçi boynuzu gamı içeren örnek ise kontrol örneğine benzer oranda serum ayrılması göstermiştir. Keçi boynuzu gamı konsantrasyonu %0,5'e çıkarıldığında içekte serum ayrılması önlenmiştir.

SPK80'i %2 oranında içeren örnek serum protein konsantresi ile hazırlanan örnekler arasında en iyi yapısal özelliklere sahip bulunmuştur. Bu örneğin yapısal özellikleri, stabilizörlerle hazırlanan örnekler arasında en iyi yapısal özelliklere sahip olan %0,1 konsantrasyonda propilen glikol aljinat içeren örneğin özelliklerine benzer bulunmuştur. Yağsız fermente süt içeceklerinin yapısal özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla SPK80 ve benzeri yüksek protein içeriğine sahip serum proteini konsantreleri stabilizörler yerine kullanılabilir. Kullanılan orana göre ürünün yapısal özellikleri farklılık gösterdiğinden uygun oranın kullanılması önemlidir. Biyolojik değeri yüksek olan serum proteinlerince zengin serum proteini konsantrelerinin kullanımı ürünün besin değerini de arttıracaktır.

## **IMPROVEMENT OF PHYSICAL PROPERTIES OF NON-FAT FERMENTED MILK DRINK BY UTILIZATION OF WHEY PROTEIN CONCENTRATE**

### **SUMMARY**

Nowadays, fermented milk drinks of which sensory, physical and functional properties being developed are presented to consumer liking in different formulations. In fermented milk products, texture and flavor are important factors that define quality. In these products, unacceptable consistency and serum separation are major physical quality defects. Especially, in reduced fat and non-fat products physical quality defects occur. Hydrocolloids are commonly used as stabilizers for correction of these problems in these types of products. Whey protein concentrates produced from whey are also used instead of hydrocolloids in these types of products. The aim of this study was to improve physical properties of non-fat fermented milk drink by addition of whey protein concentrates (WPC35, WPC80) with protein levels of 35 and 80%. Nutritional properties of the product will also be increased due to high nutritional value of whey proteins. The effect of whey protein concentrate on physical properties of non-fat fermented milk drink was evaluated by comparison with the effects of different stabilizers, locust bean gum and propylene glycol alginate.

Non-fat fermented milk drinks were prepared from mixtures obtained by addition of whey protein concentrate at a level in the range of 0.5-3.0% to non-fat milk powder to have 6% dry matter content in the final product. Control sample with only non-fat milk powder was also prepared. Mixtures were reconstituted to a dry matter content of 7.7%. Reconstituted mixtures were fermented at 43°C by addition of lactic acid culture after heat treatment at 85°C at 30 min, diluted to 6% dry matter content and stored at 4°C for 10 days. Rheological properties and particle size of the samples were determined after storage for 1 d and serum separation was determined during storage. Similarly, mixtures were prepared with locust bean gum and propylene glycol alginate at a level of 0.1 and 0.5% and their properties were measured for comparison. Flow behaviors of the drinks

were evaluated with power law and Herschel-Bulkley models and Herschel-Bulkley model was found statistically more accurate.

In the samples containing WPC35, consistency coefficient and thixotropy decreased, flow behavior index increased and serum separation increased as the WPC level was increased. In the samples prepared with WPC80, increasing WPC content up to a level of 2%, led to increase in consistency coefficient and thixotropy, reduction in flow behavior index and reduction in serum separation. However, serum separation observed in the sample with WPC80 at a level of 3%, was found to be higher than that in the control sample. Particle size in the samples with WPC35 and WPC80 was found to be smaller than that in the control sample.

Addition of stabilizers at a level of 0.1% to fermented milk drink increased the consistency coefficient. At a concentration of 0.1%, propylene glycol alginate prevented serum separation whereas the sample with locust bean gum exhibited similar serum separation level to that of the control sample. Serum separation was prevented in the drink when the concentration of locust bean gum was increased to 0.5%.

The sample with 2% WPC80 was found to have the best physical properties among the samples prepared with WPC. The physical properties of this sample was found to be similar to those of the drink containing 0.1% propylene glycol alginate which had the best physical properties among the samples with stabilizer. WPC80 or similar WPC with high protein content can be used to substitute hydrocolloid stabilizers to improve physical properties of non-fat fermented milk drinks. As the physical properties of the product differed according to the level used, use of appropriate level is important. Use of whey protein concentrates rich in whey proteins that have high biological value, will also enhance the nutritional value of the product.

## 1. GİRİŞ

Yoğurt ve ayran gibi fermente st ürünleri, stn asitlendirilmesi yoluyla proteinlerin koagülasyonu sonucu elde edilen ürünlerdir. Bu ürünlerde istenilen yapasal özelliklerin sağlanması amacıyla asitlendirme öncesi ısıl işlem uygulanmaktadır. Yapasal ve lezzet özelliklerinden dolayı tüketiciler tarafından tercih edilmeleri yeni fermente ürün formülasyonlarının geliştirilmesinde etkilidir.

Fermente süt ürünlerinde yapasal özellikler kaliteyi belirleyen ana özelliklerdendir. Özellikle uygun olmayan viskozite ve serum ayrılması başlıca yapasal kalite kusurları olarak sayılabilmektedir. Düşük oranda yağ içeren fermente süt ürünleri yağ içeren ürünlerden farklı yapasal özellikler göstermekte, düşük viskozite ve serum ayrılması bu ürünlerde daha çok görülmektedir.

Fermente süt ürünlerinde yapasal özellikleri iyileştirmek için kuru madde miktarının süt tozu ile arttırılması yerine stabilizörler kullanılmaktadır. Bu ürünlerde kullanılan stabilizörler kıvamı artırarak ve serum ayrılmasını azaltarak yapasal özellikleri iyileştirmektedirler. Keçiboynuzu gamı, karragenan, pektin ve nişasta fermente süt ürünlerinde kullanılan stabilizörler arasında sayılabilir (nal ve diğ., 2003; Koksoy ve Kilic, 2004; Everett ve McLeod, 2005). Ancak fermente ürünlerde kullanılan stabilizörler ürünün lezzetini ve ağızda yarattığı hissi etkilemekte ve tüketiciler tarafından beğenilmeyebilmektedir (Fizşman ve diğ., 1999; Koksoy ve Kilic, 2004).

Süte fermentasyon işlemi öncesi süt bazlı tozlar eklenmesi de fermente ürünlerde yapının iyileştirilmesi için uygulanmaktadır. Bu amaçla kazein ve serum proteini konsantratları kullanılmaktadır (Kelly ve Kennedy, 2001; Amayatakul ve diğ., 2006). Fermente süt ürünlerinde serum proteinlerinin kullanılması yapasal özelliklerin iyileştirilmesini sağladığı gibi besin değerini de arttırmaktadır (Rattray ve Jelen, 1997).

Yağ oranı düşük olan fermente süt ürünlerinin yapısıl kalitesi tam yağlı olanlara kıyasla daha düşüktür. Bu ürünlerde istenen yapısıl kalitenin elde edilmesi için yapının iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla stabilizörler yaygın olarak kullanılmaktadır (nal ve diğ., 2003). Süt kaynaklı serum proteini konsantreleri de yapı üzerinde stabilizrlere benzer etkiler göstermekte ve bu amaçla kullanılabilir. Yoğurt retiminde serum proteinlerinin yapısıl özelliklere etkisini inceleyen çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Lucey ve diğ, 1999; Guzman-Gonzalez ve diğ, 1999; Guzman-Gonzalez ve diğ, 2000; Puvanenthiran ve diğ, 2002; Remeuf ve diğ, 2003; Amatayakul ve diğ, 2006). Ancak yoğurda göre daha seyreltik olan fermente süt ieeğinin yapısı üzerine serum proteinlerinin etkisiyle ilgili bir çalışma literatürde mevcut değıldir. Bu çalışmada, yağsız fermente süt ieeğinde farklı protein ieriğıne sahip serum proteini konsantrelerinin yapısıl özelliklere etkileri incelenmiş ve bazı stabilizörlerin yapısıl özelliklere etkileriyle karşılaştırılmıştır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1. Fermente Süt İçeceği

#### 2.1.1. Tanımı ve Özellikleri

Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği'nde (Anon., 2001), fermente süt, “sütün spesifik mikroorganizmalar tarafından fermentasyonu ile pH değerinin düşmesi veya koagülasyonu sonucu oluşan; ısıt işlem görmediği sürece spesifik mikroorganizmaları aktif halde bulunduran ürün” olarak tanımlanmaktadır.

Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliğinde (2001), fermente süt için kuru madde veya yağ miktarı belirtilmemiştir. Ancak benzer bir ürün olan ayran için yağsız kuru madde miktarı %6 olarak belirtilmiştir (Tablo 2.1).

**Tablo 2.1.** Fermente sütün ürün özellikleri (Anon., 2001)

| Özellik                                      | Fermente süt<br>(En az) | Ayran<br>(En az) |
|----------------------------------------------|-------------------------|------------------|
| Süt proteini (Ağırlıkça %)                   | 2,8                     | 2,8              |
| Titrasyon asitliği (Ağırlıkça % laktik asit) | 0,6                     | 0,6              |
| Toplam spesifik mikroorganizma (kob/g)       | $10^7$                  | $10^6$           |
| Yağsız kuru madde (Ağırlıkça %)              | -                       | 6,0              |

#### 2.1.2. Kalite Kusurları

Yoğurt ve benzeri fermente süt ürünlerinde kıvam ve serum ayrılması, ürün kalitesini belirleyen başlıca yapısal özellikler olup, kuru madde içeriği düşük fermente süt ürünlerinde tüketici tercihlerini belirleyen en önemli kalite özellikleridir.

#### **2.1.2.1. Kıvam**

Fermente süt ürünlerinde kıvam tüketici tarafından beğenilirliği etkileyen önemli bir özelliktir. Duyusal olarak ifade edilen kıvam fiziksel bir özellik olan viskozite ile ilişkilidir. Köksoy ve Kılıç (2003) fermente bir süt ieeği olan ayranın Newtonyen olmayan akış davranışı sergilediğini ve kuru madde miktarındaki artış ile viskozitenin arttığını bildirmişlerdir.

#### **2.1.2.2. Serum Ayrılması**

Fermente süt ürünlerinde serum ayrılması önemli bir fiziksel kusurdur. Jel yapı içinde kazein moleküllerinin tekrar düzenlenmesi ile bir dış kuvvet etkisi olmaksızın jel yapı bozulmakta ve serum ayrılması oluşmaktadır. İnkübasyon sıcaklığı serum ayrılmasında önemli rol oynamaktadır. Yüksek sıcaklıkta (90°C 30 dk) ısıl işlem ve düşük sıcaklıkta (36°C) inkübasyon serum proteinleri ile kazeinler arasındaki bağları arttırmakta ve serum ayrılmasını azaltmaktadır (Lee ve Lucey, 2004).

Fermente süt ürünlerinde görülen serum ayrılması, sütteki kuru madde miktarının arttırılması, inkübasyon sıcaklığının düşürülmesi ve asitlendirme hızının azaltılması (Lucey, 2002), stabilizör (Koksoy ve Kilic, 2004; Everett ve McLeod, 2005) veya serum proteini konsantresi (Guzman-Gonzalez ve diğ., 2000; Remeuf ve diğ., 2003) kullanılması ile engellenebilmektedir.

#### **2.1.3. Fermente Süt İeeğinin Yapısal zellikleri ve Etki Eden Faktörler**

Fermente süt ürünlerinde yapı, süt proteinlerinin ısı ve pH etkisiyle jelleşme özelliklerinden yararlanılarak elde edilmektedir. Peynir retiminde kazeinlerin, yoğurt ve fermente süt ürünlerinde ise kazein ve serum proteinlerinin jel oluşturma özellikleri ürün yapısını etkilemektedir (van Vliet ve diğ., 2004).

Süte ısıl işlem uygulanmadan pH değerinin düşürülmesi sadece kazein misellerinin jel yapıyı oluşturmasına neden olmaktadır. Isıl işlem uygulanan sütün pH değerinin düşürülmesi sonucunda ise hem kazein hem de serum proteinleri jel yapının oluşmasında

rol almaktadır. Isıl işlem ile denatüre olan  $\beta$ -laktoglobulin jel yapı oluşumunda önemli rol oynamaktadır. Isıl işlemde uygulanan yüksek sıcaklıklar ( $>80^{\circ}\text{C}$ )  $\beta$ -laktoglobulinin denatürasyonuna sebep olmaktadır (de Wit, 1981; Vasbinder ve Kruif, 2003; Lee ve Lucey, 2004; Vliet ve diğ., 2004). Serum proteinlerinin  $82^{\circ}\text{C}$ 'de 30 dakikalık ısıtma işlemi ile %60 oranında denatüre olduğu bildirilmiştir (Law ve Leaver, 2000). Yapılan başka bir çalışmada  $100^{\circ}\text{C}$ 'de 30 dakikalık ısıtma işlemi ile serum proteinlerinin büyük bir kısmının (%80) denatüre olduğu bildirilmiştir (Labropoulos ve diğ., 1981).

Serum proteinlerinin ısı etkisi ile denatürasyonu iki aşamada gerçekleşmektedir. İlk aşamada protein yapısı açılmakta, ikinci aşamada ise protein molekülleri birleşmektedir (van Vliet ve diğ., 2004; Anema ve diğ., 2005). Isıl işlem uygulanan sütün asitlendirilmesi ile pH değerindeki azalma denatüre olmuş serum proteinlerinin kazein miselleri ile birleşmesini arttırmaktadır (Dalgleish ve diğ., 1997; Vasbinder ve diğ., 2003; Lee ve Lucey, 2004). Denature serum proteinlerinin kazein miselleri ile etkileşimi ilk olarak hidrofobik etkileşim ile gerçekleşmekte ve daha sonra disülfid bağlar ile birleşmektedir (Law ve Leaver, 2000).

Serum proteinlerinin kazein miselleri ile etkileşiminde  $\beta$ -laktoglobulin önemli rol oynamaktadır.  $\beta$ -laktoglobulin iki disülfid bağı ve bir sülfidril grubu içerirken  $\alpha$ -laktalbumin dört adet disülfid bağı içermektedir (Dalgleish ve diğ., 1997; Corredig ve Dalgleish, 1999).  $\beta$ -laktoglobulinin içerdiği serbest sülfidril grubu kazein miselleri ile kompleks oluşturmasını sağlamaktadır (Ratnayake ve Jelen, 1997; Havea ve diğ., 2004).  $\beta$ -laktoglobulin olmayan ortamda  $\alpha$ -laktalbumin moleküllerinin kazein miselleri ile etkileşiminin azaldığı bildirilmektedir (Dalgleish ve diğ., 1997; Ratnayake ve Jelen, 1997; Havea ve diğ., 2004).

#### **2.1.3.1. Kuru Madde Miktarı**

Genel olarak sütteki kuru madde miktarının artırılması ile fermente süt ürünlerinde kıvam artmakta ve serum ayrılması azaltılmaktadır. Sütteki protein ağının yoğunluğu kuru madde miktarındaki artış ile artmakta ve serum ayrılması önlenmektedir (Köksoy ve Kılıç, 2003). Süte yağsız süt tozu eklenerek fermente süt ürünlerindeki kuru madde miktarı artırılabilir. Son yıllarda yağsız süt tozu yerine kazeinatlar ve serum proteini konsantreleri de kullanılmaktadır (Amayatakul ve diğ., 2006).

#### **2.1.3.2. Isıl İşlem Sıcaklığı**

Süt ve süt ürünlerinde ısıtma işlemi ürün güvenilirliğinin sağlanması ve son ürünün yapısal özelliklerinin iyileştirilmesi bakımından uygulanmaktadır. Yoğurt ve fermente ürünlerde genel olarak 90-95°C'de 10-5 dk ısıtma işlemi uygulanarak serum proteinlerinin denatürasyonu sağlanmakta, buna bağlı olarak jel yapısı sıkılaştırılmakta ve serum ayrılması azaltılmaktadır (Guyomarch ve diğ., 2003). Serum proteinleri 65°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda denatüre olmakta ve denatüre serum proteinleri  $\kappa$ -kazeinler ile etkileşime girmektedir. Oluşan kompleksler daha büyük agregatlar oluşturarak çökmektedir. Kazein-serum proteini kompleksi, jelleşme pH değeri kazeinin jelleşme pH değerinden (4,6) daha yüksek bir değere çıkarmakta ve jel yapısının su tutma kabiliyetini arttırmaktadır (Law ve Leaver, 2000).

Lee ve Lucey (2004), 72-90°C'lerde ısıtma işlemi uygulanan sütlerden üretilen yoğurtlarda 82°C'nin üzerindeki sıcaklıkların jelleşme pH'sında artışa, jelleşme süresinde ise azalmaya neden olduğunu bildirmiştir. Ayrıca jel dayanıklılığının düşük sıcaklıklarda (72°C) ısıtma işlemi görmüş ürünlerden daha yüksek değerlerde olduğunu bildirmişlerdir. (Lee ve Lucey 2004).

Isıtma işlemi uygulanmayan asit jellerde yapı incelendiğinde, yeniden düzenlenme aşamasında büyük gözenekli yapılar oluştuğu, ısıtma işlemi uygulanan süt ile üretilen asit jelin ise daha küçük gözenekli yapılar oluşturduğu bildirilmiştir (Lucey ve diğ., 2001). Mikroyapı incelendiğinde ince ve çapraşık yapıda protein kompleksleri düşük sıcaklık uygulamasında görülürken, yüksek sıcaklık uygulaması ile daha dallanmış ve birbiriyle

daha çok bağlanmış bir protein yapı gözlenmektedir (Lee ve Lucey, 2004). Yüksek ısıl işlem sıcaklığının sütteki kazein ve denatüre serum proteinlerinin oluşturdıkları partikül boyutunun artmasına sebep olduğu bildirilmektedir (Beaulieu ve diğ., 1999a).

#### **2.1.3.3. Fermentasyon Sıcaklığı**

Fermentasyon sıcaklığı da fermente ürünlerde jel yapının oluşumunda etkili bir faktördür. Yüksek fermentasyon sıcaklığı, kazein molekülleri arasındaki etkileşimin ve jel dayanıklılığının azalmasına neden olmaktadır (Lee ve Lucey, 2004). Yüksek sıcaklıklarda, partiküllerin yüksek ısıl hareketliliği yapıdaki zincirlerin kırılma veya yeniden düzenlenmeye hassas hale gelmelerine sebep olmaktadır (Lee ve Lucey, 2004). Yüksek fermentasyon sıcaklıklarında oluşan küçük ve zayıf bağlantılar, düşük inkübasyon sıcaklığında oluşan dayanıklı jel yapıya göre daha viskoz bir akış sergilemekte, düşük kayma hızında tekrar düzenlenmektedir (Lee ve Lucey, 2004).

