

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PEYNİR BENZERİ BİR ÜRÜNDE FARKLI PROTEİN
KAYNAKLARININ YAPISAL ÖZELLİKLERE
ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mühendis Öznur CUMHUR**

Anabilim Dalı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ

Programı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2008

**PEYNİR BENZERİ BİR ÜRÜNDE FARKLI PROTEİN
KAYNAKLARININ YAPISAL ÖZELLİKLERE
ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mühendis Öznur CUMHUR
506061509**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 5 Mayıs 2008
Tezin Savunulduğu Tarih : 10 Haziran 2008**

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Meral KILIÇ

Diğer Jüri Üyeleri Doç.Dr. Gürbüz GÜNEŞ (İ.T.Ü.)

Doç.Dr. Özgül ÖZCAN (İ.T.Ü.)

HAZİRAN 2008

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında birçok insanın emeği geçmiştir. Öncelikle çalışmanın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım hocam sayın Doç. Dr. Meral KILIÇ'a teşekkürlerimi sunarım. Deneylerinin yapılması sırasında hoşgörü ve samimiyetine sığındığım Gıda Yük. Müh. Nalan DEMİR'e, bu çalışma sırasında yardımını esirgemeyen ve yanımda olan arkadaşım Gıda Yük. Müh. Burcu KIZILÖZ'e, ayrıca yüksek lisans eğitimimde çok değerli bilgilerinden yararlandığım bölüm hocalarına teşekkür ederim. Bu çalışmanın hayata geçirilmesine imkan sağlayan, ayrıca Yurt İçi Yüksek Lisans bursuyla yüksek lisans eğitimine başlamamı teşvik eden TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunarım. Attığım her adımda ve aldığım her kararda yanımda olan, bana destek çıkan aileme ve çok kıymetli dostlarıma şükranlarımı sunarım.

Haziran, 2008

Öznur CUMHUR

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	iii
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1. Peynir Benzeri Ürünler	3
2.1.1. Peynir benzeri ürünlerin üretim yöntemleri	4
2.1.2. Peynir ve peynir benzeri ürünlerin yapısal özellikleri	5
2.1.3. Peynir benzeri ürünlerin üretiminde kullanılan protein kaynakları ve ürünün özelliklerine etkileri	6
2.1.4. Peynir benzeri ürünlerde kullanılan diğer bileşenler	11
2.2. Fenilketonüri hastalığı ve peynir tüketimi	15
3. MATERYAL VE METOD	18
3.1. Materyal	18
3.2. Metod	19
3.2.1. Farklı protein kaynakları içeren peynir benzeri ürünlerin üretimi	19
3.2.2. Eriyelibilirlik ölçümü	21
3.2.3. Dokusal özelliklerin ölçümü	22
3.2.4. Serbest yağ ölçümü	22
3.2.5. Fenilalalin miktarının belirlenmesi	22
3.2.6. İstatistiksel analizler	23
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	25
4.1. Farklı Protein Kaynaklarının Peynir Benzeri Ürünün Eriyebilirliğine ve Serbest Yağ Değerine Etkileri	25
4.2. Farklı Protein Kaynaklarının Peynir Benzeri Ürünün Dokusal Özelliklerine Etkileri	27
4.3. Eritme Tuzlarının Yayıltı Suyu Tozu ve Peynir Altı Suyu Protein Konsantresiyle Üretilen Peynir Benzeri Ürünlere Etkisi	29

4.4.	Farklı Protein Kaynakları Kullanılarak Üretilen Peynir Benzeri Ürünlerin Kaşar Peyniri ile Yapısal Özellikler Açısından Karşılaştırılması	25
4.5.	Protein Kaynaklarındaki ve Kaşar Ticari Peynirlerindeki Fenilalanin Konsantrasyonunun Belirlenmesi	27
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	40
	KAYNAKLAR	42
	EKLER	47
	Ek A	47
	Ek B	49
	Ek C	52
	ÖZGEÇMİŞ	62

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1	Bazı Süt Proteinlerinin Bileşimi..... 10
Tablo 2.2	Fenilketonüri Hastaları İçin Günlük Alınabilecek En Yüksek Fenilalanin Miktarı..... 17
Tablo 3.1	HPLC Yöntemi Koşulları..... 24
Tablo 4.1	Farklı Protein Kaynakları Kullanılarak Üretilen Peynir Benzeri Ürünlerde Eriyebilirlik..... 26
Tablo 4.2	Farklı Protein Kaynakları ile Üretilen Peynir Benzeri Ürünlerin Dokusal Özellikleri..... 28
Tablo 4.3	Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %5 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerin Yapısal Özellikleri..... 31
Tablo 4.4	Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerin Yapısal Özellikleri..... 32
Tablo 4.5	Peynir Benzeri Üründe Kullanılan Farklı Protein Kaynaklarında Bulunan Fenilalanin Miktarı..... 38
Tablo 4.6	Ticari Kaşar Peynirlerinde Belirlenen Fenilalanin Konsantrasyonu 39
Tablo 4.7	Peynir Benzeri Ürünlerde İçerdikleri Bileşenlere Bağlı Olarak Hesaplanan Fenilalanin Konsantrasyonlar..... 39
Tablo A.1	Üretilen Peynir Benzeri Ürünlerin Bileşimleri..... 48
Tablo B.1	Eriyebilirlik İçin Tanımlayıcı İstatistikler..... 49
Tablo B.2	Sertlik İçin Tanımlayıcı İstatistikler 49
Tablo B.3	İç Yapışkanlık İçin Tanımlayıcı İstatistikler..... 49
Tablo B.4	Çiğnenebilirlik İçin Tanımlayıcı İstatistikler..... 50
Tablo B.5	Kırılma Kuvveti İçin Tanımlayıcı İstatistikler..... 50
Tablo B.6	Dış Yapışkanlık İçin Tanımlayıcı İstatistikler..... 50
Tablo B.7	Esneklik İçin Tanımlayıcı İstatistikler..... 51
Tablo B.8	Farklı Protein Kaynakları ve Oranlarının Peynir Benzeri Ürünün Yapısal Özelliklerine Etkisinin Değerlendirilmesine ait Varyans Analizi Tablosu..... 51
Tablo C.1	Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %5 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünün Yapısal Özelliklerine ait Varyans Analiz Tablosu..... 52
Tablo C.2	Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünün Yapısal Özelliklerine ait Varyans Analiz Tablosu..... 53

Tablo C.3	Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %5 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Sertlik İçin Varyans Analizi.....	53
Tablo C.4	Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %5 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde İç Yapışkanlık İçin Varyans Analizi.....	54
Tablo C.5	Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %5 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Esneklik İçin Varyans Analizi.....	54
Tablo C.6	Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %5 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Çiğnenebilirlik İçin Varyans Analizi.....	54
Tablo C.7	Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %5 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Kırılma Kuvveti İçin Varyans Analizi.....	54
Tablo C.8	Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %5 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Dış Yapışkanlık İçin Varyans Analizi.....	55
Tablo C.9	Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Eriyebilirlik İçin Varyans Analizi.....	55
Tablo C.10	Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Sertlik İçin Varyans Analizi.....	56
Tablo C.11	Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde İç Yapışkanlık İçin Varyans Analizi.....	57
Tablo C.12	Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Esneklik İçin Varyans Analizi.	58
Tablo C.13	Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Çiğnenebilirlik İçin Varyans Analizi.....	59
Tablo C.14	Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Kırılma Kuvveti İçin Varyans Analizi.....	60
Tablo C.15	Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Dış Yapışkanlık İçin Varyans Analizi.....	61