Düşük fermentasyon sıcaklığında mikroorganizmaların aktivitesi yavaşladığı için fermentasyon süresi uzamaktadır (Haque ve diğ., 2001). Serum ayrılmasının fermentasyon sıcaklığındaki artış ile arttığı bildirilmektedir (Lee ve Lucey, 2004). Ozdemir ve Kilic (2004) ayran üretiminde farklı fermentasyon sıcaklıklarının (40, 43°C) yapısal özellikler üzerine etkilerini incelemişlerdir. Yüksek sıcaklıkta fermentasyon işleminin ayranın görünen viskozitesini arttırdığını bildirmişlerdir.

#### **2.1.3.4. Kültür**

Fermente süt ürünleri üretiminde yapıyı iyileştirmek amacıyla üretimde farklı kültürler de kullanılmaktadır. Bazı *Lactobacillus bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* türleri ipliksi yapıda ekzopolisakkarit (EPS) üretmekte ve bu yapının ürün viskozitesini arttırırken serum ayrılmasını engellediği bildirilmektedir (Güzel-Seydim ve diğ., 2005; Amayatakul ve diğ., 2006).

Ozdemir ve Kilic (2004) fermente bir süt ieeği olan ayran­da ipliksi yapıda EPS üreten bir kültürün serum ayrılması ve viskozite üzerine iyileştirici etki göstermediğini bildirmişlerdir. Bu araştırıcılar ayranın yoğurda göre daha seyreltik yapıda olmasının kazein molekülleri ile EPS arasındaki etkileşimi azalttığını ve ayranın içerdiği tuzun da viskozitenin düşmesinde etkili olabileceğini bildirmişlerdir.

#### **2.1.3.5. pH**

Asit süt jelleri, laktik asit bakterileri kullanılarak veya glukono--lakton (GDL) kullanılarak elde edilmektedir. Yoğurt retiminde laktik asit bakterileri laktozu laktik aside çevirerek jel yapıyı oluşturmaktadır. GDL ise asitlik derecesinden kaynaklanan varyasyonları önlemek amacıyla kullanılmaktadır (Lee ve Lucey, 2004). Ancak oluşan asit jellerin fiziksel özellikleri arasında farklılıklar olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Puvanenthiran ve diğ., 2002).

Serum proteinlerinin izoelektrik noktası 5,2 kazeinlerin ise 4,6'dır (Tablo 2.2). Ortam pH'sı bu değerlere yaklařtıķa düşük enerjili bağlar, genellikle hidrofobik bağlar, protein molekülleri arasında kurulmaktadır (Remeuf ve diğ., 2003). Serum proteinleri izoelektrik noktaları olan pH 5,2 değerinde suda çözünür halde bulunurken ısı­l işlem ile denatüre olmuş serum proteinleri znemezler. Isıl işlem ile denatürasyona uğrayan serum proteinleri kazein miselleri ile kompleks oluşturarak jel yapıya katkıda bulunmaktadır (Anema ve diğ., 2005). Denatüre serum proteinleri ile kazein misellerinin oluşturduğu bu kompleks molekülün jelleşme pH'sı kazein misellerinin izoelektrik noktasından yüksek, serum proteinlerinin izoelektrik noktasından düşüktür ve jelleşme daha yüksek pH değerinde gerçekleşmektedir (Guyomarch ve diğ., 2003; Remeuf ve diğ., 2003; Anema ve diğ., 2004).

**Tablo 2.2.** Sütte bulunan proteinlerin izoelektrik noktaları (Etzel, 2004)

| <b>Süt Proteini</b>    | <b>pH</b> |
|------------------------|-----------|
| $\beta$ -Laktoglobulin | 5,4       |
| $\alpha$ -Laktalbumin  | 4,4       |
| Serum albumin          | 5,1       |
| İmmunoglobulin         | 5-8       |
| Laktoferrin            | 7,9       |
| Laktoperoksidaz        | 9,6       |
| $\kappa$ -Kazein       | 5,8       |
| $\beta$ -Kazein        | 5,2       |
| $\alpha_s$ -Kazein     | 4,9-5,3   |
| Glikomakropeptid       | <3,8      |

Denatüre serum proteinleri ile kazein miselleri arasındaki etkileşim ısı işlem sırasındaki ortam pH'sından etkilenmektedir (Famelart ve diğ., 2004). pH 6,5 değerinde denatüre serum proteinlerinin %70'i kazein miselleri ile etkileşirken, pH değerinin 6,7'den yüksek olduğu durumlarda kazein misellerindeki  $\kappa$ -kazein ayrılmakta ve denatüre serum proteinlerinin kazeinler ile etkileşimi azalmaktadır (Anema ve diğ., 2004). Isıl işlem sırasındaki ortam pH'sının 6,5'ten 7,1'e yükseltilmesi jel dayanıklılığını ( $G'$ , elastik modülüs) arttırmaktadır (Anema ve diğ., 2005). pH değeri 6,5'tan yüksek olduğu durumlarda daha fazla serum proteini kazein miselleri ile etkileşmekte ve jelleşme pH'sı artmaktadır (Anema ve diğ., 2005).

Fermente ürünlerde son ürünün pH değeri de yapısal özellikleri etkilemektedir. Düşük pH değerine (4,3) sahip ayranın viskozitesi yüksek pH değerine (4,6) sahip ayrana göre daha yüksek bulunmuştur (Ozdemir ve Kilic, 2004).

#### **2.1.3.6. Stabilizörler**

Fermente süt ürünlerinde kıvamı ayarlamak ve serum ayrılmasını azaltmak için stabilizör maddeler kullanılmaktadır. Genel olarak hidrokolloid olarak ifade edilebilen stabilizör maddeler arasında jelatin, pektin, keçiyoynuzu gamı ve guar gamı fermente süt ürünlerinde yaygınlıkla kullanılmaktadır. Serum proteini konsantreleri de hidrokolloid işlevine sahip stabilizör maddeler arasında sayılabilir ve yoğurtta yapıyı iyileştirmek amacıyla kullanımı rapor edilmiştir.

## Hidrokolloidler

Yoğurt ve fermente süt ürünleri üretiminde yapısal kalite kusurlarının iyileştirilmesi amacıyla hidrokolloidler kullanılmaktadır. Yeterli miktarda kullanıldıklarında hidrokolloidler fermente ürünlerde görünen viskoziteyi arttırmakta ve serum ayrılmasını önlemektedir. Ancak bazı hidrokolloidlerin (yüksek metoksilli pektin ve jelatin) düşük konsantrasyonlarda fermente bir süt içeceği olan ayranın yapısal özellikleri üzerinde iyileştirici etkiler göstermediği bildirilmekte ve bu hidrokolloidlerin ürünün lezzetini de etkiledikleri bildirilmektedir (Koksoy ve Kilic, 2004). Guar gamının ise ayranında görünen kıvamı ve serum ayrılmasını önlediği ancak organoleptik olarak tercih edilmediği, keçiyoynuzu gamının ise ayranında %0,01 oranında kullanıldığında kıvamı arttırdığı ve serum ayrılmasını azalttığı ve lezzet üzerine olumsuz bir etkisi olmadığı bildirilmektedir (Koksoy ve Kilic, 2004).

*Keçiyoynuzu gamı:* Keçiyoynuzu gamı keçiyoynuzu ağacının endosperminden elde edilmektedir. Endosperm galaktomannan içermektedir ve düz yapıdaki  $\beta$ -1,6-galaktoz molekülüne  $\beta$ -1,4-D-mannoz noktasından yan bağlar ile bağlanmaktadır. Keçiyoynuzu gamı gibi galaktomannan içeren stabilizörlerin fizikokimyasal özellikleri genellikle içerdikleri galaktoz miktarına bağlıdır. Uzun galaktoz yan zincirleri diğer moleküller ile daha kuvvetli etkileşime neden olmakta ve yapıyı güçlendirmektedir (Higiro ve diğ., 2006).

*Propilen glikol aljinat:* Aljinatlar *Phaeophyceae* (kahverengi deniz yosunu) sınıfından elde edilmektedir (Harnsilawat ve diğ., 2006). Bir asidik hidrofobik polisakkarit olan aljinik asit deniz yosunu hücre duvarında sodyum, potasyum ve kalsiyumun tuzları şeklinde bulunmaktadır. Kalsiyum aljinatın sudaki çözünürlüğü oda sıcaklığında çok düşükken, sodyum ve potasyum aljinat ile propilen glikol aljinat sıcak ve soğuk suda kolayca çözünabilmektedir (Zorba, 2001).

### Serum Protein Konsantresi

Peynir altı suyu (PAS), peynir ve kazein üretiminde kazein moleküllerinin çöktürülmesi sonucu elde edilen çözünebilir proteince zengin bir yan üründür. Serum proteini konsantresi üretiminde ultrafiltrasyon işlemi PAS'na laktoz, mineral ve diğer suda çözünen düşük molekül ağırlıklı bileşenleri kısmi olarak ayırmak için uygulanmaktadır (Tablo 2.3).

**Tablo 2.3.** PAS bileşenlerinin yaklaşık moleküler boyutu (Hobman, 1992).

| Bileşen                | Molekül ağırlığı<br>(kg/kmol) | Yarıçap<br>(nm) |
|------------------------|-------------------------------|-----------------|
| Su                     | 18,0                          | 0,3             |
| Klor                   | 35,4                          | 0,4             |
| Kalsiyum               | 40,0                          | 0,4             |
| Laktoz                 | 342,0                         | 0,8             |
| $\alpha$ -Laktalbumin  | 14500,0                       | 3,0             |
| $\beta$ -Laktoglobulin | 36000,0                       | 4,0             |
| Serum albumini         | 69000,0                       | 5,0             |

PAS, evaporasyon işlemi ile konsantre edilerek ve konsantreye sprey kurutma uygulanarak PAS tozu üretilmektedir. PAS'na içerdiği serum proteinlerini konsantre etmek amacıyla ultrafiltrasyon ve/veya diyafiltrasyon işlemleri uygulanarak %34-80 protein içeren PAS konsantreleri (SPK) elde edilmektedir. PAS'ndan ultrafiltrasyon ve iyon değiştirme işlemleri uygulanarak %90 ve daha fazla oranda protein içeren PAS izolatları da üretilmektedir. (Caric, 1994; Spreer, 1998).

Yüksek besin değerine ve fonksiyonel özelliklere sahip serum proteinlerini içeren SPK çeşitli gıdaların üretiminde ingrediye olarak yaygınlıkla kullanılmaktadır. Protein içeriği %35 olan protein konsantreleri, dondurma, tatlılar, çorbalar, soslar, hazır yemekler, kahvaltılık gevrekler, işlenmiş et ürünleri ve işlenmiş peynirlerde yağsız süt tozu yerine kullanılmaktadır (de Wit, 1998). Ayrıca SPK, fırıncılık ürünleri, şekerlemeler, et ve tatlılarda yüksek su tutma kapasitesi, köpürme ve jelleşme özelliklerinden dolayı kullanılmaktadır (de Wit, 1998). PAS proteinlerinin margarinlerde kullanımı sürekli fazın yapı ve dayanıklılığını iyileştirmektedir (Early, 1998). Fırıncılık ürünleri ve şekerlemeler gibi düşük biyolojik değerde protein içeren veya protein ile

zenginleştirilmesi gereken gıdalarda SPK besin değerinin artırılması için kullanılmaktadır (Early, 1998).

## 2.2. Serum Proteinlerinin Yapısal Fonksiyonları ve Kullanım Alanları

Serum proteinleri toplam süt proteinlerinin %20'sini oluşturmaktadır (Tablo ). Serum proteinleri kazein moleküllerinden farklı olarak asit ile çökmekte ve kimozin enzimine karşı direnç gösterebilmektedir. Bu nedenle bu proteinler asit ve rennet ile muamele edilen süttten elde edilen serumda bulunmaktadır. Sütte bulunan kazein molekülleri serum proteinlerine göre daha büyük yapıdadır. Ancak daha küçük boyuttaki serum proteinleri sayı olarak kazein moleküllerine göre daha fazladır. En önemli serum proteinleri  $\beta$ -laktoglobulin,  $\alpha$ -laktalbumin, serum albumini ve immunoglobulinlerdir.  $\alpha$ -Laktalbumin insan ve inek sütünde bulunmaktadır.  $\beta$ -Laktoglobulin ise sadece inek sütünde bulunmakta ve serum proteinlerinin yarısını oluşturmaktadır.

**Tablo 2.4.** Süt proteinlerinin konsantrasyonu (Shah, 2000).

| Bileşen                      | Konsantrasyon<br>(g/L) | Konsantrasyon<br>(%) |
|------------------------------|------------------------|----------------------|
| <b>Toplam Kazein</b>         | <b>26,0</b>            | <b>80,5</b>          |
| $\alpha$ -Kazein             | 13,0                   | 50,0                 |
| $\beta$ -Kazein              | 9,3                    | 35,8                 |
| $\kappa$ -Kazein             | 3,3                    | 12,7                 |
| <b>Toplam serum proteini</b> | <b>6,3</b>             | <b>19,5</b>          |
| $\beta$ -Laktoglobulin       | 3,2                    | 50,8                 |
| $\alpha$ -Laktalbumin        | 1,2                    | 19,0                 |
| İmmunoglobulin               | 0,7                    | 11,1                 |
| Serum albumini               | 0,4                    | 6,3                  |
| Laktoferrin                  | 0,1                    | 1,6                  |
| Laktoperoksidaz              | 0,03                   | 0,04                 |

Sütte bulunan serum proteinleri bütün kazein misellerini kaplayabilecek miktardadır. Bu proteinler disülfid bağları ( $\alpha$ -laktalbumin,  $\beta$ -laktoglobulin) veya metal kümeler ( $\alpha$ -laktalbumin-kalsiyum) içermekte ve bunlar moleküllerarası etkileşimi kuvvetlendirmektedir (de Wit, 1998).

Serum proteinlerinin en önemli fonksiyonel özelliği jel oluşturmalarıdır. Serum proteinlerinin sonrası serum proteini çözeltisine tuz eklenmesiyle jel yapı oluşturdıkları bildirilmektedir (Mleko ve Gustaw, 2002). Serum proteinlerinin en önemli fonksiyonel özelliklerinden biri de köpürme özellikleriyle hava içeren ürünlerin dayanıklılığını sağlamalarıdır (Foegeding ve diğ., 2002). Serum protein konsantresi içinde az miktarda bulunan yağ, serum proteinlerinin köpük oluşturma özelliğini olumlu yönde etkilemektedir (Zadow, 1986; de Wit, 1998).

Isıl işlem görmüş serum proteinleri kazein miselleri ile de etkileşmekte ve dokuyu iyileştirmektedir. (Morr, 1992). Peynir, et ve şekerleme ürünlerinde ısıtıl işlem uygulanmış SPK'leri kullanılmaktadır. Peynir benzeri ürünlerde serum proteini kullanılarak dilimlenebilme özelliği iyileştirilmektedir (de Wit, 1998). Isıl işlem sırasında hava ürün içine girmekte ve ürün daha kolay dilimlenebilmektedir (de Wit, 1998).

Lucey ve diğ. (1999), yoğurt üretiminde süte ısıtıl işlem öncesi ve sonrası serum proteini ekleyerek yoğurt yapısı ve fermentasyon üzerine etkilerini incelemişlerdir. Isıl işlem öncesi serum proteini eklenen örneklerde eklenmeyen örneğe göre jelleşme süresinin kısaldığı jelleşme pH değerinin yükseldiğini bildirmişlerdir. Isıl işlem sonrası SPK eklenen örneklerde ise eklenmeyen örnekle karşılaştırıldığında jelleşme süresinde artış ve jelleşme pH değerinde düşme görüldüğü bulmuşlardır. Isıl işlem öncesi SPK eklenmesi ile denatüre olan serum proteinlerinin kazein miselleri ile ve diğer denatüre serum proteinleri ile etkileşime girdiği ve dallanmış yapının oluşmasını sağladığı ve dallanmış jel yapının kırılğan bir özellik gösterdiğini bildirmişlerdir.

### **2.3. Serum Proteinlerinin Biyolojik Fonksiyonları**

Serum proteinleri diğer temel protein kaynaklarıyla karşılaştırıldıklarında yüksek biyolojik değere sahiptirler (Tablo 2.5). Biyolojik değer, besinlerin azot miktarı ile ilgilidir ve proteine ne kadar çabuk değişebileceğinin ölçüsüdür. Yüksek biyolojik değere sahip serum proteinleri ayrıca dallanmış zincirli yapıdaki lösin, izolösin ve valin gibi amino asitleri içermektedir (Tablo 2.6). Dallanmış zincir yapıdaki amino asitler kan ile kaslara taşınmakta ve burada glikoz için enerjiye çevrilmektedir.

**Tablo 2.5.** Protein içeriği yüksek olan bazı gıdaların biyolojik değerleri (Ha ve Zemel, 2003).

| <b>Protein kaynağı</b>       | <b>Biyolojik değer</b> |
|------------------------------|------------------------|
| Serum proteini               | 104                    |
| Yumurta                      | 100                    |
| Sığır eti                    | 91                     |
| Soya                         | 80                     |
| Baklagil                     | 74                     |
| Bitkisel kaynaklı proteinler | 49                     |

**Tablo 2.6.** Serum proteini izolatının içerdiği dallanmış zincirli amino asit miktarları (Ha ve Zemel, 2003).

| <b>Amino asit</b> | <b>Serum proteini izolatı<br/>(Ağırlıkça %)</b> | <b>Ortalama protein (207 farklı tip protein)<br/>(Ağırlıkça %)</b> |
|-------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Sistin            | 10,7                                            | 5,8                                                                |
| Glutamat          | 3,4                                             | 4,6                                                                |
| Lösin             | 4,7                                             | 4,8                                                                |
| İsolösin          | 1,7                                             | 2,6                                                                |
| Valin             | 3,4                                             | 5,2                                                                |

Serum proteinleri yüksek biyolojik değerinin sahip oldukları gibi vücuda alımları ile bir çok biyolojik fonksiyonda da görev almaktadır (Tablo 2.7). Serum albumini gibi uzun polipeptidler bir veya daha fazla alan oluşturacak şekilde katlanarak ilaç gibi küçük molekülleri bağlayabilmektedir (de Wit, 1998). İmmünoglobulinler y şeklindedir ve bu şekliyle yeni doğanlarda pasif bağışıklığın taşınmasında küçük molekülleri birkaç noktada esnek olarak bağlayarak görev almaktadır (de Wit, 1998).

**Tablo 2.7.** Serum proteinlerinin kompozisyonu ve biyolojik fonksiyonları (de Wit, 1998, Shah, 2000).

| Serum proteini         | Miktar<br>(g/L süt) | Biyolojik fonksiyon                                        |
|------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------|
| $\beta$ -Laktoglobulin | 3,2                 | Provitamin A taşıma, serbest yağ asitlerini bağlama        |
| $\alpha$ -Laktalbumin  | 1,2                 | Laktoz sentezi, Ca taşıma, antikanserojenik                |
| Serum Albumini         | 0,4                 | Serbest yağ asidi taşıma                                   |
| IgG                    | 0,8                 | Bağışıklık sistemini güçlendirme                           |
| Laktoferrin            | 0,2                 | Antimikrobiyal, antikanserojenik, Fe <sup>+3</sup> bağlama |
| Laktoperoksidaz        | 0,03                | Antimikrobiyal                                             |
| Enzim (>50)            | 0,03                | Antimikrobiyal etki                                        |
| Proteoz pepton         | $\geq 1$            | Uyuşturucu özellik                                         |

Son yıllarda sütün biyolojik ve besinsel değerinin iyileştirilmesi, sütün bebek ürünlerinde kullanımını arttırmıştır. İnsan sütü baz alınarak inek sütünden katkı maddeleri üretilmektedir (de Wit, 1998). İnsan sütü ile inek sütü karşılaştırıldığında inek sütü daha fazla kazein ve mineral içermektedir (de Wit, 1998). Bebek ürünleri için sütteki kazein serum proteini oranı 4:1'den 2:3'e indirilmektedir (de Wit, 1998). Sütte bulunan minerallerin büyük bir bölümü kazein moleküllerine bağlı olduğu için kazein miktarının azaltılması tuz miktarını da azaltmaktadır (de Wit, 1998).

Sütte bulunan serum proteinlerinin büyük bir bölümünü  $\beta$ -laktoglobulin oluşturmaktadır (de Wit, 1998).  $\beta$ -Laktoglobulin sistin esansiyel aminoasidi bakımından zengindir (de Wit, 1998). Sistin molekülü karaciğer tarafından üretilen üç aminoasitli antikanserojenik glutation sentezinde görev almaktadır (de Wit, 1998). Glutation peptidi bağışıklık sistemini güçlendirmektedir (de Wit, 1998).  $\alpha$ -Laktalbumin yeni doğanlar için önemli bir enerji kaynağı olan laktozun biyosentezini desteklemektedir (Korhonen ve Pihlanto, 2005).  $\alpha$ -Laktalbumin pH 4 değerinde çözünmekte midedeki pepsin enzimine karşı hassasiyeti artmakta ve daha kolay sindirilmektedir (de Wit, 1998).

Serum albumini kan serum albuminine benzemektedir ve süte kılcal damarlardan geçmektedir. Serum albumini kanda bulunan serbest yağ asitlerini bağlamakta ve ayrıca karaciğerde üretilen glutation için önemli bir kaynak oluşturmaktadır (de Wit, 1998).

Laktoferrin ve laktoperoksidaz serumda az miktarda bulunmaktadır (Korhonen ve Pihlanto, 2005). Laktoferrin demir içeren bir proteindir ve 25 aminoasitten oluşmaktadır (Korhonen ve Pihlanto, 2005). İki ana küresel yapıdan oluşan laktoferrinin her bir küresel parçası bir  $Fe^{+3}$  iyonu taşımaktadır ve bağırsaklardan demir emiliminde rol oynamaktadır (de Wit, 1998). Ayrıca laktoferrin yeni doğanlarda patojen mikroorganizmalara karşı koruyucu etki göstermektedir (de Wit, 1998). Laktoferrin *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Shigella dysenteriae*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus stearothermophilus* ve *Bacillus subtilis* gibi mikroorganizmaların gelişimini önlemektedir (Shah, 2000). Bakteri gelişimini önleyici etkisi ise ortamda bulunan demirin laktoferrin şelatları tarafından tutulması ve mikroorganizmanın demirden yoksun kalarak gelişim faaliyetini sürdürememesi yoluyla olmaktadır (Shah, 2000).

Laktoperoksidaz bazı enterik bakterileri yok etmektedir. Laktoperoksidaz, hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) varlığında tiyosiyanat ( $SCN^-$ ) oksidasyonunu katalizlemekte ve antimikrobiyal özellik gösteren bir ürün oluşmasını sağlamaktadır (Shah, 2000). Ayrıca laktoferrin ve laktoperoksidazın kronik ishali azalttığı bildirilmektedir (Shah, 2000). İmmünoglobulinler yeni doğanlarda enfeksiyonlara karşı koruyucu etki göstermektedir (Shah, 2000).

Serum proteinlerinden  $\alpha$ -laktorfin,  $\beta$ -laktorfin, albutensin A ve  $\beta$ -laktotensin gibi biyoaktif peptidler elde edilmektedir (Korhonen ve diğ., 1998). Biyoaktif peptid içeren bazı serum proteinlerinden zayıf uyuşturucu (opioid) özellik gösteren serofin ve albutensin serum albumin fraksiyonundan, laktoferroksin laktoferrinden, laktotensin ise  $\beta$ -laktoglobulinden elde edilmektedir (Korhonen ve diğ., 1998). Albutensin,  $\alpha$ - ve  $\beta$ -laktorfin serum peptidlerinin hipertansiyonda etkili bir enzim olan ACE (“angiotensin I converting enzyme”)’yi önleyici özellik gösterdiği bildirilmektedir (Korhonen ve diğ., 1998). Ayrıca serumda bulunan lizozim enzimi de antimikrobiyal aktivite göstermektedir (Korhonen ve Pihlanto, 2005). Lizozim bakteri hücre duvarında eser miktarda bulunan N-asetilmuramik asit ile 2-asetil-amino-2-deoksi-D-glikoz arasında bulunan  $\beta$ -1,4 bağlarını hidrolize etmekte ve hücre ölümüne neden olmaktadır (Onwulata ve Tomasula, 2004; Korhonen ve Pihlanto, 2005). Lizozim enzimi Gram

pozitif ve Gram negatif bakteriler üzerinde etkilidir (Shah, 2000). Lizozim ve laktoferrin *E. coli* üzerinde sinerjik etki yaratmakta ve dış membranına zarar vermektedir (Shah, 2000). Ayrıca bu enzim *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium* ve *Listeria monocytogenes* bakterileri üzerinde toksik etkiye sahiptir (Shah, 2000).

Serumda bulunan protein fraksiyonları gibi mineraller de biyoaktif özellik göstermektedir (Shah, 2000). Kalsiyum kan basıncını ayarlayan önemli iyonlardandır (Onwulata ve Tomasula, 2004). Ayrıca sütte bulunan kalsiyum fosfat safra tuzlarını bağlayarak toksik etkilerini önlemektedir. Safra tuzlarının kolon kanserini tetiklediği bildirilmektedir (Onwulata ve Tomasula, 2004).

### **3. MATERYAL VE METOT**

#### **3.1. Materyal**

Bu çalışmada kullanılan yağsız süt tozu Pınar Süt Mamulleri Sanayi A.Ş. (İzmir)'den, %35 protein içeren peynir altı suyu protein konsantresi (SPK35) Astosan Süt ve Gıda A.Ş. (Bandırma)'den ve %80 protein içeren peynir altı suyu protein konsantresi (SPK80) Interfood Ingredients Ltd. (İngiltere) firmasından sağlanmıştır. Keçiyoynuzu gamı Incom Doğal Gıda Katkı Maddeleri A.Ş. (Mersin)'den, propilen glikol aljinat ISP International Corp. (A.B.D.)'den ve YC 350 kültür Peyma-Chr. Hansen (İstanbul) firmalarından temin edilmiştir.

#### **3.2. Nem Miktarı Tayini**

Yağsız süt tozu, SPK35 ve SPK80 tozlarındaki nem miktarı 1-1,5 g örnek kullanılarak vakumlu etüvde 235 mmHg basınç altında örnekler sabit tartım ağırlığına ulaşınca kadar kurutularak belirlenmiştir (AOAC, 1995a).

#### **3.3. Kül Miktarı Tayini**

Yağsız süt tozu, SPK35 ve SPK80 tozlarındaki kül miktarı 1-1,5 g örnek kullanılarak 550°C'de yaklaşık 6 saat yakma sonucunda belirlenmiştir (AOAC, 1995b).

#### **3.4. Protein Miktarı Tayini**

Yağsız süt tozu, SPK %35 ve SPK %80 örneklerinde toplam azot (TN), protein olmayan azot (PON) ve kazein azot (KN) miktarları Kjeldahl Yöntemi ile belirlenmiştir. Örneklerdeki protein miktarı  $(TN-PON) \times 6,38$  formülü ile bulunmuştur. Örneklerdeki toplam serum proteini miktarı  $(TN-KN-PON) \times 6,38$  formülü ile bulunmuştur.

Isıl işlem sonrası denatüre olmuş ve kazeinle kompleks oluşturmuş serum proteini miktarı kazein analizi yapılarak hesaplanmıştır (AOAC, 1995c). Bu amaçla, ısıtma işlemi uygulanan karışımlarda kazein analizi yapılmış ve kazein-denatüre serum proteini kompleksi miktarı bulunmuştur. Denatüre olmuş serum proteini miktarı, kazein-denatüre serum proteini kompleksi miktarından kazein miktarı çıkarılarak hesaplanmıştır.

### **3.5. SPK Kullanılarak Fermente İçecek Hazırlanması**

Yağsız süt tozu ve buna ek olarak %0,5-3,0 aralığındaki oranlarda SPK35 veya SPK80 kullanılarak son üründe kuru madde içeriği %6 olacak şekilde 9 farklı bileşimde fermente süt içeceği hazırlanmıştır. Bu amaçla, örneklerde SPK %0,5, 1,0, 2,0 ve 3,0 ve yağsız süt tozu %3,0, 4,0, 5,0, 5,5 oranlarında toz karışımlar hazırlanmıştır. Yağsız süt tozu ile kontrol örneği hazırlanmıştır. Örnekler farklı günlerde 3 tekrarlı olacak şekilde hazırlanmıştır.

Toz karışımlar hazırlandıktan sonra kuru madde oranı %7,7 olacak şekilde 40°C'ye ısıtılmış distile su ile sulandırılmış ve 30 dk karıştırma işlemi yapılarak çözündürülmüştür. Hazırlanan karışımlar 85°C'ye ısıtılmış su banyosunda 30 dk pastörize edilmiş ve 43°C'ye soğutulmuştur. Dondurucuda saklanan starter kültür 0,12 g tartılarak oda sıcaklığındaki 50 ml sterilize süte ilave edilmiş ve 30 dk karıştırma işlemi uygulanarak kültür aktivasyonu sağlanmıştır. Kültür son üründe %0,0016 olacak şekilde 43°C'ye soğutulmuş karışımlara eklenmiştir. Kültür eklenen karışımlar 43°C'de inkübasyona bırakılmış ve pH değeri 4,3 oluncaya kadar yaklaşık 5 saat 43°C'de bekletilmiştir. İnkübasyondan sonra fermente içeceklere pastörize edilmiş su kuru madde içeriği %6 olacak şekilde eklenerek 4°C'ye soğutulmuş ve elde edilen karışımlar 9500 rpm hızda 30 sn süreyle homojenize edilmiştir (Ultra Turrax T25 Janke&Kinkel GMBH Co, Almanya). Hazırlanan yağsız fermente süt içecekleri 4°C'de depolanmış ve bir gün sonra reolojik özellikleri ölçülmüştür.

### 3.6. Stabilizör Kullanılarak Fermente İçecek Hazırlanması

Yağsız süt tozu ve %0,1 ve 0,5 oranlarında keçiyoynuzu gamı veya propilen glikol aljinat kullanılarak son üründe kuru madde içeriği %6 olacak şekilde 4 farklı bileşimde fermente süt içeceği hazırlanmıştır. Örnekler farklı günlerde 3 tekrarlı olacak şekilde hazırlanmıştır. Yağsız süt tozu ve hidrokolloidler belirlenen oranlarda tartıldıktan sonra 40°C'ye ısıtılmış distile su ilave edilmiştir. Süt tozu kuru madde oranı %7,7 olacak şekilde sulandırılmış ve 30 dk karıştırma işlemi yapılarak çözündürülmüştür. Hazırlanan karışımlar 85°C'ye ısıtılmış su banyosunda 30 dk hidrokolloidlerin sulu çözeltileri ise 5 dk pastörize edilmiştir. Karışımlar 43°C'ye soğutulmuştur. Sulu stabilizör çözeltileri ise 4°C'ye soğutularak buzdolabında depolanmıştır. Dondurucuda saklanan starter kültür 0,12 g tartılarak oda sıcaklığındaki 50 ml sterilize süte ilave edilmiş ve 30 dk karıştırma işlemi uygulanarak kültür aktivasyonu sağlanmıştır. Son üründe %0,0016 olacak şekilde 43°C'ye soğutulmuş karışımlara eklenmiştir. Kültür eklenen karışımlar 43°C'de inkübasyona bırakılmış ve pH değeri 4,3 oluncaya kadar yaklaşık 5 saat 43°C'de bekletilmiştir. İnkübasyondan sonra fermente içeceklere pastörize edilmiş sulu hidrokolloid çözeltileri içeceğin kuru madde içeriği %6 olacak şekilde eklenerek 4°C soğutulmuş ve elde edilen karışımlar 9500 rpm hızda 30 saniye süreyle homojenize edilmiştir (Ultra Turrax T25 Janke&Kinkel GMBH Co, Almanya). Hazırlanan yağsız fermente süt içecekleri 4°C'de depolanmış ve bir gün sonra reolojik özellikleri ölçülmüştür.

### 3.7. Reolojik Özellikler

Reolojik ölçümler reometre (Haake Rotovisco RT20, Almanya) kullanılarak eşeksenli rotor (yarıçap: 20 mm) ve hazneden (yarıçap: 21,70 mm) oluşan silindirik sensor sistemi ile 65,4 ml örnek kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Su banyosu kullanılarak haznenin etrafında bulunan ceketle su sirkülasyonu ile ayranların sıcaklığı 10°C±0,5'de sabit tutulmuştur. Ölçümler, ısı dengenin sağlanabilmesi için örnekler haznede bekletildikten sonra yapılmıştır. Kontrollü artan ve azalan kayma hızında örneklerin kayma gerilimleri ölçülmüştür. Kayma hızı 0,13'den 300 1/s arttırılarak 5 dk çıkış ve 300'den 0,13 1/s azaltılarak 5 dk iniş eğrileri belirlenmiştir. Örneklerdeki tiksotropi iniş ve çıkış eğrilerinin arasında kalan alanın cihazın yazılımı kullanılarak hesaplanmasıyla

belirlenmiştir.

Fermente içeceklerin reolojik özellikleri çıkış eğrisi verileri kullanılarak, üslü yasa (Eşitlik 3.1) ve Herschel-Bulkey modellerine göre (Eşitlik 3.2) lineer olmayan regresyon yöntemi ile SPSS 10.0 programı kullanılarak saptanmıştır. Eşitliklerde  $\sigma$  kayma gerilimi,  $K$  kıvam katsayısı,  $\dot{\gamma}$  kayma hızı,  $n$  akış davranış indeksi ve  $\sigma_0$  akma gerilimini ifade etmektedir.

$$\sigma = K\dot{\gamma}^n \quad (3.1)$$

$$\sigma = \sigma_0 + K\dot{\gamma}^n \quad (3.2)$$

### 3.8. Partikül Boyutu Analizi

Fermente süt içeceklerinde partikül boyutu analizi lazer kırınımı prensibiyle çalışan Malvern Mastersizer 2000S ve HydroG ıslak ölçüm haznesi (Malvern Instruments Ltd, Worcestershire, İngiltere) kullanılarak 4°C’de ölçülmüştür. Protein yapısının bozulmaması için ölçüm ortamı olarak %6’ya seyreltilmiş yağsız yoğurt serumu seçilmiştir. Böylece örnek pH değeri ve iyonik bileşimi benzer bir ortama aktararak protein yapının stabil kalması sağlanmıştır (Anema ve diğ., 2004).

Yağsız yoğurt serumu üretiminde piyasadan temin edilen yağsız yoğurt %6 kuru madde içerecek şekilde sulandırılmıştır. Elde edilen seyreltik yoğurda kaba filtrasyon işlemi uygulanmıştır. Kaba filtrasyondan sonra ES625 polietersülfon (MWCO: 25000) (PCI Membrane Systems Ltd. İngiltere) membranı kullanılarak ultrafiltrasyon (Armfield FT18T RO/UF, Armfield Ltd., İngiltere) işlemi ile yoğurt çözeltisinden proteinler ayrılarak serum elde edilmiştir. Ölçüm için 800 mL permeat ve 1 mL örnek kullanılmıştır.

Ortalama partikül boyutu hacim ağırlıklı ortalama ( $D[4,3]$ ) (Eşitlik 3.3) kullanılarak ölçülmüştür. Eşitlikte  $n_i$ ,  $d_i$  çapındaki partikül sayısını ifade etmektedir.  $D[4,3]$  değerinin yüzey alanı ağırlıklı ortalama  $D[3,2]$  (Eşitlik 3.4) değerine göre daha hassas sonuçlar verdiği ve partikül dağılımını daha iyi ifade ettiği bildirilmektedir (Surh ve diğ., 2006).

$$D[4,3] = \frac{\sum n_i d_i^4}{\sum n_i d_i^3} \quad (3.3)$$

$$D[3,2] = \frac{\sum n_i d_i^3}{\sum n_i d_i^2} \quad (3.4)$$

### 3.9. Serum Ayrılması

Serum ayrılması Lucey ve diğ. (1999)'nin metodu adapte edilerek belirlenmiştir. Fermente içecek örnekleri 50 mL'lik kapaklı cam mezürlerde (1,2 cm yarı çap, 12,5 cm yükseklik, 1 mL = 0,25 cm) 4°C'de depolanmış ve yüzeyde biriken serumun hacmi depolamanın 1., 5. (Ek A) ve 10. günlerinde ölçülmüştür.

### 3.10. İstatistiksel Analiz

Çalışmada bileşimleri farklı olan fermente süt içeceklerinin kıvam katsayısı, akış davranış indeksi, partikül boyutu ve serum ayrılma miktarı tek yollu anova ile incelenmiştir. Örnekler arasındaki farklılık Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak belirlenmiştir. Farklılıklar 0,05 önem düzeyinde belirlenmiştir. İstatistiksel analizler SPSS 10.0 yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

Ayrıca çalışmada %2 SPK80 içeren örneğin kontrol ve hidrokolloid içeren örnekler ile karşılaştırılması amacıyla bu örneklerin kıvam katsayısı, akış davranış indeksi, partikül boyutu ve serum ayrılma miktarı tek yollu anova ile incelenmiş ve örnekler arasındaki farklılık Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak belirlenmiştir.