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 4.1 : Düşük Proteinli Peynir Benzeri Ürünler İçin Üretim Şeması.....	21
Şekil 4.2 : Düşük ve Tam Yağlı Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Farklı Protein Kaynağı ile Üretilen Örneklerde Eriyebilirlik.....	33
Şekil 4.3 : Düşük ve Tam Yağlı Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Farklı Protein Kaynağı ile Üretilen Örneklerde Sertlik.....	34
Şekil 4.4 : Düşük ve Tam Yağlı Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Farklı Protein Kaynağı ile Üretilen Örneklerde İç Yapışkanlık	35
Şekil 4.5 : Düşük ve Tam Yağlı Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Farklı Protein Kaynağı ile Üretilen Örneklerde Esneklik	35
Şekil 4.6 : Düşük ve Tam Yağlı Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Farklı Protein Kaynağı ile Üretilen Örneklerde Kırılma kuvveti	36
Şekil 4.7 : Düşük ve Tam Yağlı Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Farklı Protein Kaynağı ile Üretilen Örneklerde Çiğnenebilirlik	36
Şekil 4.8 : Düşük ve Tam Yağlı Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Farklı Protein Kaynağı ile Üretilen Örneklerde Dış Yapışkanlık.....	37
Şekil A.1 : Eriyebilirlik ve Serbest Yağ Ölçüm Skalası.....	47
Şekil C.1 : Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Eriyebilirlik İçin İnteraksiyon Grafiği.....	55
Şekil C.2 : Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Sertlik İçin İnteraksiyon Grafiği.....	56
Şekil C.3 : Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde İç Yapışkanlık İçin İnteraksiyon Grafiği	57
Şekil C.4 : Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Esneklik İçin İnteraksiyon Grafiği	58
Şekil C.5 : Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Çiğnenebilirlik İçin İnteraksiyon Grafiği	59
Şekil C.6 : Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Kırılma Kuvveti İçin İnteraksiyon Grafiği	60
Şekil C.7 : Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Dış Yapışkanlık İçin İnteraksiyon Grafiği.....	61

PEYNİR BENZERİ BİR ÜRÜNDE FARKLI PROTEİN KAYNAKLARININ YAPISAL ÖZELLİKLERE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Fenilketonüri rahatsızlığına sahip tüketicilere yönelik olarak geliştirilmiş düşük oranda protein içeren peynir benzeri bir üründe farklı protein kaynaklarının farklı oranlarda kullanımının ürünün yapısal özelliklerine etkileri incelenmiştir. Peynir benzeri üründe protein oranını azaltmak amacıyla proteinin bir kısmı yerine vaksımsı mısır nişastası kullanılmıştır. Peynir benzeri ürün küf kaynaklı α -amilaz enzimi ile kısmi olarak parçalanmış vaksımsı mısır nişastası, κ -karagenan, tereyağı, sitrik asit, tuz ve su ön denemelerle belirlenen oranlarda kullanılarak ve peynir benzeri ürün üretim yöntemine göre üretilmiştir. Protein kaynakları olarak rennet kazein, sodyum kazeinat, peynir altı suyu protein konsantresi ve yayıkaltı suyu tozu %2 ve 5 oranlarında kullanılmıştır. Ürünlerde serbest yağ tespit edilmemiştir. Rennet kazeinin %5 oranında kullanıldığı peynir benzeri ürünün eriyebilirliği en yüksek bulunmuştur. Sodyum kazeinat içeren örnek rennet kazein içeren örneğe göre daha düşük eriyebilirliğe sahip olduğu bulunmuştur. Yayıkaltı suyu tozu ve peynir altı suyu protein konsantresinin %5 oranında kullanıldığı ürünlerde ise erime gözlenmemiştir. Yayıkaltı suyu tozunu %5 oranında içeren peynir benzeri ürünün, %5 oranında rennet kazein ve %5 oranında sodyum kazeinat içeren örneklerle göre daha zayıf, ancak peyniraltı suyu protein konsantresi içeren örneklerle göre daha kuvvetli bir yapısının olduğu belirlenmiştir. Sodyum kazeinatın %2 ve 5 oranlarında kullanıldığı ve rennet kazeinin %5 oranında kullanıldığı peynir benzeri ürünlerin Kaşar peynirine yakın dokusal özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca protein kaynaklarında bulunan fenilalanin konsantrasyonu da belirlenmiş ve en düşük protein içeriğine sahip yayıkaltı suyu tozunun en düşük fenilalanin içeriğine sahip olduğu bulunmuştur.

DETERMINATION OF EFFECTS OF DIFFERENT PROTEIN SOURCES ON PHYSICAL PROPERTIES OF AN IMITATION CHEESE

SUMMARY

Effect of use of different protein sources at different amounts on physical properties of an imitation cheese with low protein content that was developed for consumers with phenylketonuria was investigated. Waxy maize starch was used for partial replacement of protein in the imitation cheese in order to lower the protein content. Imitation cheese was manufactured by using partially hydrolyzed waxy maize starch with a fungal α -amylase, κ -carrageenan, butter, citric acid, salt and water at proportions that were determined in the preliminary studies and according to the production method of imitation cheeses. Rennet casein, sodium caseinate, whey protein concentrate and buttermilk powder were used as protein sources at ratios of 2 and 5%. Free oil was not determined in any of the products. Meltability of the imitation cheese with 5% rennet casein was found highest. Meltability of the imitation cheese with sodium caseinate was found lower than those of the samples with rennet casein. Melting was not observed in the samples containing buttermilk powder and whey protein concentrate at a ratio of 5%. The sample with 5% buttermilk powder was found to have a weaker structure compared to those of the samples containing rennet casein and sodium caseinate at a ratio of 5% but a stronger structure than those of the samples containing whey protein concentrate. The samples containing 2 and 5% sodium caseinate and 5% rennet casein were found to have similar textural properties to those of Kaşar cheese. In addition, phenylalanine contents of the protein sources were determined and buttermilk powder that contained the lowest amount of protein was found to have the lowest amount of phenylalanine.

1. GİRİŞ

Peynir benzeri ürünler, süt yerine sütün bileşenleri kullanılarak veya bu bileşenlerin peynirdeki işlevini yerine getirecek diğer gıda bileşenleri kullanılarak üretilen gıda ürünleridir. Peynir benzeri ürünler eritme peynirinin üretimine benzer bir yöntem ile protein kaynağı olarak rennet kazein, yağ, su, stabilizör, asit ve tuz kullanılarak üretilmektedir (Shaw, 1984; Hennelly ve diğ., 2005). Peynir benzeri ürünler çoğunlukla pizza, hamburger, makarna ve salata sosu ve sandviç gibi ürünlerde kullanılmaktadır. Bitkisel kaynaklı hammaddeler kullanılabileceği için üretim maliyetlerinin düşük olması, bileşenlerinin uzun süre saklanabilmesi, çeşitli mineral ve vitaminlerce zenginleştirilebileceği için fonksiyonel çeşitlilik sağlaması ve bileşimleri değiştirilerek özel amaçlı diyetlere uygun üretilbilmesi bu tip peynirleri bazı yönlerden avantajlı kılmaktadır (Guinee ve diğ., 2004; Fox ve diğ., 2000).

Fenilalanince kısıtlı bir diyetle beslenme zorunluluğu olan fenilketonüri rahatsızlığına sahip tüketicilerin protein oranı yüksek olan peynirleri tüketmeleri sakıncalıdır. Bu kişilerin diyetlerinde gıda çeşitliliği sağlamak amacıyla düşük oranda protein içeren peynir benzeri ürünler geliştirilebilir. Peynirdeki protein yerine kısmi olarak nişasta koyularak düşük protein içerikli peynir benzeri ürünler A.B.D.'de ve Avrupa ülkelerinde ticari olarak üretilmektedir. Ancak proteinin kısmi olarak nişasta ile değiştirilmesi sonucunda ürünün yapısal özellikleri değişmektedir. Bu tip ürünlerde nişasta oranı arttıkça eriyebilirlik azalmakta, yağ ayrılması olabilmekte ve dokusal özellikler değişmektedir (Mounsey ve O'Riordan, 1999, 2001, 2007).