Fermente içeceklerin yapısal özellikleri ile bileşimlerinde bulunan toplam protein, kazein, serum proteini, denatüre serum proteini, kazein/serum proteini ve kül miktarları arasındaki ilişki iki uçlu korelasyon analizi ile belirlenmiştir.

## 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Serum Proteini Konsantrelerinin Sulu Çözeltilerinin Reolojik Özellikleri

Serum proteini konsantrelerinin hangi oranda kullanılacağını belirlemek amacıyla %2 ve 4 SPK35 veya SPK80 içeren sulu çözeltiler hazırlanmıştır. Isıl işlem (85°C’de 30 dk) uygulanan çözeltiler 4°C’de 1 gün depolandıktan sonra örneklerin reolojik özellikleri, çözeltilerin kendi pH’larında (Tablo 4.1) ve fermente içecek pH’sı olan 4,3’te ölçülmüştür.

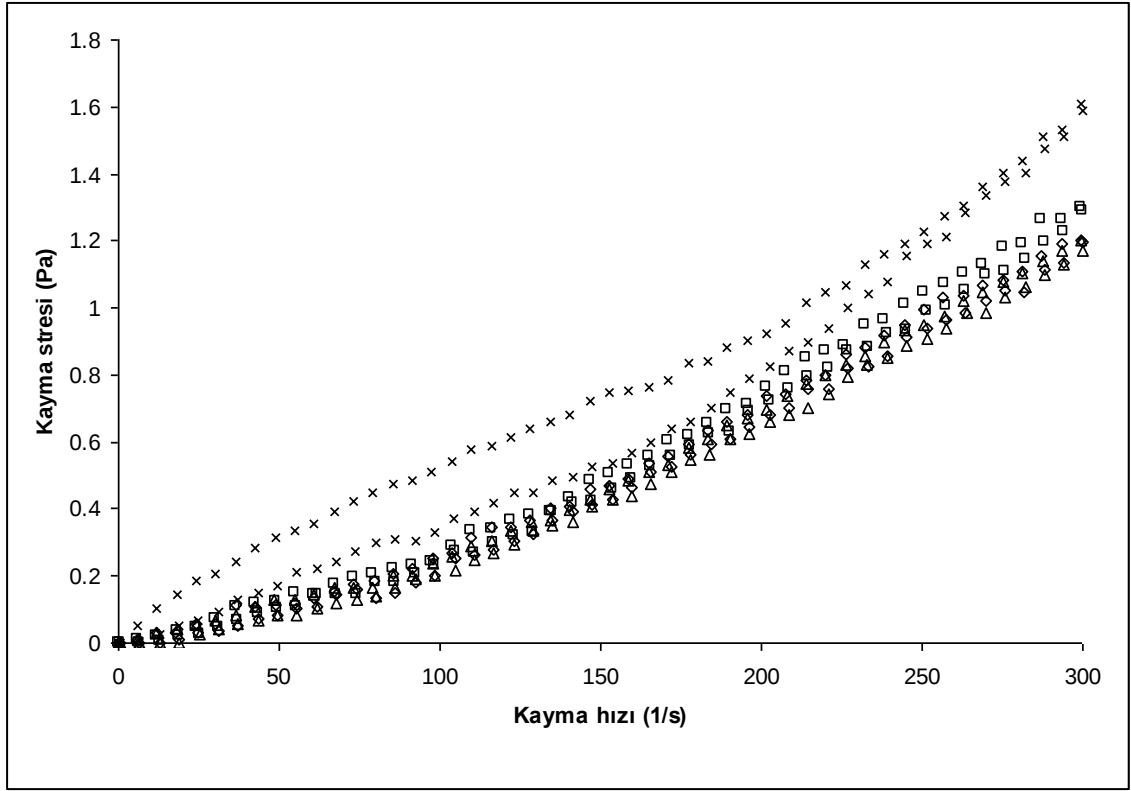
**Tablo 4.1.** Serum proteini konsantreleri ile hazırlanan sulu çözeltilerin pH değerleri

| Serum proteini konsantreleri | Miktar (%) | pH   |
|------------------------------|------------|------|
| SPK35 <sup>1</sup>           | 2,0        | 7,35 |
|                              | 4,0        | 7,38 |
| SPK80 <sup>2</sup>           | 2,0        | 6,29 |
|                              | 4,0        | 6,13 |

<sup>1</sup> %35 protein içeren serum proteini konsantresi

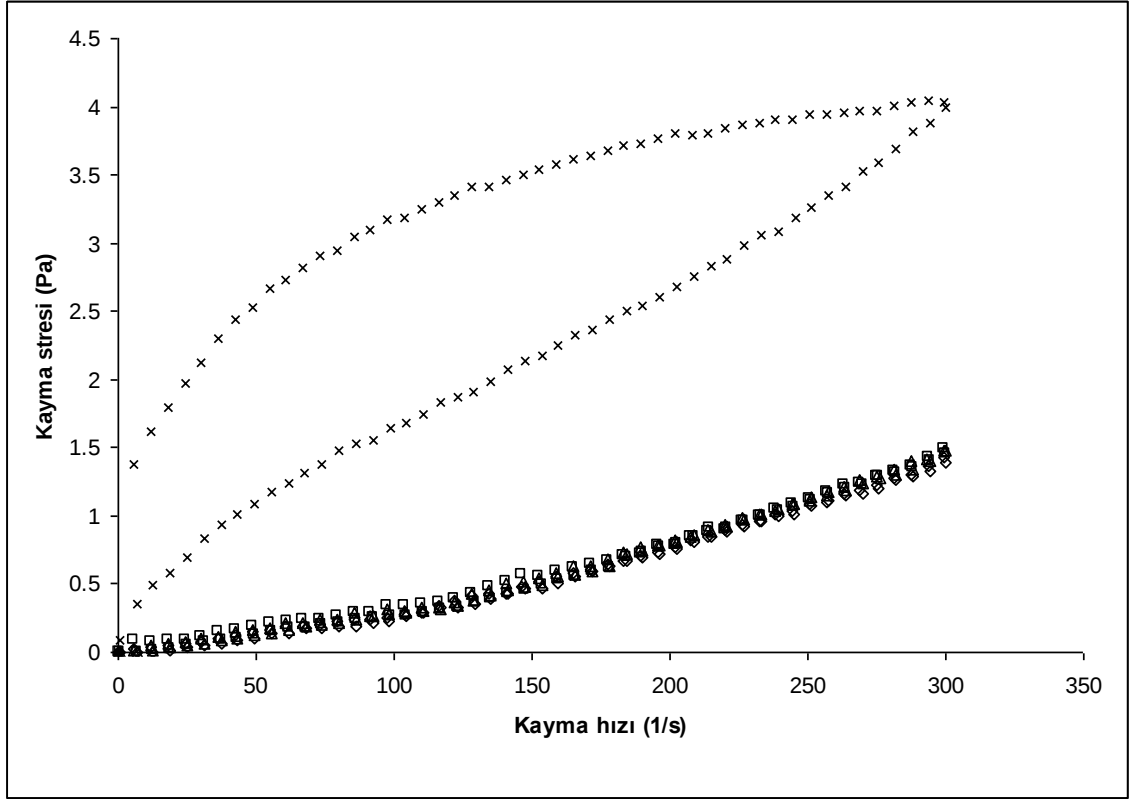
<sup>2</sup> %80 protein içeren serum proteini konsantresi

SPK35 ile hazırlanan sulu çözeltilerin pH değeri daha yüksek bulunmuştur. SPK35 tozunun mineral içeriğinin daha fazla olması muhtemelen pH değerinin yüksek bulunmasına sebep olmuştur. Hazırlanan sulu çözeltilerde kuru madde miktarındaki artış ile kayma stresi artmıştır (Şekil 4.1). Ayrıca SPK80 ile hazırlanan sulu çözeltilerde pH değerindeki azalma ile kayma hızı ile kayma stresindeki artma ve tiksotropi artmıştır.



**Şekil 4.1.** SPK35 ve SPK80 ile hazırlanan %2'lik sulu çözeltilerde kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi (+: %2 SPK35 pH 7,35 , □: %2 SPK80 pH 6,29, -: %2 SPK35 pH 4,3, X: %2 SPK80 pH 4,3)

SPK oranı %4 olan SPK80 içeren ve pH değeri 4,3'e ayarlanmış örnek psödoplastik akış davranışı göstermiştir (Şekil 4.2). Mleko ve Foeding (1999), ısıtılmış serum protein çözeltilerinin genelde psödoplastik ve tiksotropik akış davranışı sergilediklerini ancak dilatant ve reopektik davranış sergileyebildiklerini de belirtmişlerdir. Rattray ve Jelen (1995)'de %11 oranında SPK içeren sulu çözeltilerde pH değişimi ile görülen viskozitedeki değişimi incelemişlerdir. pH değeri 4,5-6,5 arasında çözeltilerin görülen viskoziteleri değişmezken pH değeri 4,5'un altında viskozitelerde artış görülmüştür. Mleko (2004), %35, 65 ve 85 protein içeren SPK ile hazırladıkları %4, 6 ve 8 kuru madde içeriğine sahip çözeltilerin dilatant akış davranışı sergilediğini bildirmiştir.



**Şekil 4.2.** SPK35 ve SPK80 ile hazırlanan %4'lik sulu çözeltilerde kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi (+: %4 SPK35 pH 7,38, □: %4 SPK80 pH 6,29, -: %4 SPK35 pH 4,3, X: %4 SPK80 pH 4,3)

Isıl işlem uygulanmış SPK80 içeren sulu çözeltilerde kayma geriliminin ve tiksotropinin pH'ya ve konsantrasyona bağlı olarak değiştiği bulunmuştur. pH 4,3'te ve konsantrasyon %4 olduğunda örneklerin kayma geriliminin ve tiksotropinin arttığı bulunmuştur.

## 4.2. Yağsız Süt Tozu ve Serum Proteinini Konsantrelerinin Bileşimleri

Fermente içeceklerin hazırlanmasında kullanılan yağsız süt tozu ve SPK35'in benzer kimyasal bileşime sahip olduğu bulunmuştur (Tablo 4.2). Ancak yağsız süt tozunda proteinin %79,5'ünü kazein, %20,5'ünü serum proteinleri oluştururken, SPK35'in protein bileşiminin %13,9'ünü kazein, %86,1'ini serum proteinleri oluşturmaktadır. SPK35'in mineral madde içeriğinin yağsız süt tozu ve SPK80'den yüksek olduğu görülmüştür. SPK80 üretiminde uygulanan ayırma teknikleri ile laktoz ve mineral maddelerin büyük bir kısmının uzaklaştırıldığı görülmektedir.

**Tablo 4.2.** Yağsız fermente süt içeceği üretiminde kullanılan süt tozu ve serum proteinini konsantrelerinin kimyasal bileşimi

|                          | <b>Protein<br/>(%)</b> | <b>Laktoz<br/>(%)</b> | <b>Kül<br/>(%)</b> | <b>Nem<br/>(%)</b> |
|--------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| <b>Süt tozu</b>          | 32,3                   | 57,2                  | 6,2                | 4,3                |
| <b>SPK35<sup>1</sup></b> | 31,5                   | 57,7                  | 7,8                | 3,0                |
| <b>SPK80<sup>2</sup></b> | 74,8                   | 18,6                  | 2,6                | 4,1                |

<sup>1</sup> %35 protein içeren serum proteinini konsantresi

<sup>2</sup> %80 protein içeren serum proteinini konsantresi

## 4.3. Yağsız Fermente Süt İçeceklerinin Özellikleri

### 4.3.1. Kimyasal Özellikleri

Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliğinde (2001), bir fermente süt içeceği olan ayran için yağsız kuru madde miktarı %6 olarak belirtilmiştir. Bu nedenle, yağsız fermente süt içecekleri kuru madde oranı %6 olacak şekilde yağsız süt tozu ve yağsız serum proteinini konsantrelerinden hazırlanmıştır.

Yağsız süt tozu ve SPK35'in bileşimleri benzer olduğu için SPK35 ile hazırlanan örnekler ile yağsız süt tozundan hazırlanan örneğin protein oranları benzer bulunmuştur. SPK80 ile hazırlanan örneklerde ise SPK80 miktarı artışı ile protein miktarı da artmıştır (Tablo 4.3). SPK35 ile hazırlanan örneklerde SPK miktarı arttıkça mineral madde miktarı artarken, SPK80 ile hazırlanan örneklerde mineral madde miktarı ve laktoz azalmıştır.

**Tablo 4.3.** Yağsız fermente süt içeceklerinde (%6 kuru madde) protein haricindeki bileşenler

| <b>Süt tozu</b><br><b>(%)</b> | <b>SPK35<sup>1</sup></b><br><b>(%)</b> | <b>SPK80<sup>2</sup></b><br><b>(%)</b> | <b>Laktoz</b><br><b>(%)</b> | <b>Kül</b><br><b>(%)</b> |
|-------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| <b>6,0</b>                    | -                                      | -                                      | 3,43                        | 0,37                     |
| <b>5,5</b>                    | <b>0,5</b>                             | -                                      | 3,44                        | 0,38                     |
| <b>5,0</b>                    | <b>1,0</b>                             | -                                      | 3,44                        | 0,39                     |
| <b>4,0</b>                    | <b>2,0</b>                             | -                                      | 3,44                        | 0,40                     |
| <b>3,0</b>                    | <b>3,0</b>                             | -                                      | 3,45                        | 0,42                     |
| <b>5,5</b>                    | -                                      | <b>0,5</b>                             | 3,24                        | 0,26                     |
| <b>5,0</b>                    | -                                      | <b>1,0</b>                             | 3,05                        | 0,26                     |
| <b>4,0</b>                    | -                                      | <b>2,0</b>                             | 2,66                        | 0,25                     |
| <b>3,0</b>                    | -                                      | <b>3,0</b>                             | 2,28                        | 0,25                     |

<sup>1</sup> %35 protein içeren serum protein konsantresi

<sup>2</sup> %80 protein içeren serum protein konsantresi

Fermente süt ürünlerinde yapıyı oluşturan ana bileşen proteinlerdir. Kazein ve serum proteini miktarları, bunların birbirine oranı ve ısıtma işlem sonucu oluşan kazein-denatüre serum proteini kompleksi miktarlarının yapısal özelliklere etki ettikleri bildirilmektedir (Beaulieu ve diğ., 1999; Guzman-Gonzalez ve diğ., 2000; Puvanenthiran ve diğ., 2002). Bu nedenle fermente içeceklerde protein bileşimi de belirlenmiştir (Tablo 4.4).

Kuru madde oranı sabit tutularak yağsız süt tozuna ilave edilen SPK35 ve SPK80 tozlarıyla içeceklerdeki serum protein miktarı artırılmıştır. Özellikle SPK80 içeren örneklerde toplam protein ve serum proteini miktarları diğer örneklerle göre daha yüksektir. SPK35 içeren örnekler süttozuna benzer oranlarda toplam protein içermiştir. Örneklerde genel olarak SPK miktarındaki artış ile kazeinle kompleks oluşturan denatüre serum proteini miktarı artmıştır. Amayatakul ve diğ. (2006) de kazein/serum proteini oranını değiştirerek hazırladıkları yoğurt sütlerinde kazein/serum proteini oranındaki azalmanın denatüre serum proteini oranını arttırdığını bulmuşlardır.

**Tablo 4.4.** Fermente süt içeceklerinin protein bileşimleri

| <b>Süt tozu<br/>(%)</b> | <b>SPK35<sup>1</sup><br/>(%)</b> | <b>SPK80<sup>2</sup><br/>(%)</b> | <b>Protein<br/>(%)</b> | <b>Kazein<br/>(%)</b> | <b>Serum<br/>proteini<br/>(%)</b> | <b>Denatüre serum<br/>proteini<sup>3</sup><br/>(%)</b> |
|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>6,0</b>              | -                                | -                                | 1,94                   | 1,54                  | 0,40                              | 0,06                                                   |
| <b>5,5</b>              | <b>0,5</b>                       | -                                | 1,93                   | 1,43                  | 0,50                              | 0,11                                                   |
| <b>5,0</b>              | <b>1,0</b>                       | -                                | 1,93                   | 1,33                  | 0,60                              | 0,07                                                   |
| <b>4,0</b>              | <b>2,0</b>                       | -                                | 1,92                   | 1,11                  | 0,81                              | 0,55                                                   |
| <b>3,0</b>              | <b>3,0</b>                       | -                                | 1,91                   | 0,9                   | 1,01                              | 0,85                                                   |
| <b>5,5</b>              | -                                | <b>0,5</b>                       | 2,15                   | 1,42                  | 0,73                              | 0,57                                                   |
| <b>5,0</b>              | -                                | <b>1,0</b>                       | 2,36                   | 1,31                  | 1,05                              | 0,81                                                   |
| <b>4,0</b>              | -                                | <b>2,0</b>                       | 2,79                   | 1,07                  | 1,71                              | 0,95                                                   |
| <b>3,0</b>              | -                                | <b>3,0</b>                       | 3,21                   | 0,84                  | 2,37                              | 1,98                                                   |