Bu çalışmanın amacı, fenilketonüri rahatsızlığına sahip tüketicilere yönelik peynir benzeri bir üründe farklı protein kaynaklarının farklı oranlarda kullanımının ürünün yapısal özelliklerine etkilerinin incelenmesidir. Çalışmada daha önceki çalışmalarda geliştirilmiş olan düşük oranda protein içeren nişasta bazlı sert peynir benzeri bir ürünün bileşimi ve üretim yöntemi kullanılmıştır (Zallie, 1988; Mounsey ve O'Riordan, 2001; Kızılöz, 2008). Protein kaynakları olarak rennet kazein, peyniraltı

suyu protein konsantresi, sodyum kazeinat ve yayıkaltı suyu tozu %2 ve 5 oranlarında kullanılmıştır. Ayrıca kullanılan protein kaynaklarında bulunan fenilalanin konsantrasyonu belirlenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Peynir Benzeri Ürünler

Peynir benzeri ürünler süt yağı veya proteini yerine kısmen veya tamamıyla süt kaynaklı olmayan ve temelde bitkisel kaynaklı olan bileşenler kullanılarak üretilen ürünlerdir (Guinee ve diğ., 2004). Peynir benzeri ürünlerin üretim yönteminde çeşitli hammaddeler eritme (işlenmiş, “processed”) peynir üretim yöntemine benzer bir yöntemle bir araya getirilip karıştırılmaktadır (Bachmann, 2001).

Peynir benzeri ürünler kullanılan yağ ve proteinlerin süt veya bitkisel kaynaklı olmasına göre tümüyle süt kaynaklı, kısmen süt kaynaklı veya sentetik kaynaklı olarak da gruplandırılabilirler (Guinee ve diğ., 2004). Sentetik kaynaklı peynir benzeri ürünlerde kullanılan protein ve yağ bitkisel kaynaklıyken, kısmen süt kaynaklı ürünler palm yağı, soya yağı ve kolza yağı gibi bitkisel yağlar ve rennet kazein, kazeinatlar gibi süt kaynaklı proteinlerden üretilirler (Fox ve diğ., 2000; Guinee ve diğ., 2004). Tümüyle süt kaynaklı peynir benzeri ürünler, kullanılan protein ve yağ süt kaynaklı olduğundan maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı yüksek miktarlarda üretilmemektedirler (Fox ve diğ., 2000).

Peynir benzeri ürünler pizza, hamburger, salata, sandviç ve peynir soslarında kullanılmaktadırlar (Guinee ve diğ., 2004). Peynir benzeri ürünler, bitkisel kaynaklı hammaddeler kullanılabileceği için üretim maliyetlerinin düşük olması, bileşenlerinin uzun süre saklanabilmeleri, bileşimleri değiştirilerek özel amaçlı diyetlere uygun üretilibilmeleri (laktozsuz, düşük kalorili, düşük yağlı) veya vitamin ve minarellerce zenginleştirilebilecekleri için fonksiyonel çeşitlilik sağlamaları, buzdolabı sıcaklığında depolama sırasında yapısal özelliklerinin değişmemesi gibi yönlerden avantajlıdır (Bachmann, 2001; Guinee, 2007). Mozzarella peyniri benzeri bir ürünün, buzdolabı sıcaklığında depolanması sırasında doğal Mozzarella peynirine göre özelliklerinin daha az değişim gösterdiği ve mevsimsel varyasyonlardan etkilenmeden daha tutarlı bir kalitede olduğu görülmüştür (Bachmann, 2001).

2.1.1 Peynir benzeri ürünlerin üretim yöntemleri

Peynir benzeri ürünlerin üretim yöntemi eritme peyniri üretim yöntemine benzemektedir. Tipik üretim yönteminde, protein ve eritme tuzları gibi kuru bileşenler su ve yağ ile karıştırılır ve buhar kullanılarak yaklaşık olarak 85°C'ye ısıtılır (Guinee ve diğ., 2004). Peynir benzeri ürünlerde aroma bileşenleri ve pH düzenleyiciler son basamakta eklenir ve karıştırılarak sıcak kalıplara dökülür ve buzdolabı sıcaklığına soğutularak depolanır (Guinee ve diğ., 2004).

Peynir benzeri ürünlerde son ürünün kalitesini etkileyen faktörler; eritme tuzları, yağ, protein çeşitleri gibi bileşenler ve oranları, karıştırma hızı, üretim sıcaklığı ve üretim süresi gibi işlem parametreleridir (Bachmann, 2001; Noronha ve diğ., 2006). Bu faktörler son ürünün kalitesini belirleyen kazeinin hidrasyonu ve yağın emülsifikasyon derecesini etkilemektedirler (Guinee, 2007).

Peynir benzeri ürünlerin üretiminde, karıştırma hızının artması ile, daha küçük yağ globüllerinin oluştuğu ve bunların proteinde dağılma oranının artmasından dolayı son ürünün renginin daha beyaz olduğu, eriyebilirliğinin azaldığı, iç yapışkanlığının ve sertliğinin arttığı bildirilmiştir (Noronha ve diğ., 2006). Eritme peyniri üretiminde de üretim sıcaklığının 70-90°C aralığında artması ile yağın emülsifikasyon derecesinin arttığı ve peynirin akma özelliğinin azaldığı ifade edilmektedir (Fox ve diğ., 2000). Peynir benzeri ürünlerin üretiminde karıştırıcılı pişiricilerin kullanımı yaygındır, ancak karıştırma hızı yağın dağılmasının engellenmesi için düşük tutulmalıdır (Guinee ve diğ., 2004). Büyük yağ globüllerinin peynir benzeri ürünlerin akma ve eriyebilirlik özelliklerini arttırdığı ve bundan dolayı da homojenizasyon derecesi ile eriyebilirlik arasında ters bir orantı olduğu bildirilmiştir (Guinee ve diğ., 2004).

Proteinin temel bileşen olduğu peynir benzeri ürünlerde asit düzenleyicinin üretimin son basamağında eklenmesinin nedeni, üretim sırasında pH'nın yüksek (~8-9) tutulması gerekliliğidir. Yüksek pH değerlerinde eritme tuzlarından sodyum fosfatın daha fazla miktarda kalsiyum bağlaması ve kazeinin negatif yüklerinin ve sodyum para-kazeinat hidrasyonunun artması sağlanmaktadır. Bu değişim suda çözünmeyen rennet kazeinin su bağlamasına ve yağı emülsifiye edebilen su bağlı para-kazeinata dönüşmesine neden olmaktadır (Guinee, 2007). Aroma bileşenlerinin üretimin son aşamasında eklenmesinin nedeni ise, üretim sırasında sıcaklığın yükselmesinden

dolayı meydana gelebilecek aroma kayıplarının azaltılmaya çalışılmasıdır (Guinee ve diğ., 2004).

2.1.2 Peynir ve peynir benzeri ürünlerin yapısal özellikleri

Peynir ve peynir benzeri ürünler, bileşimleri ve üretim yöntemlerindeki değişikliklere bağlı olarak farklı yapısal özelliklere sahiptirler (Fox ve diğ., 2000). Bu nedenle peynir benzeri ürünlerin üretiminde öncelikle yapısal özelliklerin sağlanması hedeflenmektedir. Peynirlerde başlıca kalite kriterlerinden bir tanesi dokusal özelliklerdir. Peynir çeşitli dokusal özelliklere sahiptir ve herbir peynir çeşidi için beklenen baskın dokusal özellikler farklıdır (Gunesekaran ve Ak, 2003).

Peynirin dokusal olarak değerlendirilmesinde enstrümental analizler içinde yaygın olarak Dokusal Profil Analizi kullanılmakta ve duyu özellikler ile ilişkilendirilmektedir. Dokusal Profil Analizi ile ölçülen sertlik ('hardness'), iç yapışkanlık ('cohesiveness'), esneklik ('springness') ve çiğnenebilirlik ('chewiness') peynir dokusunu tanımlamak için kullanılan özelliklerdir (Gunesekaran ve Ak, 2003).

Dokusal özelliklerin yanında Mozzarella ve Kaşar gibi bazı peynirlerde eriyebilirlik kaliteyi etkileyen önemli bir yapısal özelliktir. Erime ısı etkisi ile peynirin bütünlüğünü kaybederek yayılması ve akmasıdır (Lucey ve diğ., 2003). Peynir yapısında gerçek anlamda eriyen bileşen yağdır. Süt yağları farklı trigliseritlerden oluşmaktadır ve herbirinin farklı erime sıcaklıkları vardır. Süt yağı 40°C'nin üzerinde tümüyle sıvıdır (Lucey ve diğ., 2003). Peynirdeki kazein ve serum proteini gibi proteinler erimezler fakat bunların kendi aralarında ve birbirleriyle olan etkileşimleri değişebilir ve erimeyi etkileyebilirler (Lucey ve diğ., 2003).

Peynirin temel yapısı yağ globüllerinin hapsedildiği, su ve serumun bağlanıp boşlukları doldurduğu kazein ağ yapısıdır (Gunasekaran ve Ak, 2003). Peynir ısıtıldığı zaman sisteme verilen enerjiyle peynir ağının genel entropisinde artış ve eş zamanlı olarak makroskopik ve moleküler düzeylerde değişimler meydana gelmektedir (Udayarajan ve diğ., 2005). Enerji alımı sonucu makroskopik düzeyde peynir jelinde büzülme meydana gelerek yapıdan su ve yağ ayrılırken, moleküler düzeyde protein-protein etkileşimlerinde değişimler meydana gelmektedir (Udayarajan ve diğ., 2005).

Moleküler düzeyde protein moleküllerinin birbirleriyle olan etkileşimlerinin açıklanmasında hidrofobik etkileşimler önemli rol oynarlar. Hidrofobik etkileşimler apolar maddeye komşu su moleküllerinin kendi aralarında güçlü hidrojen bağı oluşturmalarına bağlı olarak sudan ayrılan apolar gruplar arasında güçlü çekim kuvveti oluşması sonucunda meydana gelmektedir (Şahbaz, 1998; Lucey ve diğ., 2003). Peynirin yapısının oluşmasında proteinler arasındaki elektrostatik etkileşimler ve kolloidal kalsiyum fosfat köprüleri gibi elektrostatik etkileşimler de önemlidir (Lucey ve diğ., 2003). Horne modeline göre, peynir matrisinde kazein parçacıkları arasındaki bağın kuvveti hidrofobik etkileşimler ve elektrostatik itmeler arasındaki dengeye bağlıdır (Horne, 1998).

Sıcaklığın artmasıyla hidrofobik etkileşimler artma eğilimi gösterir ve bu durum kazein parçacıkları arasındaki temas alanını azaltır ve genel olarak jel zayıflar. Sıcaklığın artmasıyla beraber elektrostatik itmeler de artar ve kazein ağ yapısının dengesi bozulur (Lucey ve diğ., 2003). Ağ yapısının dengesinin bozulmasından dolayı tüm peynirler sıcaklık artmasıyla beraber yumuşarlar, ancak bazı peynirler erirler. Peynir ısıtıldığında eğer elektrostatik itmeler hidrofobik etkileşimlerden büyük ise peynir erir (Lucey ve diğ., 2003). Peynirde düşük pH değerlerine inildiğinde kazeinin izoelektrik noktasına yaklaşıldığı için kazein moleküllerindeki elektrostatik itmeler azalır, kazein molekülleri arasındaki bağlar güçlenir ve erime özelliği azalır (Lucey ve diğ., 2003).

2.1.3 Peynir benzeri ürünlerin üretiminde kullanılan protein kaynakları ve ürünün özelliklerine etkileri

Peynirde yapının oluşumu ve peynire özgü yapısal özellikleri sağlayan temel bileşen proteindir. Protein diğer bileşenlerle birlikte peynir yapısını oluşturmakta ve yağ ile beraber erimeyi sağlamaktadır. Peynir benzeri ürünlerde kazein, kazeinatlar ve serum proteini gibi hayvansal kaynaklı proteinler veya soya fasulyesi ve yer fıstığı gibi bitkisel kaynaklı proteinler kullanılır (Guinee ve diğ., 2004). Eritme peynirinde ve peynir benzeri ürünlerde temel protein kaynağı olarak kazeinler ve kazeinatlar yaygınlıkla kullanılmaktadır (Guinee ve diğ., 2004).

Rennet kazein yağsız sütün ana proteini olan kazeinin kimozin enzimi ile çöktürülmesi, yıkanması, kurutulması ve öğütülmesi ile elde edilen suda

çözünmeyen bir yan üründür (Walstra ve diğ., 2006). Kazein inek, koyun ve manda sütündeki proteinin %80'ini oluşturan ve yapısında heterojenlik gösteren bir proteindir. Kazein sırasıyla yaklaşık olarak %38, %10, %34 ve %15 oranında bulunan, farklı yapıya ve özelliklere sahip α_{s1} -, α_{s2} -, β - ve κ - kazein proteinlerinden oluşmaktadır (Fox ve diğ., 2000). Kazein miselleri hidrofobik özellikte, hidrodinamik hacmi yüksek ve düşük oranda ikincil ve üçüncül yapıya sahiptirler (Fox ve Kelly, 2004). Kazeinlerin ikincil yapının eksikliğinden dolayı daha esnek ve kararsız yapıya sahip oldukları belirtilmiştir (Fox ve Kelly, 2004). Kazeinler esnek olmalarından dolayı bulundukları çözelti içinde yapıya uyum sağlayabilirler. Kazeinler düşük oranda ikincil ve üçüncül yapıya sahip oldukları için ısı ve üre gibi denatürasyon etkenlerine karşı değişmezler (Fox ve Kelly, 2004).

Eritme peynirlerinde ve peynir benzeri ürünlerde temel protein kaynağı olarak kazeinatlar da oldukça fazla kullanılmaktadır. Kazeinatlar, yağsız sütün pH'sının kazeinin izoelektrik noktası olan 4,6'a getirilmesiyle elde edilen kazein çökeltisinin sodyum, potasyum, amonyum veya kalsiyum hidroksit gibi alkalilerle nötralize edildikten sonra kurutulması ile elde edilen bir yan üründür (Walstra ve diğ., 2006). Kazeinatın bir ucunda suda çözünen fosfat grubu yer alırken diğer ucunda apolar yağda çözünen bir grup yer almaktadır. Eritme tuzları kalsiyum bağlayıcı olarak çalışmakta ve kazeinatın suda çözünürlüğünü arttırarak emülsifikasyon kabiliyetini özelliğın arttırmaktadır (Bachmann, 2001). Kazeinatların kazeinlere göre daha yüzey aktif bileşenler olduğu ve kazein miselleri ile elde edilen emülsiyonunun kazeinatlara göre daha zayıf olduğu bildirilmektedir (Courthaudon ve diğ., 1999). Kazeinatların yüksek su bağlama kapasitesine ve iyi emülsifikasyon özelliklerine sahip oldukları bildirilmektedir (Guinee ve diğ., 2004). Kazeinatların rennet kazeinle karşılaştırıldığında daha fazla hidrate olma eğilimi göstererek kazeinlerin birleşmesine neden oldukları ve daha iyi akışkanlığa sahip ancak daha az uzama özelliğı olan peynir benzeri ürün elde edilmesine sebep oldukları da bildirilmektedir (Guinee ve diğ., 2004).

Kazeinatların peynir benzeri yapıdaki fonksiyonel özellikleri araştırılmıştır. Sodyum kazeinat ile hazırlanan peynir benzeri ürünlerin kalsiyum kazeinat ile hazırlanan peynir benzeri ürünlere göre daha yüksek pH'ya, daha düşük sertliğe ve daha fazla yağ emülsiyonuna sahip olduğu görülmüştür (Cavalier-Salou ve Cheftel, 1991).

Peynir altı suyu, peynir ve kazein üretimi sırasında kazein moleküllerinin çöktürülmesi sonucu elde edilen çözünebilir proteince, mineral, laktoz ve fonksiyonel peptidlerce zengin bir yan üründür (Shon ve Haque, 2007). Peynir altı suyunda bulunan serum proteinleri diğer temel protein kaynaklarıyla karşılaştırıldıklarında yüksek biyolojik değere sahiptirler. Peynir altı suyu evaporasyon işlemi ile konsantre edilerek ve konsantreye sprey kurutma uygulanarak Peynir altı suyu protein konsantresi üretilmektedir (Walstra ve diğ., 2006). Fonksiyonel özelliklere ve yüksek besin değerine sahip serum proteinlerini içeren serum proteini konsantresi çeşitli gıdaların üretiminde bileşen olarak yaygınlıkla kullanılmaktadır. Peynir benzeri ürünlerde serum proteinleri kullanılarak dilimlenebilme özelliği iyileştirilebilmektedir (de Wit, 1998).