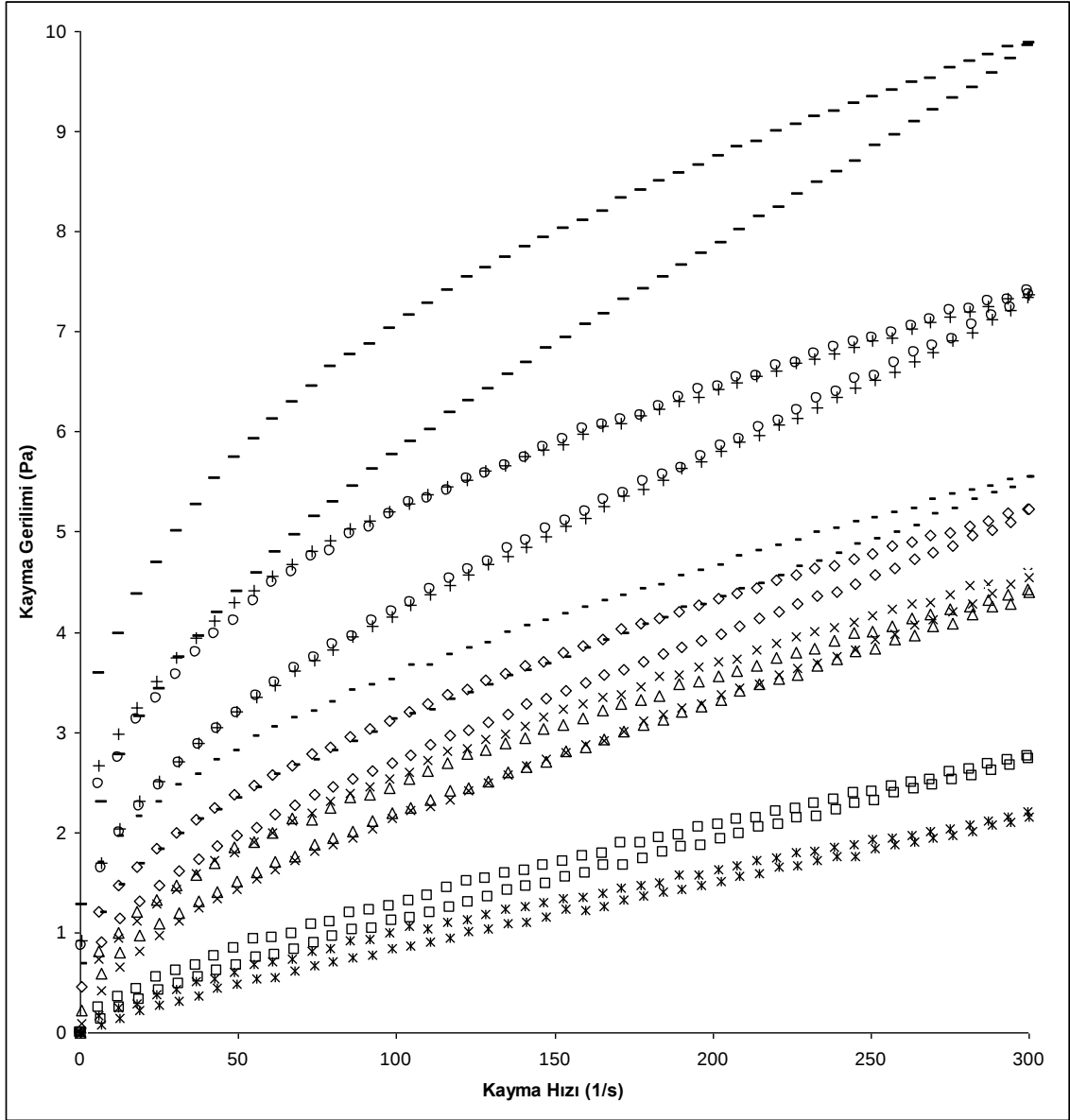
<sup>1</sup> %35 protein içeren serum proteini konsantresi

<sup>2</sup> %80 protein içeren serum proteini konsantresi

<sup>3</sup> Isıl işlem sonrası denatüre olan ve kazeinle kompleks oluşturan serum proteini miktarı

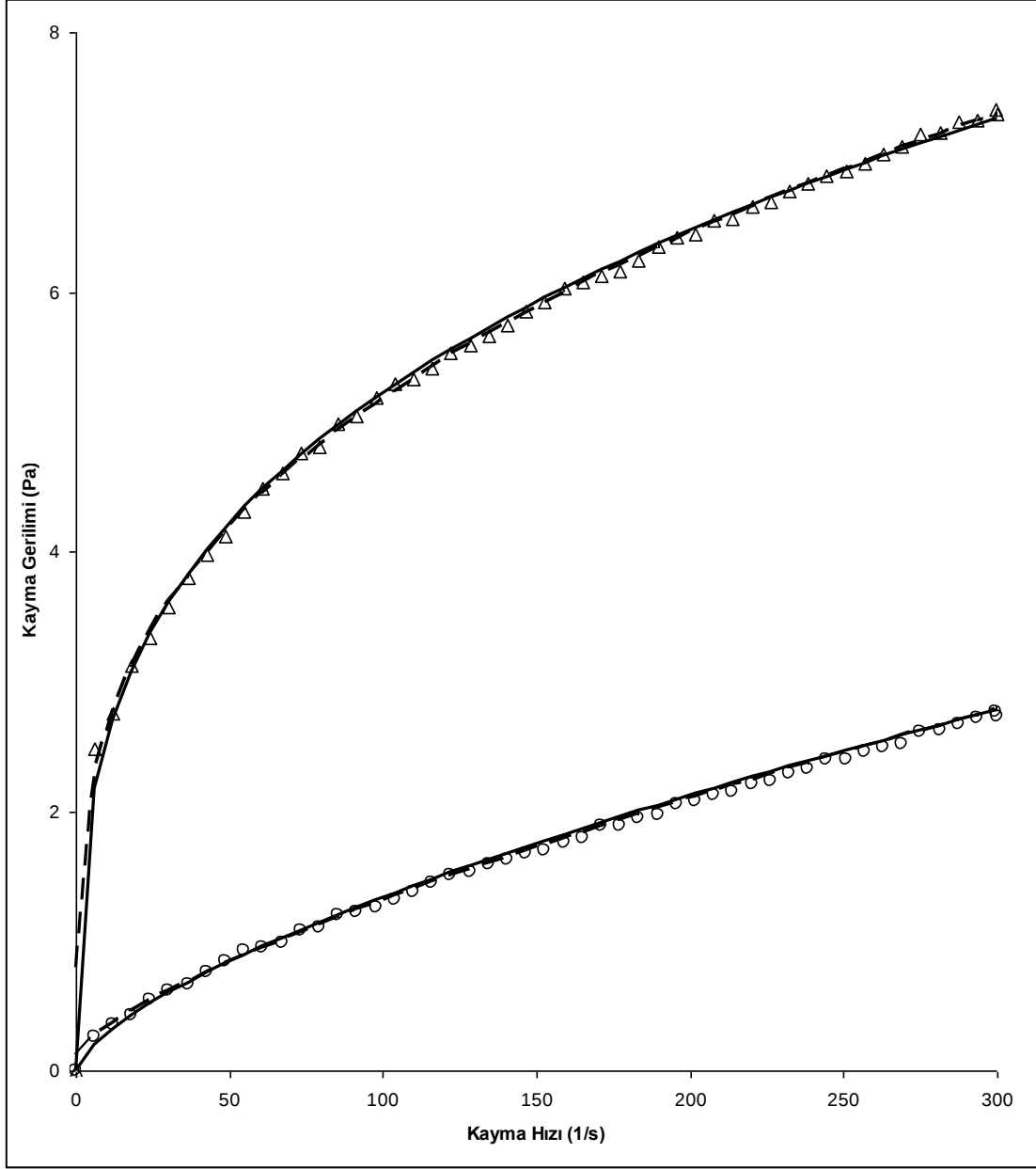
#### **4.3.2. Reolojik zellikler**

Yağsız fermente süt içecekleri psödoplastik akış davranışı göstermiştir. Artan kayma hızı ile partikül deformasyonu artmış ve kayma incelmesi grlmştir (şekil 4.3). Kayma stresinin en yüksek olduğu rnekler, SPK80 içeren örneklerdir. SPK35 içeren örneklerin kayma stresi değerleri sadece süt tozu içeren örnekten düşük bulunmuştur. SPK80 içeren örneklerde serum proteini oranının artmasının kayma stresinde artışa sebep olduğu görülmektedir. Ayrıca örneklerde serum proteini oranı arttıkça tiksotropinin arttığı gözlenmiştir.



**Şekil 4.3.** Yağsız fermente süt içeceklerinde kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi  
 (—: %3 yağsız süt tozu %3 SPK80, O: %4 yağsız süt tozu %2 SPK80, +: %5 yağsız süt tozu %1 SPK80,  
 -: %5,5 yağsız süt tozu %0,5 SPK80, ◇: %6 yağsız süt tozu, ×: %5,5 yağsız süt tozu %0,5 SPK35,  
 Δ: %5 yağsız süt tozu %1 SPK35, □: %4 yağsız süt tozu %2 SPK35, \*: %3 yağsız süt tozu %3 SPK35)

Örneklerin reolojik ölçümlerinden elde edilen çıkış eğrisindeki kayma gerilimi ve kayma hızı değerlerine üslü yasa modeli uygulanmıştır. Model için elde edilen regresyon katsayıları yüksek bulunmasına ve model görsel olarak verilere uygun görünmesine rağmen (Şekil 4.4) artık analizi sonuçlarına göre bu modelin istatiksel olarak uygun olmadığı bulunmuştur (Ek B). Bu nedenle Herschel-Bulkley modeli de verilere uygulanmıştır. Bu modelin artık analizi sonuçlarına göre üslü yasa modeline göre istatiksel olarak daha uygun olduğu bulunmuştur (EK C). Her iki modelden elde edilen kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi değerleri benzer eğilimler göstermiştir (Tablo 4.5, 4.6).



**Şekil 4.4.** Bazı fermente içecekler için deneysel veriler ve üslü yasa ve Herschel-Bulkey modelleri ile tahminlenen verilerin uygunluğu

( — Üslü yasa, - - Herschel-Bulkey modeli, O: %1 SPK35, %5 süt tozu, Δ: %2 SPK80, %4 süt tozu)

**Tablo 4.5.** Yağsız fermente süt içeceklerinin üslü yasa modeline göre reolojik özellikleri<sup>1</sup>

| Süt tozu (%) | SPK35 <sup>2</sup> (%) | SPK80 <sup>3</sup> (%) | Kıvam katsayısı (mPa.s <sup>n</sup> ) | Akış davranış indeksi    | R <sup>2</sup> | Tiksotropi <sup>4</sup> (Pa.s <sup>-1</sup> ) |
|--------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------|--------------------------|----------------|-----------------------------------------------|
| 6,0          | -                      | -                      | 447,23 ± 0,03 <sup>a</sup>            | 0,43 ± 0,02 <sup>a</sup> | 0,996          | 79,57 ± 3,58 <sup>ab</sup>                    |
| 5,5          | 0,5                    | -                      | 316,53 ± 0,07 <sup>a</sup>            | 0,49 ± 0,03 <sup>b</sup> | 0,999          | 119,03 ± 2,66 <sup>b</sup>                    |
| 5,0          | 1,0                    | -                      | 263,71 ± 0,04 <sup>a</sup>            | 0,49 ± 0,02 <sup>b</sup> | 0,997          | 78,27 ± 2,89 <sup>ab</sup>                    |
| 4,0          | 2,0                    | -                      | 62,00 ± 0,02 <sup>b</sup>             | 0,67 ± 0,05 <sup>c</sup> | 0,998          | 34,13 ± 2,40 <sup>a</sup>                     |
| 3,0          | 3,0                    | -                      | 38,84 ± 0,00 <sup>b</sup>             | 0,71 ± 0,01 <sup>c</sup> | 0,998          | 24,00 ± 4,27 <sup>a</sup>                     |
| 5,5          | -                      | 0,5                    | 701,95 ± 0,02 <sup>c</sup>            | 0,36 ± 0,00 <sup>d</sup> | 0,996          | 152,80 ± 5,56 <sup>bc</sup>                   |
| 5,0          | -                      | 1,0                    | 1382,35 ± 0,20 <sup>d</sup>           | 0,29 ± 0,00 <sup>e</sup> | 0,996          | 220,33 ± 2,58 <sup>cd</sup>                   |
| 4,0          | -                      | 2,0                    | 1257,19 ± 0,10 <sup>d</sup>           | 0,31 ± 0,01 <sup>e</sup> | 0,998          | 227,33 ± 5,53 <sup>cd</sup>                   |
| 3,0          | -                      | 3,0                    | 1865,08 ± 0,01 <sup>e</sup>           | 0,29 ± 0,00 <sup>e</sup> | 0,997          | 283,00 ± 4,95 <sup>d</sup>                    |

<sup>1</sup> 0,05 önem düzeyinde aynı sütündeki farklı harfler ile gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır.

<sup>2</sup> %35 protein içeren serum proteini konsantresi.

<sup>3</sup> %80 protein içeren serum proteini konsantresi.

<sup>4</sup> Tiksotropi iniş ve çıkış eğrileri arasındaki halka alanı ile ölçülmüştür.

**Tablo 4.6.** Yağsız fermente süt içeceklerinin Herschel-Bulkley modeline göre reolojik özellikleri<sup>1</sup>

| Süt tozu (%) | SPK 35 <sup>2</sup> (%) | SPK 80 <sup>3</sup> (%) | Kıvam katsayısı (mPa.s <sup>n</sup> ) | Akış davranış indeksi     | Akma gerilimi (mPa)         | R <sup>2</sup> |
|--------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------|
| 6,0          | -                       | -                       | 145,65 ± 0,03 <sup>a</sup>            | 0,59 ± 0,03 <sup>ab</sup> | 796,05 ± 0,18 <sup>a</sup>  | 0,999          |
| 5,5          | 0,5                     | -                       | 224,26 ± 0,02 <sup>b</sup>            | 0,54 ± 0,01 <sup>a</sup>  | 283,65 ± 0,14 <sup>bc</sup> | 0,999          |
| 5,0          | 1,0                     | -                       | 126,04 ± 0,02 <sup>a</sup>            | 0,61 ± 0,02 <sup>b</sup>  | 467,32 ± 0,06 <sup>ab</sup> | 0,999          |
| 4,0          | 2,0                     | -                       | 42,22 ± 0,01 <sup>c</sup>             | 0,73 ± 0,04 <sup>c</sup>  | 115,70 ± 0,03 <sup>bc</sup> | 0,999          |
| 3,0          | 3,0                     | -                       | 31,55 ± 0,00 <sup>c</sup>             | 0,74 ± 0,00 <sup>c</sup>  | 49,96 ± 0,02 <sup>c</sup>   | 0,999          |
| 5,5          | -                       | 0,5                     | 180,03 ± 0,06 <sup>ab</sup>           | 0,56 ± 0,05 <sup>ab</sup> | 1252,12 ± 0,22 <sup>d</sup> | 0,999          |
| 5,0          | -                       | 1,0                     | 741,77 ± 0,02 <sup>d</sup>            | 0,38 ± 0,01 <sup>d</sup>  | 1214,49 ± 0,28 <sup>d</sup> | 0,999          |
| 4,0          | -                       | 2,0                     | 799,29 ± 0,00 <sup>d</sup>            | 0,37 ± 0,00 <sup>d</sup>  | 795,04 ± 0,16 <sup>a</sup>  | 0,999          |
| 3,0          | -                       | 3,0                     | 1711,20 ± 0,03 <sup>e</sup>           | 0,30 ± 0,00 <sup>e</sup>  | 202,27 ± 0,00 <sup>bc</sup> | 0,999          |

<sup>1</sup> 0,05 önem düzeyinde aynı sütündeki farklı harfler ile gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır

<sup>2</sup> %35 protein içeren serum proteini konsantresi

<sup>3</sup> %80 protein içeren serum proteini konsantresi

SPK80 ve SPK35 ile hazırlanan örneklerin üslü yasa modelinden elde edilen kıvam katsayıları birbirinden farklı bulunmuştur. SPK35 ile hazırlanan örneklerin yağsız süt tozu ile hazırlanan örnekler ile benzer kıvam katsayısına sahip olduğu, SPK80 ile hazırlanan örneklerin ise yağsız süt tozu ile hazırlanan örneklerden farklı kıvam katsayısına sahip olduğu bulunmuştur. SPK35 eklenen örneklerde SPK miktarı arttıkça laktoz ve kül miktarları da artmış ve ortamdaki laktoz ve iyonlar denatüre serum proteinlerinin kazein miselleri ile ve kendi aralarındaki etkileşimleri azalttığı için kıvam

katsayısı ve tiksotropi azalmıştır. SPK80 içeren örneklerde ise SPK miktarındaki artış diğer bileşenlere göre denatüre serum proteinleri miktarındaki artış, denatüre serum proteinlerinin kazein miselleri ile ve kendi aralarındaki etkileşimleri arttırdığı için kıvam katsayısı ve tiksotropi artmıştır. Akış davranış indeksleri ise SPK35 eklenen örneklerde SPK miktarındaki artış ile artarken, SPK80 içeren örneklerde SPK miktarındaki azalma ile azalmıştır.

Herschel-Bulkley modeli uygulanarak elde edilen kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi değerlerinin üslü yasa modelinden elde edilen değerlerle benzer eğilim gösterdiği bulunmuştur. Herschel-Bulkley modeli uygulanarak elde edilen akma gerilimi değerleri incelendiğinde SPK içeren örneklerde SPK oranı arttıkça akma gerilimi azalmış, SPK80 içeren örneklerin akma gerilimlerinin SPK35 içeren örneklerin akma gerilimlerinden yüksek olduğu bulunmuştur.

Yüzde 1 ve 2 oranında SPK80 eklenen içeceklerin reolojik özelliklerinin birbirine benzediği bulunmuştur. Yüzde 0,5 oranında SPK80 eklenen örneğin akış özellikleri ise kontrol örneği ve %0,5 oranında SPK35 içeren örneğin akış özellikleri ile benzer bulunmuştur. SPK35 ve SPK80 tozlarının bileşimlerinin farklı olması içeceklerin reolojik özelliklerini etkilemiştir. SPK35 tozunun mineral oranı yüksek ve protein oranı süt tozuna benzer iken SPK80, süt tozu ve SPK35 tozundan daha fazla serum proteini içermektedir. SPK80 tozundaki yüksek serum proteini miktarı bu toz kullanılarak hazırlanan örneklerde yüksek kıvam katsayısı elde edilmesine sebep olmuştur. Benzer şekilde, Lucey ve diğ. de (1999) yağsız süt tozuna %1 oranında SPK80 ekleyerek elde ettikleri jelde SPK'nin jel dayanıklılığını arttırdığını bulmuşlardır. Guzman-Gonzalez ve diğ. (1999) az yağlı yoğurtta, zenginleştirme için yağsız süt tozu yerine SPK kullanımının protein miktarındaki artış ile viskozitenin artışına sebep olduğunu bildirmişlerdir. Remeuf ve diğ. (2003) protein miktarını sabit tutarak, SPK ile zenginleştirdikleri yoğurtların viskozitesini yağsız süt tozu ile zenginleştirdikleri örneklerden daha yüksek bulmuşlardır.

Köksoy ve Kılıç (2003), yaptıkları çalışmada benzer bir fermente ürün olan ayran için benzer kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi değerleri bildirmişler ve üslü yasa modelinin uygun olduğunu bulmuşlardır. Muhtemelen, bu çalışmada hazırlanan içeceklerde ayrandan farklı olarak tuz olmadığı için akma gerilimi oluşmuş ve Herschel-Bulkley modeli üslü yasa modeline göre istatistiksel olarak daha uygun bulunmuştur. Köksoy ve Kılıç (2003) tuz miktarındaki artış ile meydana gelen iyonik kuvvetlerden dolayı kazein misellerinin birbiriyle etkileşiminin engellendiğini ve buna bağlı olarak kıvam katsayısının düştüğünü bildirmişlerdir.