Sütte bulunan serum proteinleri β -laktoglobulin, α -laktalbumin, serum albuminleri ve immunoglobülinlerden oluşmaktadır. Kazeinlerle karşılaştırıldığında serum proteinleri yüksek oranda ikincil, üçüncül ve dördüncül yapıya sahiptir. Serum proteinleri tipik globüler proteinlerdir ve 70°C'nin üzerine ısıtıldıklarında denatüre olmaktadır (Fox, 2001; Shon ve Haque, 2007). Denatürasyon sonucunda serum proteinlerinin yapısı değişmekte ve bu değişim emülsifikasyon özellikleri, ısıl dayanıklılık, yağ tutma kapasitesi, köpürme ve çözünürlük gibi proteinin gıdalardaki işlevsel özelliklerinde önemli rol oynamaktadır (Shon ve Haque, 2007).

Mleko ve Foegeding (2000)'in yaptığı çalışmada %20 rennet kazein içeren eritme peynir benzeri ürüne artan oranda (%2-10) serum proteinleri eklenmiştir. Serum proteini eklenmesiyle kazein-serum proteini jelinin daha fazla su tuttuğu, eriyebilirliğin azaldığı ve daha güçlü jel ve peynir yapısının elde edildiği bildirilmiştir. Savello ve diğ., (1989) asit ve rennet kazeinden üretilen eritme peynirlerine artan oranda (%1,5-3-4,5) serum proteini eklemişler ve yüksek serum proteini konsantrasyonuna (%3-4,5) sahip peynir benzeri ürünlerde eriyebilirlikte azalma ve serbest yağ tespit etmişlerdir. Yüksek oranda serum proteini içeren eritme peyniri modelinde yağ globülleri etrafında lifli yapı olduğunu saptamışlar. Yağ globülleri etrafındaki bu lifli yapının peynir eriyebilirlikteki kayba ve serbest yağ kusuruna neden olabileceğini belirtmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada eritme peynirini proteince zenginleştirmek için yapıya serum proteini eklenmiş ve serum

proteinin tat, kıvam ve sürülebilirliği geliştirdiği duysal değerdendirmelerle belirlenmiştir (El-Neshawy ve diğ., 1987).

Serum proteinleri kazein ağında aktif doldurucu olarak yer almakta veya karışık bir jel ağına sebep olduğı düşünölmektedir. Direkt olarak ölçölmemesine karşın en olası etkileşimin κ -kazein ve β - laktoglobulin arasındaki disölfid bağları olduğı bildirilmiştir (Mleko ve Foegeding, 2000). Fakat aynı zamanda α -laktalbumin de kazeinle etkileşebilir (Mleko ve Foegeding, 2000). Artan oranda fosfat tuzlarının eklenmesi ve ısıtma süresinin uzatılması sonucunda, kazein moleköllerinin dağıldığı ve κ -kazein ile β -laktoglobulin arasındaki etkileşimin arttığı, doldurulmuş veya karışık bir ağ yapısının oluştğı bildirilmiştir (Mleko ve Foegeding, 2000). Ayrıca kazein ağının büyük oranda serum ayrılması olan zayıf, süngerimsi bir yapıyken, serum proteini eklenmesiyle beraber daha güçlü, daha deforme olabilir ve daha çok su tutan bir yapının elde edildiğı bildirilmiştir (Mleko ve Foegeding, 2000).

Kazeinin serum proteini ile değıştirilmesi sonucunda eritme peyniri benzeri ürünlerde yapışkanlığın arttığı bulunmuştur ve yapışkanlığın artması ile ürünün paket materyaline yapışmasının ciddi problemlere neden olduğı bildirilmiştir (Gustaw ve Mleko, 2007). Gustaw ve Mleko (2007) serum proteini içeren eritme peyniri benzeri ürüne dokusal özelliklerini geliştirmek amacıyla ksantan gam, κ -karagenan ve keçiboynuzu gamı gibi hidrokolloidler eklemiştir. Serum proteini içeren eritme peyniri benzeri ürünlere hidrokolloidlerin eklenmesiyle daha sert ve daha az yapışkan bir ürün elde edildiğı bildirilmiştir.

Tereyağı üretiminde yağı uygulanan mekanik çalkalama işleminin sırasında yağ globöllerini çevreleyen ince zar yırtılarak yağ globöllerini bir araya gelirlerken proteinler, laktoz, mineraller ve bazı yağlar süt yağını çevreleyen zar parçaları ile birlikte yayıkaltı suyuna geçerler. Süt yağ globöllerini çevreleyen zar kuru maddede %13,4 kazein,%20,1 serum proteinleri, %21,6 zar proteinleri ve %4,43 fosfolipid içermektedir (Morin ve diğ., 2007). Yayıkaltı suyunun kurutulması ile yüksek oranda fosfolipid içeren yayıkaltı suyu tozu elde edilir (Corredig ve diğ., 2003). Yayıkaltı suyunun temel fonksiyonel özelliğı yağ globöllerinin birleşmesini engellediğı için emölsifikasyondur. Yayıkaltı suyu tozu salata sosları, çikolata, çeşnili peynir, yağı azaltılmış peynirler, eritme peynirleri, dondurma, yoğurt gibi birçok gıda üründe yüksek fosfolipid içermesi nedeniyle fonksiyonel bileşen

olarak kullanılmaktadır (Jinjarak ve diğ., 2006). Yayıkaltı suyu tozu doğal bir emülgatör olan fosfolipid içermesi nedeniyle peynir benzeri ürünlerde de kullanılmaktadır (Bachmann, 2001).

Raval ve Mistry (1999) düşük yağ içerikli Cheddar peyniri üretiminde pastörize süte %5 oranında ultrafiltre tatlı yayıkaltı ekleyerek eritme peynirini üretmişler ve bu peyniri pastörize sütten ürettikleri eritme peyniryle karşılaştırmışlardır. Ultrafiltre tatlı yayık ilavesinin Cheddar peynirinde serbest yağ miktarı ve eriyebilirlik özelliklerini azalttığını bildirmişlerdir.

Peynir benzeri ürünlerin üretiminde protein kaynağı olarak kullanılan rennet kazein, sodyum caseinate, serum proteini konsantresi ve yayıkaltı suyu tozunun bileşimleri Tablo 2.1’de yer almaktadır.

Tablo 2.1: Bazı Süt Proteinlerinin Bileşimi (Baldwin ve Pearce, 2005; Walstra ve diğ., 2006; Özen, 2006)

	Protein	Karbonhidrat	Kül	Nem
Rennet kazein	83	0,5	8	6,5
Sodyum kazeinat	86	0,5	5	6,5
Serum proteini konsantresi	75	19	4	4
Yayıkaltı suyu tozu	31	50,3	3,5	3,5

Peynir benzeri ürünlerde kazein ve kazeinatlar gibi hayvansal protein kaynaklarının yüksek maliyetli olması nedeniyle bunların yerine yer fıstığı, soya fasülyesi, bezelye ve buğday proteini gibi bitkisel kaynaklı proteinler, nişasta ve gamlar da kullanılmaktadır (Mounsey ve O’Riordan, 2007a; Guinee ve diğ., 2004). Fakat bitkisel kaynaklı proteinler peynir benzeri ürünlerde karakteristik istenmeyen tat oluşumlarına sebep olabilmektedirler. Ayrıca bitkisel kaynaklı proteinler kullanıldığında peynir yapısının elde edilmesinde zorluklar yaşanmaktadır (Bachmann, 2001).