Penna ve diğ. (2001) fermente süt içeceğine üslü yasa ve Herschel-Bulkley modelini uygulamışlardır. Ancak bazı örneklerde negatif değerde akma gerilimi verileri elde ettikleri için bu örneklerde üslü yasa modelinin bu örnekler için uygun olduğunu belirtmişlerdir.

#### 4.3.3. Partikül Boyutu

Yağsız fermente süt içeceklerinde partikül boyutu yağsız süt tozu miktarındaki azalma ile küçülmüştür (Tablo 4.7). SPK ile hazırlanan örneklerde süt tozu miktarındaki azalma kazein miktarının azalmasına ve partikül boyutunun küçülmesine neden olmuştur (Şekil 4.5).

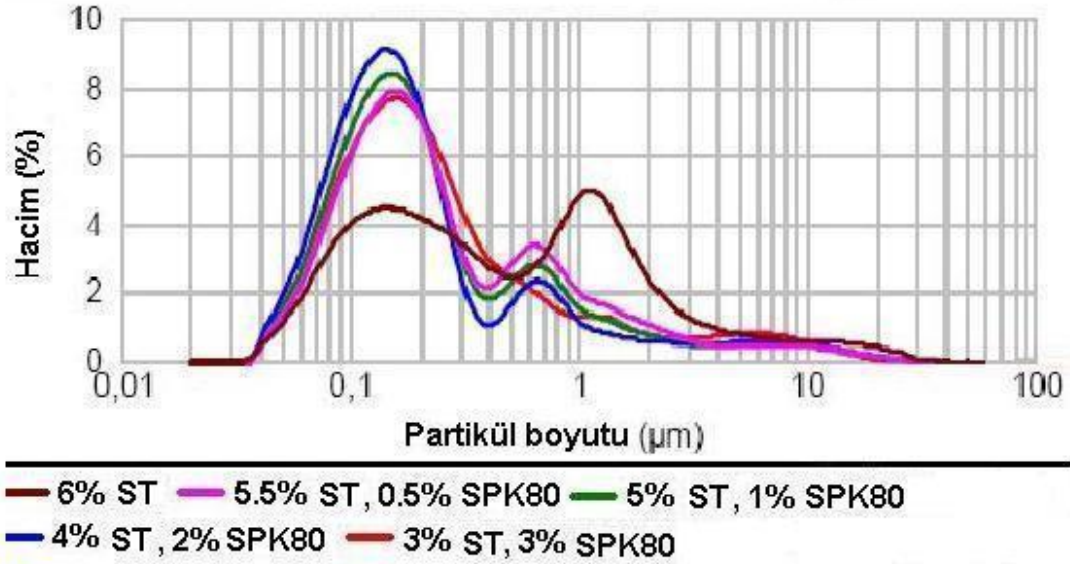
**Tablo 4.7.** Yağsız fermente süt içeceklerindeki partikül boyutu<sup>1</sup>

| Süt Tozu (%) | SPK35 <sup>2</sup> (%) | SPK80 <sup>3</sup> (%) | Hacim Ağırlıklı Ortalama Partikül Boyutu D[4,3] (µm) |
|--------------|------------------------|------------------------|------------------------------------------------------|
| 6,0          | -                      | -                      | 1,42 ± 0,03 <sup>a</sup>                             |
| 5,5          | 0,5                    | -                      | 1,32 ± 0,12 <sup>b</sup>                             |
| 5,0          | 1,0                    | -                      | 1,25 ± 0,10 <sup>c</sup>                             |
| 4,0          | 2,0                    | -                      | 1,15 ± 0,02 <sup>d</sup>                             |
| 3,0          | 3,0                    | -                      | 1,00 ± 0,16 <sup>e</sup>                             |
| 5,5          | -                      | 0,5                    | 0,86 ± 0,05 <sup>f</sup>                             |
| 5,0          | -                      | 1,0                    | 0,76 ± 0,12 <sup>g</sup>                             |
| 4,0          | -                      | 2,0                    | 0,73 ± 0,01 <sup>h</sup>                             |
| 3,0          | -                      | 3,0                    | 0,79 ± 0,02 <sup>i</sup>                             |

<sup>1</sup>0,05 önem düzeyinde aynı sütundaki farklı harfler ile gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır

<sup>2</sup> %35 protein içeren serum proteini konsantresi

<sup>3</sup> %80 protein içeren serum proteini konsantresi



**Şekil 4.5.** Süt tozu (ST) ve %80’lik serum proteini konsantresi (SPK80) ile hazırlanan örneklerde partikül boyutu dağılımı

Puvanenthiran ve diğ. (2002) yoğurt üretiminde süte SPK eklenmesinin ısıtma sonrası ve fermentasyon öncesi sütte partikül boyutuna etkisini incelemişlerdir. Sütte serum proteini miktarındaki artışın partikül boyutunu arttırdığını bildirmişlerdir. Kazein/serum proteini oranı aynı olan örneklerde kullanılan SPK’nin protein içeriğindeki artış ile partikül boyutunda azalma görüldüğü bildirilmiştir. Hazırlanan örneklerde protein miktarı sabit tutulduğu ve SPK’nde artan protein miktarı ile kuru madde miktarı azaldığı için partikül boyutu da azalmıştır.

Sütte ısıtma sonrasında serum proteinleri ortamdaki misel yüzeyindeki  $\kappa$ -kazeinler ile etkileşime girmekte ve  $\kappa$ -kazeinlerin serum proteini ile etkileşimi doyma noktasına vardığında serum proteinleri kendi aralarında partiküller oluşturmaktadır (Beaulieu ve diğ., 1999b). Çalışmada yüksek seviyede serum proteini içeren örneklerde kazein oranı azalmıştır. Ayrıca serum proteinleri kazein misellerinin yüzeyinde tutundukları için kazeinlerin kendi aralarındaki etkileşimler de azalmış ve kazein partiküllerinin büyümesi engellenmiştir. Buna karşılık serum proteinlerinin kendi aralarında oluşturdukları partikül miktarı artmıştır. Kazein misellerine (50 nm) göre küçük boyutta olan serum proteinleri ( $\beta$ -laktoglobulin: 3,5 nm,  $\alpha$ -laktalbumin:1,8 nm) (de Wit, 1998) kendi aralarında daha küçük partiküller oluşturdıkları için serum proteini miktarındaki artış partikül boyutunu küçültmüştür.

Beaulieu ve diğ. (1999a) farklı kazein:serum proteini oranına (4:1, 3:2, 2:3, 1:4) sahip ısıtıl işlem uygulanmış süt örneklerinde, kazein:serum proteini oranındaki düşüş ile partikül boyutunun arttığını bildirmişlerdir. Kazein:serum proteini oranı 4:1 ve 2:3 olan örneklerde hacim ağırlıklı ortalama partikül boyutunu sırasıyla 0,146 ve 0,338  $\mu\text{m}$  olarak bulmuşlardır. Anema ve diğ. (2004) ısıtıl işlem görmüş sütün pH değerinin 6,70'den 5,25'e düşürülmesi ile partikül boyutunun 0,18  $\mu\text{m}$ 'den 0,28  $\mu\text{m}$ 'ye arttığını bildirmişlerdir. Fermente içeceklerde fermentasyon işlemi sonucunda pH değerindeki azalma ile kazein miselleri kendi aralarında etkileşime girerek daha büyük partiküller oluşmaktadır. Bu nedenle çalışmada bulunan partikül boyutları literatürde bildirilen değerlerden daha büyük bulunmuştur.

#### **4.3.4. Serum Ayrılması**

Serum ayrılması kazein misellerinin birleşmeleri ve oluşan partiküllerin yer çekimi kuvveti etkisiyle hareketinden kaynaklanmaktadır. Stokes' yasasına göre partiküllerin hareketi, partikül boyutundaki artış ve viskozitedeki azalış ile artmaktadır (Fox ve diğ., 1993).

Yağsız fermente süt içeceklerinde 10 günlük depolama boyunca serum ayrılma miktarında artış görülmüştür (Tablo 4.8). SPK35 ile hazırlanan örneklerde SPK oranı arttıkça serum ayrılmasının arttığı görülmüştür. SPK35 ile hazırlanan örneklerde kazein oranındaki azalışın ve mineral oranındaki artışın serum ayrılmasını arttırdığı düşünülmektedir. SPK80 ile hazırlanan örneklerde ise serum ayrılması SPK80 miktarındaki artış ile azalmaktadır.

**Tablo 4.8.** Yağsız fermente süt içeceklerinde depolamanın 10. günündeki serum ayrılma miktarı<sup>1</sup>

| Süt tozu (%) | SPK35 <sup>2</sup> (%) | SPK80 <sup>3</sup> (%) | Serum ayrılması (mL serum/50 mL içecek) |
|--------------|------------------------|------------------------|-----------------------------------------|
| 6,0          | -                      | -                      | 8 ± 2 <sup>b</sup>                      |
| 5,5          | 0,5                    | -                      | 11 ± 1 <sup>bc</sup>                    |
| 5,0          | 1,0                    | -                      | 12 ± 2 <sup>c</sup>                     |
| 4,0          | 2,0                    | -                      | 19 ± 2 <sup>d</sup>                     |
| 3,0          | 3,0                    | -                      | 24 ± 1 <sup>e</sup>                     |
| 5,5          | -                      | 0,5                    | 3 ± 2 <sup>a</sup>                      |
| 5,0          | -                      | 1,0                    | 1 ± 0 <sup>a</sup>                      |
| 4,0          | -                      | 2,0                    | 0 ± 0 <sup>a</sup>                      |
| 3,0          | -                      | 3,0                    | 19 ± 5 <sup>d</sup>                     |

<sup>1</sup>0,05 önem düzeyinde aynı sütündeki farklı harfler ile gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır.

<sup>2</sup> %35 protein içeren serum proteini konsantresi

<sup>3</sup> %80 protein içeren serum proteini konsantresi

SPK80 ile hazırlanan örneklerde %2 oranında SPK80 içeren örnekte 10 günlük depolama boyunca serum ayrılması gözlenmemiştir. SPK80 oranı %3 olduğunda yüksek miktarda serum ayrılması gözlemlenmiştir. Bu sonuç bu örnekte kazein miktarının az olması ve buna bağlı olarak protein ağının zayıf olmasına bağlanabilir. Ayrıca bu örnekte gözle görülür büyüklükte kararsız yapıda pıhtılar gözlenmiştir ve bu serum proteinlerinin kendi aralarında partikül oluşturmalarına bağlanmıştır (Lucey ve diğ., 1999). SPK80'i %0,5 oranında içeren örnekteki serum ayrılması ise yağsız süt tozu ile hazırlanan kontrol örneğinden düşük bulunmuştur. SPK80 içeren örneklerdeki serum ayrılması miktarı %3 SPK80 içeren örnek hariç istatistiksel olarak benzer bulunmuştur.

Remeuf ve diğ. (2003) pastörize süte son üründe protein miktarı 45 g/kg olacak şekilde SPK eklediklerinde kontrole göre SPK ile hazırlanan yoğurt örneklerinde serum ayrılmasının azaldığını bildirmişlerdir. Amatayakul ve diğ. (2006) yağsız yoğurt üretiminde kazein/serum proteini oranının azaltılmasının serum ayrılmasını azalttığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada da, SPK80 ile hazırlanan örneklerde kazein/serum proteini oranındaki azalmanın serum ayrılmasında azalmayı sağladığı ve %2 SPK80 içeren örnekte ise önlediği bulunmuştur.

#### 4.3.5. Protein Bileşiminin Yapısal Özellikler ile İlişkisi

İçeceklerin farklı reolojik modellere göre yapısal özellikleri ile protein bileşimleri arasındaki korelasyonlar incelenmiştir (Tablo 4.9, Tablo 4.10). Kıvam katsayısı ve halka alanı toplam protein miktarı, serum proteini miktarı, denatüre serum proteini miktarı ve serum proteini/kazein oranı ile pozitif ilişkili, kül miktarı ile negatif ilişkili bulunmuştur. Akış davranış indeksi toplam protein miktarı ve denatüre serum proteini miktarı ile negatif ilişkili, kül miktarı ile pozitif ilişkili bulunmuştur. Partikül boyutu toplam protein miktarı, serum proteini miktarı, denatüre serum proteini miktarı ve serum proteini/kazein oranı ile negatif ilişkili, kül miktarı ile pozitif ilişkili bulunmuştur. Serum ayrılması ise kazein miktarı ile negatif, kül miktarı ile pozitif ilişkili bulunmuştur. Uygulanan her iki modelde de kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi toplam protein miktarı, serum proteini miktarı, denatüre serum proteini miktarı, kül miktarı ve serum proteini/kazein oranı ile benzer korelasyonlar göstermiştir. Herschel-Bulkey modeli ile elde edilen akma gerilimi kazein miktarı ile pozitif, kül miktarı ile negatif ilişkili bulunmuştur.

**Tablo 4.9.** Yağsız fermente süt içeceklerinin üslü yasa modeline göre reolojik özellikleri ve serum ayrılması ile protein bileşimi ve kül miktarı arasındaki korelasyon katsayıları

| Bileşen                        | Kıvam katsayısı | Akış davranış indeksi | Halka Alanı | Partikül Boyutu | Serum ayrılması |
|--------------------------------|-----------------|-----------------------|-------------|-----------------|-----------------|
| <b>Protein</b>                 | 0,924**         | -0,704**              | 0,889**     | -0,726**        | -0,161          |
| <b>Kazein</b>                  | -0,306          | -0,165                | -0,219      | 0,542*          | -0,556*         |
| <b>Serum proteini</b>          | 0,796**         | -0,451                | 0,736**     | -0,741**        | 0,099           |
| <b>Denatüre serum proteini</b> | 0,880**         | -0,601**              | 0,791**     | -0,760**        | -0,016          |
| <b>Kül</b>                     | -0,901**        | 0,904**               | -0,868**    | 0,799**         | 0,626**         |
| <b>Serum proteini/Kazein</b>   | 0,727**         | -0,352                | 0,663**     | -0,648**        | 0,250           |

\* Korelasyon 0,05 düzeyinde önemlidir.

\*\* Korelasyon 0,01 düzeyinde önemlidir.

**Tablo 4.10.** Yağsız fermente süt içeceklerinin Herschel-Bulkley modeline göre reolojik özellikleri ve serum ayrılması ile protein bileşimi ve kül miktarı arasındaki korelasyon katsayıları

| Bileşen                        | Kıvam katsayısı | Akış davranış indeksi | Akma gerilimi | Halka Alanı | Partikül Boyutu | Serum ayrılması |
|--------------------------------|-----------------|-----------------------|---------------|-------------|-----------------|-----------------|
| <b>Protein</b>                 | 0,963**         | -0,860**              | 0,086         | 0,889**     | -0,726**        | -0,161          |
| <b>Kazein</b>                  | -0,512*         | 0,141                 | 0,554*        | -0,219      | 0,542*          | -0,556*         |
| <b>Serum proteini</b>          | 0,904**         | -0,685**              | -0,152        | 0,736**     | -0,741**        | 0,099           |
| <b>Denatüre serum proteini</b> | 0,857**         | -0,581*               | -0,154        | 0,651**     | -0,762**        | 0,211           |
| <b>Kül</b>                     | -0,733**        | 0,863**               | -0,616**      | -0,868**    | 0,799**         | 0,626**         |
| <b>Serum proteini/Kazein</b>   | 0,884**         | -0,603**              | -0,275        | 0,663**     | -0,648**        | 0,250           |

\* Korelasyon 0,05 düzeyinde önemlidir.

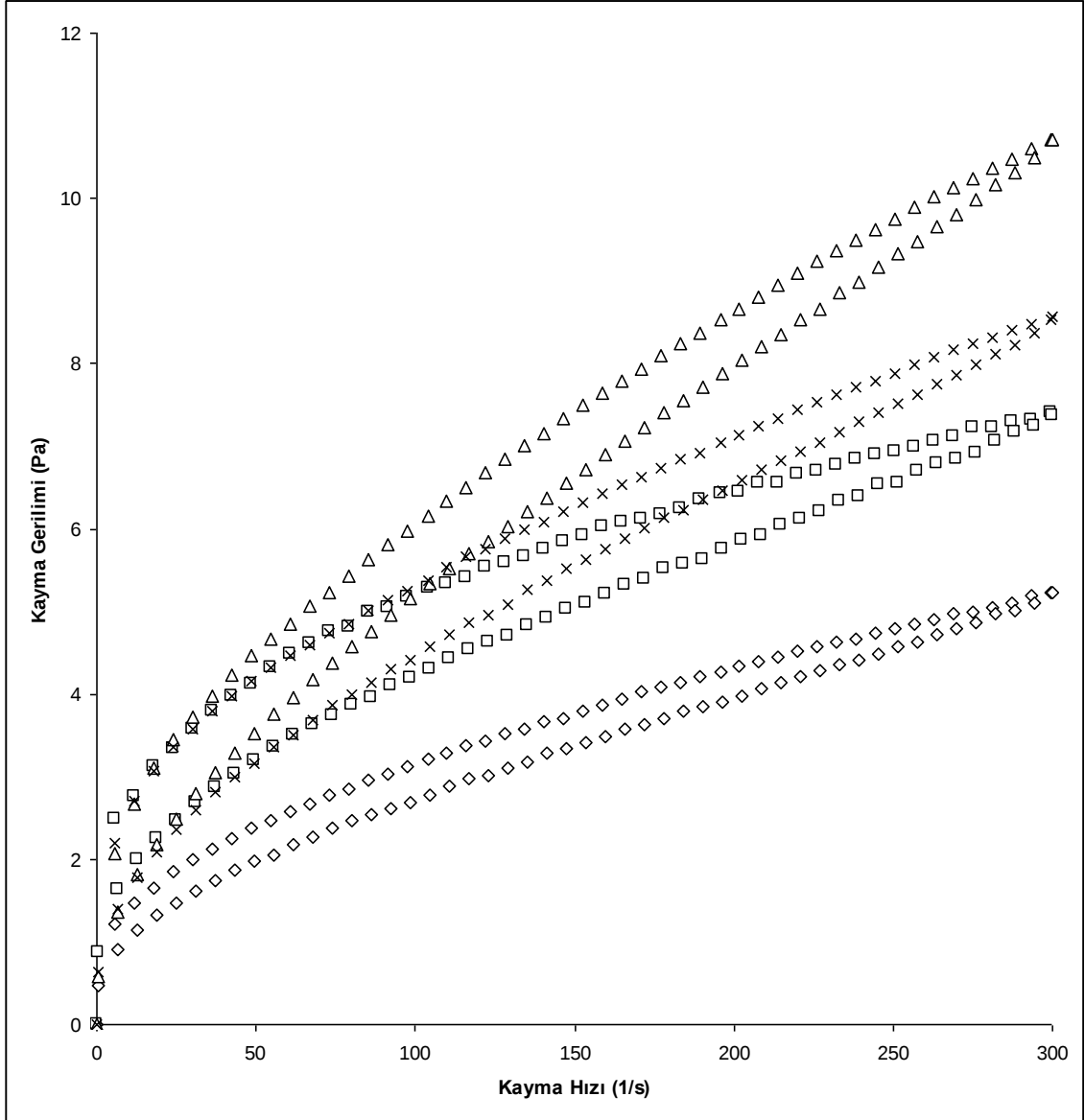
\*\* Korelasyon 0,01 düzeyinde önemlidir.