Hayvansal kaynaklı protein kaynakları arasında ise, rennet kazein daha iyi bir tada sahip olduğu ve depolama stabilitesi yüksek olduğu için bu tip peynirlerde kullanımının avantajlı olduğu bildirilmiştir (Bachmann, 2001). Ayrıca rennet kazeinle üretilmiş peynir benzeri ürünlerde genellikle sodyum kazeinat, kalsiyum kazeinat veya asit kazeinle hazırlananlara göre daha lifli yapıda ve daha yüksek uzama özelliğine sahip olduğu bildirilmiştir (Guinee ve diğ., 2004).

2.1.4 Peynir benzeri ürünlerde kullanılan diğer bileşenler

Peynir benzeri ürünlerde protein dışında kullanılan diğer bileşenler yağ, su, emülgatör tuzlar, stabilizörler, koruyucular, tat maddeleri ve polisakkaritlerdir (Guinee ve diğ., 2004).

2.1.4.1 Nişasta

Peynir benzeri düşük protein içeren ürünlerde protein yerine nişasta kullanılmaktadır. Nişasta bitkilerin depoladığı bir polisakkarittir ve nişasta temel olarak α -D-glukoz birimlerinin polimerleşmesiyle oluşmaktadır. Kimyasal olarak yapısında iki tür polimer mevcuttur; lineer bir polimer olan amiloz ve dallanmış bir polimer olan amilopektin (Köksel, 1998). Amiloz genel olarak α -(1,4) bağı ile bağlanmış α -D-glukoz birimlerinde oluşan lineer bir polimer olarak kabul edilse de, az miktarda α -(1,6) bağlarıyla çok düşük düzeyde dallanma göstermektedir (Köksel, 1998). Amilopektin amiloz gibi α -(1,4) bağı ile bağlanmış α -D-glukoz birimleri ile α -(1,6) bağı ile dallanma noktalarından oluşmaktadır (Köksel, 1998).

Polisakkaritler su bağlama kapasitesi, viskoziteyi artırma özellikleri ve jelleşmeye yardım etmeleri nedeniyle peynirin fonksiyonel özelliklerine ve yapısına katkılarından dolayı eritme peynirlerinde protein ve yağ oranını azaltmak amacıyla kullanılmaktadırlar (Bennett ve diğ., 2006). Ürünün üretimi sırasında protein ve polisakkaritler etkileşim içindedirler ve bu etkileşimler gıdanın yapısal özelliklerini belirlemektedir. Proteinlerin polisakkaritlerle etkileşimleri proteinlerin çözünürlük, yüzey aktiflik, emülsifikasyon ve köpürme özelliğini etkilemektedir (Ye, 2008). Peynir benzeri ürünlerde nişasta ve proteinin etkileşimi gıdanın akma, stabilite, yapı ve ağızda hissedilmesi gibi makroskobik özelliklerinde önemli rol oynamaktadır (Mounsey ve O’Riordan, 2007b).

Peynir benzeri ürünlerde kazein veya yağ yerine kullanılan nişastanın son ürünün erimesi ve reolojik özelliklerine etkisi nişasta kaynağına, doğal yada modifiye nişasta olmasına ve nişasta miktarına bağlıdır (Mounsey ve O’Riordan, 2001; Noronha ve diğ., 2007a). Toplam peynir içeriğinin %3’ü kadar oranda farklı nişastalar içeren peynir benzeri ürünler ile nişasta içermeyen bir ürün (%24,5 rennet kazein) yapısal özellikler açısından karşılaştırılmıştır (Mounsey ve O’Riordan, 2001). Nişasta olarak mısır, vaksımsı mısır, buğday, patates ve pirinç nişastası

denenmiş ve nişasta bulunan tüm peynirlerde erimenin azaldığı ve pirinç nişastası hariç, nişasta içeren bütün peynirlerin kontrole göre daha az iç yapışkanlığa sahip olduğunu görülmüştür (Mounsey ve O’Riordan, 2001). Bunun nedeni olarak nişasta içeren peynir benzeri ürünlerin protein içeriğinin düşük olması ve büyük nişasta granüllerinin yüksek şişme kapasitesine sahip oldukları için protein ağ yapısını parçalamaları gösterilmiştir (Mounsey ve O’Riordan, 2001). Pirinç nişastası kullanılarak elde edilen peynir benzeri yapının iç yapışkanlık değerinin yüksek olmasının nedeni ise pirinç nişastası küçük çaplı küresel granüllere sahip olması ve peynir benzeri üründe protein ağ yapısına daha az zarar vermesi ile açıklanmıştır (Mounsey ve O’Riordan, 2001).

Farklı oranlarda doğal, prejelatinize, dirençli ve mısır nişastası kullanılarak elde edilen peynir benzeri bir ürünün yapısı incelenmiştir. Nişasta eklenmesinin serbest suyu azalttığı ve bu azalmanın nişasta tipine ve miktarına bağlı olduğu bildirilmiştir (Noronha ve diğ., 2007a). Peynirin eriyebilirliği ve sertliği peynir matrisindeki serbest su ile ilişkilendirilmiştir. Peynir matrisinde daha çok serbest su bulunması ile daha çok eriyen ve daha yumuşak bir peynir elde edilirken, bağlı su ile daha kırılğan ve erimeyen peynir yapısının elde edildiği bulunmuştur (Noronha ve diğ., 2007a).

Yüksek amilozlu nişastalarla elde edilen peynirlerin sert bir yapıya sahip olduğu bildirilmiştir (Mounsey ve O’Riordan, 2001). Yüksek amiloz içerikli (%25-28 amiloz) buğday, patates ve mısır nişastasından yapılmış peynir benzeri ürünler benzer sertliğe sahipken, pirinç nişastasından (%13 amiloz) yapılan peynir benzeri ürünün daha yumuşak yapıya sahip olduğu bulunmuştur. Vaksımsı mısır nişastasından (%3,8 amiloz) yapılan peynir benzeri ürünün en yumuşak yapıya sahip olduğu bulunmuştur (Mounsey ve O’Riordan, 2001). Yüksek amiloz içeren nişastaların daha sert bir yapı oluşturmaları peynir yapımı sırasında amilozun nişasta granülünden sızarak hidrojen bağları oluşturması ile açıklanmıştır (Mounsey ve O’Riordan, 2001).

Peynir benzeri bir üründe yapılan mikroskopik incelemede, nişasta ile protein arasında herhangi bir ortak yapı oluşumu görülmemiş, her iki bileşenin kendi arasında yapı oluşturduğu bulunmuştur (Mounsey ve O’Riordan, 2007a). Yapıda suyun yetersizliğinden dolayı nişastanın çözünememesi veya nişastanın çözülmesi ve tamamen jelleşmesi için gerekli üretim sıcaklığı ve süresinin yetersiz

kalmasından dolayı nişastanın proteinden ayrı jel oluşturduğu düşünülmektedir (Mounsey ve O’Riordan, 2001). Bu nedenle nişastanın kullanıldığı peynir benzeri ürünlerde, nişasta miktarı arttıkça, nişastanın tamamen jelleşmesi ve homojen bir yapının elde edilebilmesi için gerekli üretim sıcaklığı ve süresinin artırılması gerektiği bildirilmiştir (Mounsey ve O’Riordan, 2007a).

2.1.4.2 Yağ

Peynir benzeri ürünlerde kullanılan başlıca bileşenlerden biri de yağıdır. Yağ peynir benzeri üründe istenilen bileşimi, yapıyı ve eriyebilirliği sağlamaktadır (Guinee ve diğ., 2004). Ancak son zamanlarda yüksek yağlı besin tüketiminin artması ve fiziksel aktivitelerin azalması sonucunda obezite yaygınlaşmaya başlamıştır. Buna bağlı olarakta gıda üreticileri yağı azaltılmış ve besinsel lifce zenginleştirilmiş ürünlerin üretimine önem vererek bu ihtiyacı karşılamaya çalışmışlardır.