Genel olarak toplam protein, serum proteini, denatüre serum proteini, kül miktarları ve serum proteini/kazein oranı reolojik özellikler ve partikül boyutu ile ilişkili bulunmuştur. Serum ayrılması miktarları ise kül miktarı ile ilişkili bulunmuştur. Puvanenthiran ve diğ. (2002), yoğurt üretiminde kazein/serum proteini oranındaki azalmanın jel dayanıklılığını arttırdığını bildirmişlerdir. Beaulieu ve diğ. (1999a) de %35 ve %95 serum proteini içeren yoğurtlarda serum proteini miktarındaki artışın jel dayanıklılığını arttırdığını bildirmişlerdir.

#### 4.4. Stabilizör Kullanılarak Hazırlanan Yağsız Fermente Süt İçeceğinin Özellikleri

##### 4.4.1. Reolojik Özellikler

Stabilizör içeren fermente içeceklerde kayma stresi kayma hızı ile artmış ve örneklerin psödoplastik akış davranışı sergilediği bulunmuştur (Şekil 4.6). Stabilizör içeren örneklerin kayma stresi değerleri süt tozu ile hazırlanan kontrol örneğinden yüksek bulunmuştur. SPK80'i %2 oranında içeren örnek ile %0,1 oranında propilen glikol aljinat içeren örneğin kayma streslerinin kayma stresi değerleri ile benzer bulunmuştur.



**Şekil 4.6.** Stabilizör içeren yağsız fermente süt içeceklerinde kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi (Δ: %5,9 yağsız süt tozu, %0,1 Keçiyoynuzu gamı, ×: %5,9 yağsız süt tozu, %0,1 Propilen glikol aljinat, □: %4,0 yağsız süt tozu, %2 SPK80, ◇: %6,0 yağsız süt tozu)

Stabilizör eklenen örneklerin kıvam katsayıları %0,1 konsantrasyonda süt tozu ile hazırlanan kontrol örneğinden yüksek bulunmuştur (Tablo 4.11). Ayrıca stabilizör miktarındaki artış ile kıvam katsayısı artmış, akış davranış indeksi ise azalmıştır. Artan hidrokoloid miktarı ile içeceklerde tiksotropi artmıştır. SPK80'nin %2 oranında kullanıldığı örnekğin kıvam katsayısı stabilizörleri %0,1'lik konsantrasyonda içeren örneklerden yüksek bulunmuştur.

**Tablo 4.11.** Stabilizör kullanılarak hazırlanan yağsız fermente süt ieeğinin reolojik özellikleri<sup>1</sup>

| Süt Tozu (%) | Keçiboynuzu gamı (%) | PGA <sup>2</sup> (%) | SPK80 <sup>3</sup> (%) | Kıvam katsayısı (Pa.s <sup>n</sup> ) | Akış davranış indeksi    | R <sup>2</sup> | Tiksotropi <sup>4</sup> (Pa.s <sup>-1</sup> ) |
|--------------|----------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------|----------------|-----------------------------------------------|
| 6,0          | -                    | -                    | -                      | 447,23 ± 0,03 <sup>a</sup>           | 0,43 ± 0,02 <sup>a</sup> | 0,996          | 79,57 ± 3,58 <sup>a</sup>                     |
| 4,0          | -                    | -                    | 2,0                    | 1257,19 ± 0,10 <sup>b</sup>          | 0,31 ± 0,01 <sup>b</sup> | 0,998          | 227,33 ± 5,53 <sup>a</sup>                    |
| 5,9          | 0,1                  | -                    | -                      | 831,72 ± 0,05 <sup>c</sup>           | 0,45 ± 0,01 <sup>a</sup> | 0,992          | 183,33 ± 3,42 <sup>b</sup>                    |
| 5,9          | -                    | 0,1                  | -                      | 899,25 ± 0,06 <sup>c</sup>           | 0,36 ± 0,01 <sup>c</sup> | 0,994          | 180,33 ± 2,35 <sup>b</sup>                    |

<sup>1</sup> 0,05 önem düzeyinde aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır.

<sup>2</sup> Propilen glikol aljinat

<sup>3</sup> %80 protein içeren serum proteini konsantresi

<sup>4</sup> Tiksotropi iniş ve çıkış eğrileri arasındaki halka alanı ile ölçülmüştür.

Herschel-Bulkley modeli de stabilizör içeren içeceklerin çıkış eğrisine uygulanmış ve sonuçlar süt tozu ve %2 oranında serum protein konsantresi içeren örnek ile karşılaştırılmıştır (Tablo 4.12). Stabilizör içeren örneklerde kıvam katsayısı süt tozu ile hazırlanan örneğın kıvam katsayısı ile benzer bulunurken %2 oranında SPK80 içeren örnekten düşük bulunmuştur.

**Tablo 4.12.** Stabilizör kullanılarak hazırlanan yağsız fermente süt ieeğinin reolojik özellikleri<sup>1</sup>

| Süt tozu (%) | Keçiboynuzu gamı (%) | PGA <sup>2</sup> (%) | SPK80 <sup>3</sup> (%) | Kıvam katsayısı (mPa.s <sup>n</sup> ) | Akış davranış indeksi     | Akma gerilimi (mPa)         | R <sup>2</sup> |
|--------------|----------------------|----------------------|------------------------|---------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------|
| 6,0          | -                    | -                    | -                      | 145,65 ± 0,03 <sup>a</sup>            | 0,59 ± 0,03 <sup>a</sup>  | 796,05 ± 0,18 <sup>a</sup>  | 0,999          |
| 4,0          | -                    | -                    | 2,0                    | 799,29 ± 0,00 <sup>b</sup>            | 0,37 ± 0,00 <sup>b</sup>  | 795,04 ± 0,16 <sup>a</sup>  | 0,999          |
| 5,9          | 0,1                  | -                    | -                      | 468,42 ± 0,32 <sup>a</sup>            | 0,55 ± 0,12 <sup>ab</sup> | 1217,06 ± 0,86 <sup>a</sup> | 0,997          |
| 5,9          | -                    | 0,1                  | -                      | 269,73 ± 0,02 <sup>a</sup>            | 0,54 ± 0,01 <sup>ab</sup> | 1498,35 ± 0,12 <sup>a</sup> | 0,999          |

<sup>1</sup> 0,05 önem düzeyinde aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır.

<sup>2</sup> Propilen glikol aljinat

<sup>3</sup> %80 protein içeren serum proteini konsantresi

Stabilizör içeren örneklere üslü yasa ve Herschel-Bulkley modeli uygulanmış ve istatistiksel olarak Herschel-Bulkley modeli daha uygun bulunmuştur. Koksoy ve Kilic (2004) tuzlu bir fermente süt ieeğı olan ayrana stabilizör ekleyerek akış davranışını üslü yasa modeli ile modellemiştelerdir.

#### 4.4.2. Partikül Boyutu

Stabilizör kullanılarak hazırlanan fermente içeceklerin partikül boyutları kontrol örneğinkinden düşük bulunmuştur (Tablo 4.13). Stabilizörler içekte dolgu maddesi olarak etkide bulunmuş ve kazeinlerin birleşmelerini engellemiş olabilir. SPK80'ni %2 oranında içeren örneğin partikül boyutu hidrokolloid içeren örneklerden düşük bulunmuştur. Bu örnekte kazein miktarı stabilizör içeren örneklere göre daha düşük olduğu için ve serum proteinleri kazein partiküllerinin yüzeyine bağlanarak kazeinlerin birbirleriyle olan etkileşimlerini azalttıkları için partikül boyutu da küçülmüştür.

**Tablo 4.13.** Stabilizör kullanılarak hazırlanan yağsız fermente süt içeceğinin partikül boyutu<sup>1</sup>

| Süt tozu (%) | Keçiboynuzu gamı (%) | PGA <sup>2</sup> (%) | SPK80 <sup>3</sup> (%) | Partikül Boyutu D[4,3] (µm) |
|--------------|----------------------|----------------------|------------------------|-----------------------------|
| 6,0          | -                    | -                    | -                      | 1,42 ± 0,03 <sup>a</sup>    |
| 4,0          | -                    | -                    | 2,0                    | 0,73 ± 0,01 <sup>b</sup>    |
| 5,9          | 0,1                  | -                    | -                      | 0,90 ± 0,02 <sup>c</sup>    |
| 5,9          | -                    | 0,1                  | -                      | 0,88 ± 0,03 <sup>d</sup>    |

<sup>1</sup> 0,05 önem düzeyinde aynı sütündeki farklı harfler ile gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır.

<sup>2</sup> Propilen glikol aljinat

<sup>3</sup> %80 protein içeren serum proteini konsantresi

#### 4.4.3. Serum Ayrılması

Düşük konsantrasyonda (%0,1) keçiboynuzu gamı ilave edilen örneklerde 10 günlük depolama süresince serum ayrılması gözlemlenirken, aynı konsantrasyonda propilen glikol aljinat içeren örneklerde serum ayrılması gözlenmemiştir. Her iki stabilizörün %0,5'lik konsantrasyonda ilavesi serum ayrılmasını engellemiştir (Tablo 4.14). Koksoy ve Kilic (2004) tuzlu bir fermente süt içeceği olan ayranın serum ayrılmasının önlenmesi için %0,1 oranında keçi boynuzu gamı tavsiye etmişlerdir. Ancak bu çalışmadaki fermente içeceklerde kuru madde oranı düşük olduğu ve yağ bulunmadığı için bu oranda keçiboynuzu gamı yeterli olmamıştır. Bunun yerine yağsız fermente süt içecekleri için %0,1 oranında propilen glikol aljinat veya %2 oranında SPK80 tavsiye edilmektedir.

**Tablo 4.14.** Stabilizör kullanılarak hazırlanan yağsız fermente süt içeceğinin serum ayrılma miktarı<sup>1</sup>

| <b>Süt tozu<br/>(%)</b> | <b>Keiboyunuz<br/>gamı<br/>(%)</b> | <b>PGA<sup>2</sup><br/>(%)</b> | <b>SPK80<sup>3</sup><br/>(%)</b> | <b>Serum ayrılması<br/>(mL serum/50 mL<br/>içecek)</b> |
|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>6,0</b>              | -                                   | -                              | -                                | 8 ± 2 <sup>a</sup>                                     |
| <b>4,0</b>              | -                                   | -                              | <b>2,0</b>                       | 0 ± 0 <sup>b</sup>                                     |
| <b>5,9</b>              | <b>0,1</b>                          | -                              | -                                | 8 ± 2 <sup>a</sup>                                     |
| <b>5,5</b>              | <b>0,5</b>                          | -                              | -                                | 0 ± 0 <sup>b</sup>                                     |
| <b>5,9</b>              | -                                   | <b>0,1</b>                     | -                                | 0 ± 0 <sup>b</sup>                                     |
| <b>5,5</b>              | -                                   | <b>0,5</b>                     | -                                | 0 ± 0 <sup>b</sup>                                     |

<sup>1</sup> 0,05 önem düzeyinde aynı sütundaki farklı harfler ile gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır.

<sup>2</sup> Propilen glikol aljinat

<sup>3</sup> %80 protein içeren serum proteini konsantresi

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, kuru madde içeriği %6 olan yağsız fermente süt ieeğinin yapısal özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla süt tozuna ilave olarak %0,5-3,0 aralığında farklı oranlarda %35 ve %80 oranında protein içeren iki serum proteini konsantresi (SPK35, SPK80) kullanılmıştır. Serum proteini konsantrelerinin yapıya olan etkileri keçiboynuzu gamı ve propilen glikol aljinatın etkileri ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Hazırlanan içeceklerin akış davranışları üslü yasa ve Herschel-Bulkley modelleri ile modellenmiş ve her iki modelden elde edilen kıvam katsıyısı ve akış davranış indeksi değerleri benzer eğilimler göstermiştir. Herschel-Bulkley modeli yağsız fermente içeceklerin akış davranışına istatistiksel olarak daha uygun bulunmuştur.

SPK35 ile hazırlanan örneklerde süt tozundan hazırlanan kontrol örneğine göre daha düşük kıvam katsayısı ve tiksotropi, daha yüksek akış davranış indeksi ve daha yüksek seviyede serum ayrılması gözlemlenmiştir. SPK35 miktarındaki artışın yapıyı olumsuz olarak etkilediğı bulunmuştur. SPK35 içeren örneklerde süt tozundan hazırlanan örneklere göre kazein içeriğinin düşük ve mineral içeriğinin yüksek olması yapısal özellikleri olumsuz yönde etkilemiştir.

SPK80 içeren örnekler kontrol örneğine göre daha yüksek kıvam katsayısı ve tiksotropiye, daha düşük akış davranış indeksine sahip bulunmuş ve %3 oranında SPK80 içeren örnek hariç daha düşük serum ayrılması göstermişlerdir. SPK80 oranı %2 olduğunda serum ayrılması önlenmiştir. SPK80 oranı %3 olduğunda serum ayrılması kontrol örneğine göre önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. Bu örnekte gözle görülür büyüklükte pıhtılar gözlenmiştir. Pıhtıların varlığı, serum proteini miktarının çok yüksek olması sebebiyle serum proteinlerinin kazeinler dışında kendi aralarında da kararsız

partiküller oluşturması ile açıklanmıştır. Genel olarak toplam protein, serum proteini, denatüre serum proteini, kül miktarları ve serum proteini/kazein oranı reolojik özellikler ve partikül boyutu ile ilişkili bulunmuştur. Serum ayrılması miktarları ise kül miktarı ile ilişkili bulunmuştur.

SPK kullanılarak hazırlanan örneklerde SPK miktarındaki artış ile partikül boyutunda küçölme görölmüştür. Partikül boyutunun serum proteini oranındaki artış ile küçölmesi, kazeinlerin azalmasına ve ısıt işlem sonrası denatüre olan serum proteinlerinin kazein misellerinin yüzeyine bağlanarak kazein misellerinin kendi aralarındaki birleşmeleri azaltmasına bağlanmıştır. Stabilizör ilave edilen içeceklerde partikül boyutu kontrol örneğinden düşük SPK80 içeren örnekten yüksek bulunmuştur.

Yağsız fermente süt içeceğinin yapısal özelliklerinin %2 oranında SPK80 kullanıldığında iyileştirildiğı bulunmuştur. Yapısal özelliklere SPK80'nin %2 oranındaki etkisinin en iyi yapısal özelliklere sahip %0,1 oranında propilen glikol aljinat içeren örneğinkine benzer olduğı bulunmuştur. Stabilizörler ile karşılaştırıldığında SPK80, ürünün yapısal özelliklerini iyileştirmesinin yanında biyolojik değeri yüksek serum proteinlerini içerdığı için ürünün besin değeri de arttırmaktadır. Bu nedenle fermente süt ürünlerinde yapıyı iyileştirmek için yüksek oranda protein içeren serum proteini konsantrelerinin kullanımı önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Amatayakul, T., Sherkat, F., Shah, N.P.**, 2006. Physical characteristic of set yogurt made with altered casein to whey protein ratios and EPS-producing starter cultures at 9 and 14% total solids. *Food Hydrocolloids*, **20**, 314-324.
- Anema, S. G., Lee, S.K., Lowe, E.K., Klostermeyer, H.**, 2005. Rheological properties of acid gels prepared from heated pH-adjusted skim milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **52**, 337-343.
- Anema, S. G., Lee, S.K., Lowe, E.K., Lee, S.K.**, 2004. Effect of pH at heating on the acid-induced aggregation of casein micelles in reconstituted skim milk. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, **37**, 779-787.
- Anonim**, 2001. Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği. (Tebliğ No:2001/21) Resmi Gazete Sayı: 24512, 3 Eylül 2001, Başbakanlık Basımevi, Ankara.
- AOAC**, 1995a. Moisture in Dried Milk: method 927.05, Ch. 33, in *Official Methods of Analysis*, pp. 55, 16<sup>th</sup> ed., volume 2, Association of Official Analytical Chemists, Inc., Virginia.
- AOAC**, 1995b. Ash of Dried Milk: method 930.30, Ch. 33, in *Official Methods of Analysis*, pp. 56, 16<sup>th</sup> ed., volume 2, Association of Official Analytical Chemists, Inc., Virginia.
- AOAC**, 1995c. Protein in Dried Milk: method 930.29, Ch. 33, in *Official Methods of Analysis*, pp. 55, 16<sup>th</sup> ed., volume 2, Association of Official Analytical Chemists, Inc., Virginia.
- Beaulieu, M., Pouliot, M., Pouliot, Y.**, 1999a. Composition and microstructure of casein: whey protein aggregates formed by heating model solutions at 95°C. *International Dairy Journal*, **9**, 393-394.
- Beaulieu, Y., Pouliot, Y., Pouliot, M.**, 1999b. Thermal aggregation of whey proteins in model solutions as affected by casein/whey protein ratios. *Journal of Food Science*, **64**, 776-780.
- Caric, M.**, 1994. Concentrated and dried dairy products. VCH. New York.
- Corredig, M., Dalgleish, D. G.**, 1999. The mechanisms of the heat-induced interactions of whey proteins with casein micelles in milk. *International Dairy Journal*, **9**, 233-236.