Taklit Mozzarella peyniri yaklaşık %20-27 yağ içermektedir ve peynir analoglarında da yağ oranını azaltmayla ilgili çalışmalar yapılmıştır (Noronha ve diğ., 2007b). Montesinos-Herrero ve diğ., (2006) peynir benzeri üründe azaltılan yağ yerine besinsel lif olarak dirençli nişasta eklenmiş ve elde edilen ürünler eriyebilirlik ve dokusal özellikler açısından yağ oranı azaltılmamış peynir benzeri ürünle karşılaştırılmıştır. Azaltılan yağ yerine besinsel lif eklenen örneklerde eriyebilirliğin azaldığı ve daha sert bir ürün elde edildiği belirtilmiştir. Peynir ağ yapısında nem yumuşatıcı bir etki yaratmaktadır ve yüksek nem içerikli Mozzarella peynirlerinde eriyebilirliğin arttığı, daha yumuşak ve daha az dilimlenebilir peynir dokusunun elde edildiği belirtilmiştir (Hennelly ve diğ., 2005). Yapılan çalışmalar sonunda yağı azaltılmış peynir benzeri ürünlerin nem içeriği artırılarak kalıplanmaya ve dilimlenmeye elverişli sertlik ve iç yapışkanlıkta, eriyebilirliğe sahip peynir benzeri ürün elde edilebileceği görülmüştür (Noronha ve diğ., 2007b).

2.1.4.3 Su

Peynir benzeri ürün üretimi sırasında kalsiyumu bağlayıcı eritme tuzlarını çözmek, proteini hidrate etmek ve bileşenleri dağıtmak amacıyla su kullanılmaktadır. Su oranının artırılması peynir benzeri ürünlerde sertliği ve sıklığı azaltmakta ve ürünün eriyebilirliğini artırmaktadır. (Lee ve diğ., 2004; Hennelly ve diğ., 2005). Bu eğilimin artan serbest su, büyük yağ globülleri ve azalan protein-protein

etkileşimiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir (Hennelly ve diğ., 2005). Serbest suyun protein ağ yapısında sürekliliği bozup yapıyı zayıflattığı ve zayıf yapının erimek için daha az enerjiye ihtiyaç duyduğu düşünülmektedir (Hennelly ve diğ., 2005).

2.1.4.4 Stabizör ve emülgatörler

Peynir benzeri ürünlerde ana bileşenler yanında, yapıyı düzenlemek amacıyla stabilizör veya emülgatörler kullanılmaktadır. Eritme peynirlerinde eritme tuzları kalsiyumu bağlayarak kazeinler arası bağların azaltılmasını ve kazeinlerin dağılarak daha fazla su bağlamalarını sağlamaktadır (Ennis ve diğ., 2000). Eritme tuzlarının etkisiyle dağılmış, hidrate olmuş ve çözünmüş proteinler yağ emülsiyonunu ve emülsiyon stabilitesini geliştirmektedirler (Cavalier-Salou ve Cheftel, 1991). Eritme tuzları bu şekilde dolaylı olarak emülgatör görevi görmektedirler. Kullanılan tuz miktarına ve türüne bağlı olarak eritme tuzlarının yağ emülsifiye etme derecesi değişmektedir (Bachmann., 2001). Düşük oranda emülsifiye edilmiş bir peynir yapısı yumuşak ve daha yüksek eriyebilirliğe sahipken, yüksek oranda emülsifiye edilmiş yapının daha sert, sıkı ve kesilebilir olduğu bildirilmiştir (Bachmann, 2001; Cavalier-Salou ve Cheftel, 1991).

Çeşitli peynirlerin üretiminde hidrokolloidler yapıyı ve fonksiyonel özellikleri değiştirerek ürünün geliştirilmesinde kullanılmaktadırlar (Guinee ve diğ., 2004). Swenson ve diğ., (2000)'nin yaptığı çalışmada ağırlıkça %2 oranında jelatin, karagenan, keçiyoynuzu ve guar gam içeren eritme peyniri hidrokolloid içermeyen peynir ile karşılaştırılmıştır. Hidrokolloid içeren eritme peynirlerinin içermeyenlere oranla daha sert olduğu ve eriyebilirliğin de azaldığı saptanmıştır (Swenson ve diğ., 2000).

Karagenan süt ürünlerinde kullanımı en çok tercih edilen gamdır. Karagenan kırmızı deniz yosunundan elde edilen 3,6-anhidro-D-galaktoz ve D-galaktoz'dan meydana gelen sülfatlanmış lineer bir polisakkarittir (Imeson, 2000). 3,6-Anhidro-D-galaktoz varlığına ve sülfat grubu sayısı ve pozisyonuna göre yapısı değişiklik gösterir ve 3 temel fraksiyonu vardır; kapa (κ), iyota (ι) ve lambda (λ) (Imeson, 2000). Karagenan çözeltileri ısıtıldıktan sonra, 40–60°C arasındaki sıcaklıklara soğutulduklarında jel oluştururlar (Imeson, 2000; Verbeken ve diğ., 2006). Farklı

karagenan tipleri farklı jelleşme ve kalınlaştırma özellikleri sahiptirler (Imeson, 2000). Örneğin κ -karagenan potasyum iyonu ile sert ve kırılğan bir jel oluştururken, ι -karagenan kalsiyum iyonu ile elastik jel oluşturmaktadır. Tuzların λ -karagenanın özellikleri üzerinde etkisi yoktur (Imeson, 2000).

Schmidt ve Smith (1992) tarafından yapılan bir çalışmada, κ -karagenanın, ksantan gamın ve guar gamın artan orandaki konsantrasyonları %11 oranında serum proteini konsantresi veya %11 yağsız süt tozu ile ayrı ayrı çözeltileri oluşturulmuş ve oluşturulan çözeltilere ısı işlem uygulanmıştır. Oluşturulan gam protein çözeltileri gamların sulu çözeltileri ile karşılaştırılmıştır. Hidrokolloid ve protein çözeltilerinin, gamların sulu çözeltilerine göre daha yüksek viskozitede olduğu bulunmuştur. Bunun sebebinin κ -karagenan, ksantan gam ve guar gamın kazein ve serum proteinleri ile etkileşimi olduğu düşünülmektedir (Schmidt ve Smith, 1992). κ -Karagenan negatif sülfat grupları ile kazeindeki κ -kazeinin pozitif grupları arasında elektrostatik bir etkileşim olmaktadır (Verbeken ve diğ., 2006). Ancak Xu ve diğ. (1992) κ -karagenan ve serum proteinleri arasında ölçülebilir bir etkileşimi olmadığını bildirmişlerdir. Serum proteini çözeltisinde yüksek sıcaklıkta kısa süreli ısı işlemle serum proteinlerinin denatürasyonu sonucunda viskozitenin artmış olabileceği bildirilmiştir (Schmidt ve Smith, 1992).

2.2 Fenilketonüri Hastalığı ve Peynir Tüketimi

Fenilketonüri fenilalanin metabolizmasında yer alan fenilalanin hidroksilaz enzimini kodlayan gendeki mutasyon nedeni ile oluşan otosomal resesif geçişli kalıtsal bir protein metabolizması bozukluğudur (Waisbren, 2007; Seçkin, 2007). Bu enzim fenilalanin aminoasidinin başka bir aminoasit olan tirozine dönüştürülmesinde gerekmekte ve memeli dokularında fenilalaninin parçalanması için de kullanılmaktadır (Linder, 1991). Fenilalanin hidroksilaz enzimindeki mutasyon sonucunda enzim aktivitesi tamamen veya kısmi olarak kaybolmaktadır (Carl, 2002). Fenilalanin hidroksilaz enziminin eksikliği sonucunda fenilalanin ve onun transaminasyon sonucunda oluşan metabolitleri (fenil pirüvik asit, fenillaktik asit, fenilasetik asit) hastanın kan, idrar, diğer vücut sıvıları ve beyinde birikerek bebek ve çocuklarda beyin fonksiyonlarında ciddi derecede hasara neden olmaktadır (Müslümanoğlu ve diğ., 2004; Linder, 1991).