- Dalgeish, D.G., Mourik, L., Corredig, M.,** 1997. Heat-induced interaction of whey proteins and casein micelles with different concentrations of  $\alpha$ -lactalbumin and  $\beta$ -lactoglobulin. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, **45**, 4806-4813.
- de Wit, J.N.,** 1981. Structure and functional behaviour of whey proteins. *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **35**, 47-64.
- de Wit, J.N.,** 1998. Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. *Journal of Dairy Science*, **81**, 59-608.
- Early, R.,** 1998. The technology of dairy products. Blackie Academic & Professional. London.
- Etzel, M.R.,** 2004. Manufacture and use of dairy protein fraction. *The Journal of Nutrition*, **134**, 996-1002.
- Everett, D. W., McLeod, R., E.,** 2005. Interactions of polysaccharide stabilisers with casein aggregates in stirred skim-milk yoghurt. *International Dairy Journal*, **15**, 1175–1183.
- Famelart, M., Tomazewski, J., Piot, M., Pezennec, S.,** 2004. Comprehensive study of acid gelation of heated milk with model protein systems. *International Dairy Journal*, **14**, 313–321.
- Fiszman, S., M., Lluch M., A, Salvador, A.,** 1999. Effect of addition of gelatin on microstructure of acidic milk gels and yoghurt and on their rheological properties. *International Dairy Journal*, **9**, 895-901.
- Foegeding E. Allen, Davis, J. P., Doucet D., McGuffey, M. K.,** 2002. Advances in modifying and understanding whey protein functionality. *Trends in Food Science and Technology*, **13**, 151–159.
- Fox, J. E., Ingenpass, P., & Zachow, S.,** 1993. Stabilizers. In R. Macrae (Ed.), (Vol. 7) (pp. 4350–4358). Encyclopaedia of food science, food technology, and nutrition, London: Academic Press.
- Guyomarch, F., Law, A. J. R., Dalgleish, D. G.,** 2003. Formation of soluble and micelle-bound protein aggregates in heated milk. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **51**, 4652-4660.
- Guzman-Gonzalez, M., Morais, F., Amigo, L.,** 2000. Influence of skimmed milk concentrates replacement by dry products in a low-fat set-type yoghurt model system. II: Use of caseinates, co-precipitate and blended dairy powders. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **80**, 433-438.

- Guzman-Gonzalez, M., Morais, F., Ramos, M., Amigo, L.,** 1999. Influence of skimmed milk concentrate replacement by dry products in a low-fat set-type yoghurt model system. I: Use of whey protein concentrates, milk protein concentrates and skimmed milk powder. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **79**, 1117-1122.
- Ha, E., Zemel, M. B.,** 2003. Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: mechanisms underlying health benefits for active people. *Journal of Nutritional Biochemistry*, **14**, 251–258.
- Haque, A., Richardson, R. K., Morris, E. R.,** 2001. Effect of fermentation temperature on the rheology of set and stirred yogurt. *Food Hydrocolloids*, **15**, 593-602.
- Harnsilawat, T., Pongsawatmanit, R., McClements, D.J.,** 2006. Characterization of  $\beta$ -lactoglobulin–sodium alginate interactions in aqueous solutions: A calorimetry, light scattering, electrophoretic mobility and solubility study. *Food Hydrocolloids*, **20**, 577–585
- Havea, P., Alistair, J.C., Creamer, L.K.,** 2004. The roles of disulphide and non-covalent bonding in the functional properties of heat-induced whey protein gels. *Journal of Dairy Research*, **71**, 330-339.
- Higiro, J., Herald, T.J., Alavi, S.,** 2006. Rheological study of xanthan and locust bean gum interaction in dilute solution. *Food Research International*, **39**, 165–175.
- Hobman, P. G.,** 1992. Ultrafiltration and manufacture of whey protein concentrates. In *Whey and Lactose Processing*. Eds. J. G. Zadow. Elsevier Applied Science, 210-226.
- Kelly, P. M., O’Kennedy B. T.,** 2001. The effect of casein/whey protein ration and minerals on the rheology of fresh cheese gels using a model system. *International Dairy Journal*, **11**, 525-532.
- Korhonen, H., Pihlanto-Leppala, A.,** 2005. Bioactive peptides: Production and functionality. *International Dairy Journal*, **8**, 325-331
- Korhonen, H., Pihlanto-Leppala, A. Rantamaki P., Tupasela, T.,** 1998. Impact of processing on bioactive proteins and peptides. *Trends in Food Science and Technology*, **9**, 307-319.
- Köksoy, A., Kılıç, M.,** 2003. Effects of water and salt level on rheological properties of ayran, a Turkish yoghurt drink. *International Dairy Journal*, **13**, 835–839.
- Koksoy, A., Kilic, M.,** 2004. Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, ayran. *Food Hydrocolloids*, **18**, 593–600

- Labropoulos, A. E., Palmer, J. K., Lopez, A.**, 1981. Whey protein denaturation of UHT processed milk and its effects on rheology of yogurt. *Journal of Texture Studies*, **12**, 356-374
- Law, A. J. R., Leaver, J.**, 2000. Effect of pH on the thermal denaturation of whey proteins in milk. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, **48**, 672-679.
- Lee, W. , Lucey, J. A.**, 2004. Rheological properties, whey separation, and microstructure in set-style yogurt: effects of heating temperature and incubation temperature. *Journal of Texture Studies*, **34**, 515-536.
- Lucey, J. A., Munro, P. A., Singh, H.**, 1999. Effects of heat treatment and whey protein addition on the rheological properties and structure of acids skim milk gels. *International Dairy Journal*, **9**, 275-279.
- Lucey, J. A., Tamehana, M., Singh, H., Munro, P. A.**, 2001. Effect of heat treatment on the physical properties of milk gels made with both rennet and acid. *International Dairy Journal*, **11**, 559-565.
- Lundin, L. ve Hermanssun, A.**, 1998. Rheology and microstructure, of Ca- and Na- $\kappa$ -carrageenan and locust bean gum gels. *Carbohydrate Polymers*, **34**, 365-375.
- Marwaha, S.S., Kennedy, J.F.**, 1988. Whey pollution problem and potential utilization. *International Journal of Food Science and Technology*, **23**, 323-336.
- McIntosh, G. H, Royle, p. J., Le Leu, R. K., Regester, G. O, Johnson, M. A., Grinsted, R. L., Kenward, R. S, Smithers, G. W.**, 1998. Whey proteins as functional food ingredients? *International Dairy Journal*, **8**, 425-434.
- Mleko, S.**, 2004. Rheological properties of whey products dispersions. *Milchwissenschaft*, **59**, 287-290.
- Mleko, S., Foegeding, E.A.**, 1999. Formation of whey protein polymers: Effects of a two-step heating process on rheological properties. *Journal of Texture Studies*, **30**, 137-149.
- Mleko, S., Gustaw, W.**, 2002. Rheological changes due to substitution of total milk proteins by whey proteins in dairy desert. *Journal of Food Science and Technology*, **39**, 170-172
- Morr, C. V.**, 1992. Whey Processing. In *Whey and Lactose Processing*. Eds. J. G. Zadow. Elsevier Applied Science. 144-151.
- Onwulata, C., Tomasula, P.**, 2004. Whey texturization: a way forward. *Food Technology*, **58**, 50-54.

- Ozdemir, U., Kilic, M.,** 2004. Influence of fermentation condition on rheological properties and serum separation of ayran. *Journal of Texture Studies*, **35**, 415-428.
- Penna, A. L. B., Sivieri, K., Oliveira, M. N.,** 2001. Relation between quality and rheological properties of lactic beverages. *Journal of Food Engineering*, **49**, 7-13.
- Puvanenthiran, A., Williams, R.P.W, Augistin, M. A.,** 2002. Structure and visco-elastic properties of set yoghurt with altered casein to whey protein ratios. *International Dairy Journal*, **12**, 283-391.
- Ratray, W., Jelen, P.,** 1995. Viscous behavior of whey protein concentrate dispersion. *International Dairy Journal*, **5**, 673-684.
- Ratray, W., Jelen, P.,** 1997. Thermal stability of skim milk/whey protein solution blends. *Food Research International*, **30**, 327-334.
- Remeuf, F., Mohammed, S., Sodini, I., Tisser, J. P.,** 2003. Preliminary observations on the effects of milk fortification and heating on microstructure and physical properties of stirred yogurt. *International Dairy Journal*, **13**, 773-782.
- Shah, N. P.,** 2000. Effects of milk-derived bioactives:an overview. *British Journal of Nutrition*, **84**, 3-10.
- Spreer, E.,** 1998. Milk and dairy product technology. M. Dekker, New York.
- Surh, J., Ward, L., S., McClaments, J., D.,** 2006. Ability of conventional and nutritionally-modified whey protein concentrates to stabilize oil-in-water emulsions. *Food Research International*, **39**, 761-771.
- Ünal, B., Metin, S., Işıklı, N. D.,** 2003. Use of response surface methodology to describe the combined effect of storage time, locust bean gum and dry matter of milk on the physical properties of low-fat set yoghurt. *International Dairy Journal*. **13**, 909-916.
- Vasbinder, A. J., Alting, A. C., Visschers, R. W, Kruif, C., G.,** 2003. Texture of acid milk gels: formation of disulfide cross-links during acidification. *International Dairy Journal*, **13**, 29-38.
- Vasbinder, A. J., Kruif, C. G.,** 2003. Casein-whey protein interactions in heated milk: the influence of pH. *International Dairy Journal*, **13**, 669-677.
- van Vliet, T., Lakemondb, C.M.M., Visschers, R.W.,** 2004. Rheology and structure of milk protein gels. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, **9**, 298-304.

- Zadow, J.G.**, 1986. Utilisation of milk components: Whey. In: Modern Dairy Technology, Volume 1. Edt. R. K. Robinson. Elsevier Applied Science. 273.
- Zorba, M.**, 2001. Gamlar. Gıda Katkı Maddeleri. Edt. Altuğ, T., META Basım. İzmir, 85-86.

## EKLER

### Ek A.

**Tablo A.1.** Yağsız fermente süt içeceklerinde depolamanın 1. ve 5. günündeki serum ayrılma miktarı<sup>1</sup>

| Süt tozu<br>(%) | SPK35 <sup>2</sup><br>(%) | SPK80 <sup>3</sup><br>(%) | Serum ayrılması<br>(mL serum/50 mL içecek) |                    |
|-----------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------------------|--------------------|
|                 |                           |                           | 1. gün                                     | 5. gün             |
| 6,0             | -                         | -                         | 3 ± 2 <sup>ac</sup>                        | 8±3 <sup>a</sup>   |
| 5,5             | 0,5                       | -                         | 4 ± 1 <sup>a</sup>                         | 11±1 <sup>ab</sup> |
| 5,0             | 1,0                       | -                         | 4 ± 1 <sup>a</sup>                         | 12±2 <sup>b</sup>  |
| 4,0             | 2,0                       | -                         | 5 ± 2 <sup>a</sup>                         | 19±2 <sup>c</sup>  |
| 3,0             | 3,0                       | -                         | 8 ± 1 <sup>b</sup>                         | 24±1 <sup>d</sup>  |
| 5,5             | -                         | 0,5                       | 1 ± 1 <sup>c</sup>                         | 3±2 <sup>e</sup>   |
| 5,0             | -                         | 1,0                       | 0 ± 0 <sup>c</sup>                         | 1±0 <sup>e</sup>   |
| 4,0             | -                         | 2,0                       | 0 ± 0 <sup>c</sup>                         | 0±0 <sup>e</sup>   |
| 3,0             | -                         | 3,0                       | 17 ± 4 <sup>d</sup>                        | 20±5 <sup>c</sup>  |

<sup>1</sup>0,05 önem düzeyinde aynı sütündeki farklı harfler ile gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır.

<sup>2</sup> %35 protein içeren serum proteini konsantresi

<sup>3</sup> %80 protein içeren serum proteini konsantresi

**Tablo A.2.** Hidrokolloid kullanılarak hazırlanan yağsız fermente süt içeceğinin serum ayrılma miktarı<sup>1</sup>

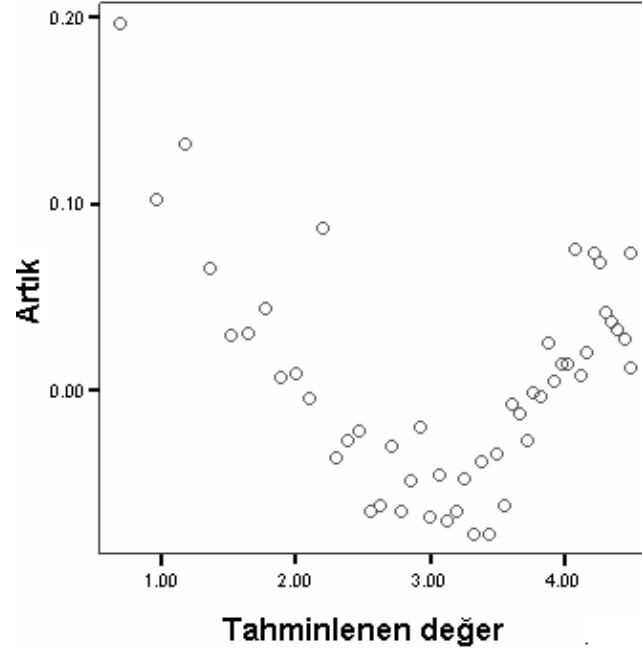
| Süt tozu<br>(%) | Keçiboynuzu<br>gamı<br>(%) | PGA <sup>2</sup><br>(%) | SPK80 <sup>3</sup><br>(%) | Serum ayrılması<br>(mL serum/50 mL içecek) |                    |
|-----------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------------------------|--------------------|
|                 |                            |                         |                           | 1. gün                                     | 5. gün             |
| 6,0             | -                          | -                       | -                         | 3 ± 2 <sup>a</sup>                         | 8 ± 3 <sup>a</sup> |
| 4,0             | -                          | -                       | 2,0                       | 0 ± 0 <sup>b</sup>                         | 0 ± 0 <sup>b</sup> |
| 5,9             | 0,1                        | -                       | -                         | 2 ± 1 <sup>c</sup>                         | 8 ± 2 <sup>c</sup> |
| 5,5             | 0,5                        | -                       | -                         | 0 ± 0 <sup>b</sup>                         | 0 ± 0 <sup>b</sup> |
| 5,9             | -                          | 0,1                     | -                         | 0 ± 0 <sup>b</sup>                         | 0 ± 0 <sup>b</sup> |
| 5,5             | -                          | 0,5                     | -                         | 0 ± 0 <sup>b</sup>                         | 0 ± 0 <sup>b</sup> |

<sup>1</sup>0,05 önem düzeyinde aynı sütündeki farklı harfler ile gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır.

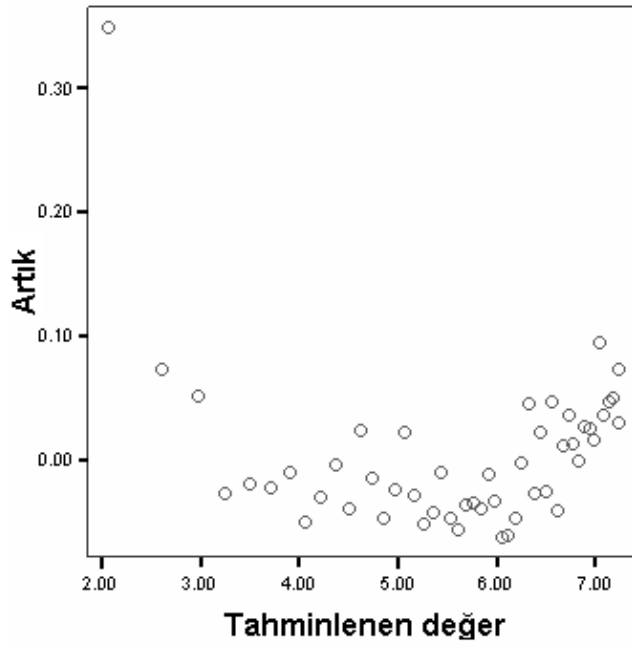
<sup>2</sup> Propilen glikol aljinat

<sup>3</sup> %80 protein içeren serum proteini konsantresi

## Ek B.

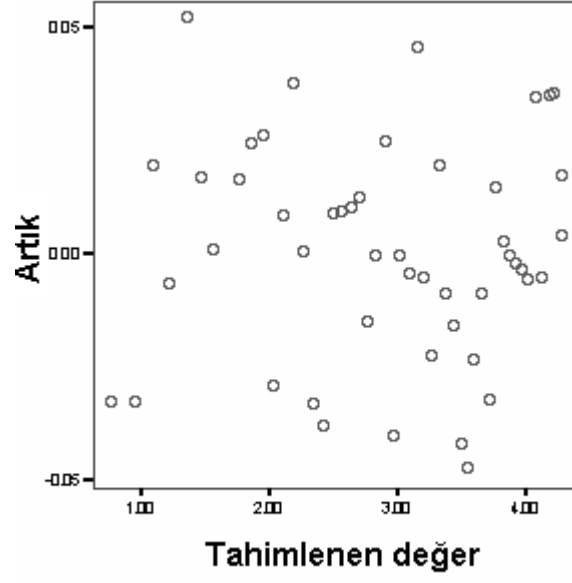


**Şekil B.1.** %1 oranında %35 protein içeren SPK fermente süt içeceğinin üslü yasa modeli ile artık analizi

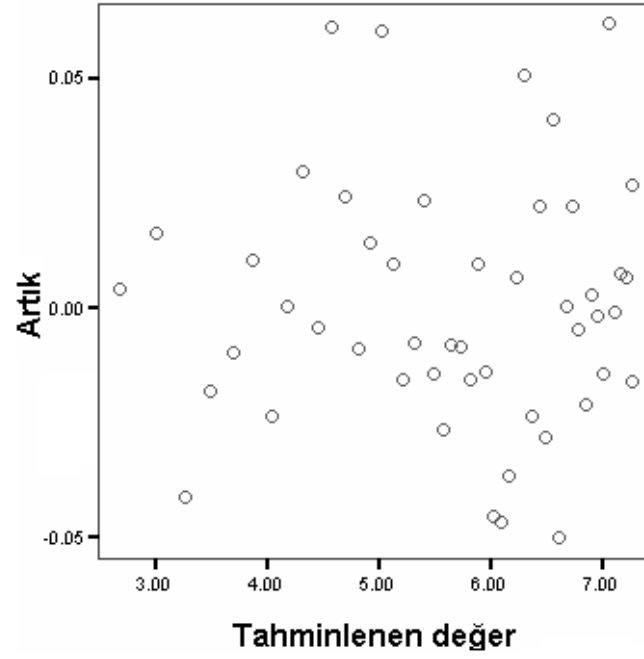


**Şekil B.2.** %2 oranında %80 protein içeren SPK fermente süt içeceğinin üslü yasa modeli ile artık analizi

**Ek C.**



**Şekil C.1.** %1 oranında %35 protein içeren SPK fermente süt içeceğinin Herschel-Bulkley modeli ile artık analizi



**Şekil C.2.** %2 oranında %80 protein içeren SPK fermente süt içeceğinin Herschel-Bulkley modeli ile artık analizi

## **ÖZGEÇMİŞ**

1980 yılında Sivas'ta doğdu. Lise eğitimini 1998 yılında Yalova Lisesi'nde tamamladı. 1998-2002 yılları arasında İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümünde lisans eğitimi aldı. 2003 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitimine başlamıştır.