Otozomal resesif kalıtım gösteren fenilketonuri hastalığının ortaya çıkabilmesi için hem anne hem de babanın taşıyıcı olması gerekmektedir. Fenilketonüri A.B.D ve birçok Avrupa ülkesinde her 10.000-30.000 yenidoğanda bir görülmektedir (Aktuğlu Zeybek, 2003). Ülkemiz ise 3000-4500 yenidoğanda 1'lik oranla fenilketonürinin dünyada en sık görüldüğü ülkeler arasında yer almaktadır. Ülkemizde her yıl ortalama 300-400 yeni fenilketonürlü bebek doğmaktadır Bu sıklığın sebebi Türkiye'de yapılan her beş evlilikten birinde eşlerin akraba olmasıdır (%21). Akraba evliliğinden doğan çocuklarda kalıtsal hastalıkların görülme oranı genel toplumda bildirilenden yaklaşık %4 oranında yüksektir (Altunsu, 2007).

Fenilketonüri hastalığının tedavisi, yenidoğan döneminde tanı konmasıyla başlanması gereken fenilalanince kısıtlı, tirozinden zengin, yaşa ve kiloya uygun vitamin-mineral eklenmiş aminoasit karışımlarının kullanıldığı özel beslenme uygulanmasıdır (Seçkin, 2007). Et, balık, süt ve süt ürünleri, kuruyemiş, baklagiller gibi yüksek proteinli besinler diyetten çıkarılır ve fenilalanin içeriği düşük olan sebze ve meyveler kontrollü olarak verilir (Waisbren ve diğ., 2007). Yeni doğan dönemde tanısı konan ve uygun diyet tedavisi tanı ile eş zamanlı başlatılarak sürekli kan fenilalanin düzeyleri izlenen vakalarda zihinsel engellilik ve hastalığın diğer nörolojik belirtileri önlenmektedir (Seçkin, 2007). Tanısı geç konan veya tedavi edilmeyen fenilketonüri hastalarında zihinsel engellilik, davranış kusurları, otistik davranışlar, idrar ve terde keskin koku ve havale görülmektedir (Seçkin, 2007).

Süt ve süt ürünleri yüksek kalsiyum, fosfor ve protein içeren bileşimleri nedeniyle çocuğun gelişimi açısından çok önemlidir. Ancak yüksek protein içeriği nedeniyle bu ürünler fenilketonüri hastaları tarafından tüketilemezler. Günlük alınması izin verilen maksimum fenilalanin miktarı yaşa ve kiloya göre değişmektedir (Tablo 2.2).

Peynir de yüksek oranda protein içermesi sebebiyle fenilketonüri rahatsızlığına sahip bireylerce tüketilmesi uygun olmayan süt ürünlerindendir. Kaşar peynirine benzer bir yapıya sahip olan ve tam yağlı süttten yapılan Mozzarella peynirinin 100 gramında 1011 mg fenilalanin bulunmaktadır (USDA, 2007). Bir dilim peynirinin 30 g olduğu varsayılırsa, günde bir dilim peynir tüketildiğinde günlük alınabilecek fenilalanin miktarı 303 mg'dır. Peynir yüksek oranda fenilalanin içeren bir besin

kaynağı olduğu için fenilketonürlü hastalarının tüketimine yönelik protein içeriği düşük peynir benzeri ürünlere ihtiyaç vardır.

Tablo 2.2: Fenilketonürlü Hastaları İçin Günlük Alınabilecek En Yüksek Fenilalanin Miktarı (Linder, 1991)

Yaş (ay)	Fenilalanin (mg/kg/gün)
7-9	44
10-12	33
13-24	25
25-36	24
37-48	20
49-72	18
73-96	17
97-120	15

kaynağı olduğu için fenilketonürlü hastalarının tüketimine yönelik protein içeriği düşük peynir benzeri ürünlere ihtiyaç vardır.

Peynirdeki protein yerine kısmi olarak nişasta koyularak düşük protein içerikli peynir benzeri ürünler A.B.D.’de ve Avrupa ülkelerinde ticari olarak üretilmektedir. Ancak proteinin kısmi olarak nişasta ile değiştirilmesi sonucunda ürünün yapısal özellikleri değişmekte ve yüksek oranda nişasta eklenmiş peynir benzeri ürünler erimemektedir. Tam yağlı Kaşar peyniri yaklaşık olarak %25 protein içermektedir (Koca ve Metin, 2004). Fenilketonürlü hastaları protein oranı on kat azaltılmış %2 protein içeren peynir benzeri ürünü tüketebilirler.

Daha önce yapılan bir çalışmada, sert peynire benzer sertlikte ve eriyebilirlikte düşük protein içeren bir ürün yapısı geliştirilmiştir (Kızılöz, 2008). Bu yapıda peynir benzeri ürünlerde %25 oranında kullanılan rennet kazeinin oranı %5’e azaltılarak yerine α -amilazla kısmi olarak parçalanmış buğday nişastası ve κ -karagenan kullanılmıştır. Bu çalışmada, geliştirilmiş olan bu peynir benzeri ürün yapısında rennet kazein yerine farklı protein kaynaklarının kullanımının ürünün yapısal özelliklerine etkileri incelenmiş ve üretilen peynir benzeri ürünlerin fenilketonürlü hastalarının tüketimine uygunluğu tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1 Materyal

Peynir benzeri ürünün üretiminde protein kaynakları olarak rennet kazein (Maysa Gıda San. Tic. A.Ş., İstanbul), sodyum kazeinat (Maysa Gıda San. Tic. A.Ş., İstanbul), peynir altı suyu protein konsantresi (Interfood Ingredients Ltd., Londra, İngiltere) ve yayıkaltı suyu tozu (Astosan Süt ve Gıda San. Tic. A.Ş., Balıkesir) kullanılmıştır. Üretimde ayrıca vaksımsı mısır nişastası (Cerestar, Cargill Tarım ve Gıda San. Tic. A.Ş., Bursa) kullanılmıştır. Rennet kazein ve sodyum kazeinatın çözündürülmesi için trisodyum sitrat (Trend Gıda San. ve Tic. Ltd. Şti., İstanbul) ve disodyum fosfat (Tunçkaya Ltd. Şti., İstanbul) tuzları kullanılmıştır. Yağ olarak lezzet vermek amacıyla tereyağı kullanılmıştır. Vaksımsı mısır nişastasının parçalanması için küf kökenli α -amilaz enzimi (Fungamyl® 1600 SG, Novozymes, Bagsvaerd, Danimarka) kullanılmıştır. Enzimle elde edilen parçalı jel yapısını bütünleştirmek ve sertleştirmek için κ -karagenan (Inkom A.Ş., Mersin) kullanılmıştır. Ürünün pH'sını düşürmek (~5,45) ve asit lezzeti verebilmek için sitrik asit (Trend Gıda San. ve Tic. Ltd. Şti., İstanbul) ve tat vermek amacıyla tuz kullanılmıştır. Bileşenler %50 oranında distile su içinde baget yardımıyla karıştırılarak karışımlar hazırlanmıştır.

Protein kaynaklarındaki fenilalanin miktarının belirlenmesinde, hidroliz için HCl (Merck, Darmstadt, Germany), fenol (Riedel-de Haën, Seelze, Germany) ve 0,45µm gözenek çapında şırınga ucu filtre kullanılmıştır. HPLC analizinde kullanılacak olan mobil faz için ortofosforik asit (Fluka, Buch, Switzerland), potasyum fosfat monobazik (Fluka, Steinheim, Germany) ve asetronitril (Riedel-de Haën, Seelze, Germany) kullanılmıştır. Fenilalanin kalibrasyon eğrisini hazırlamak için L-fenilalanin (Fluka, Steinheim, Germany) kullanılmıştır.

Hazırlanan örneklerdeki fenilalanin miktarının ve yapısal özelliklerin Kaşar peynirinde bulunan fenilalanin miktarı ve yapısal özellikleriyle karşılaştırılması

amacıyla 5 farklı markaya ait 8 adet Kaşar peyniri bir marketten alınmıştır. Peynirler ölçümleri yapılana kadar 4°C’de muhafaza edilmiştir.

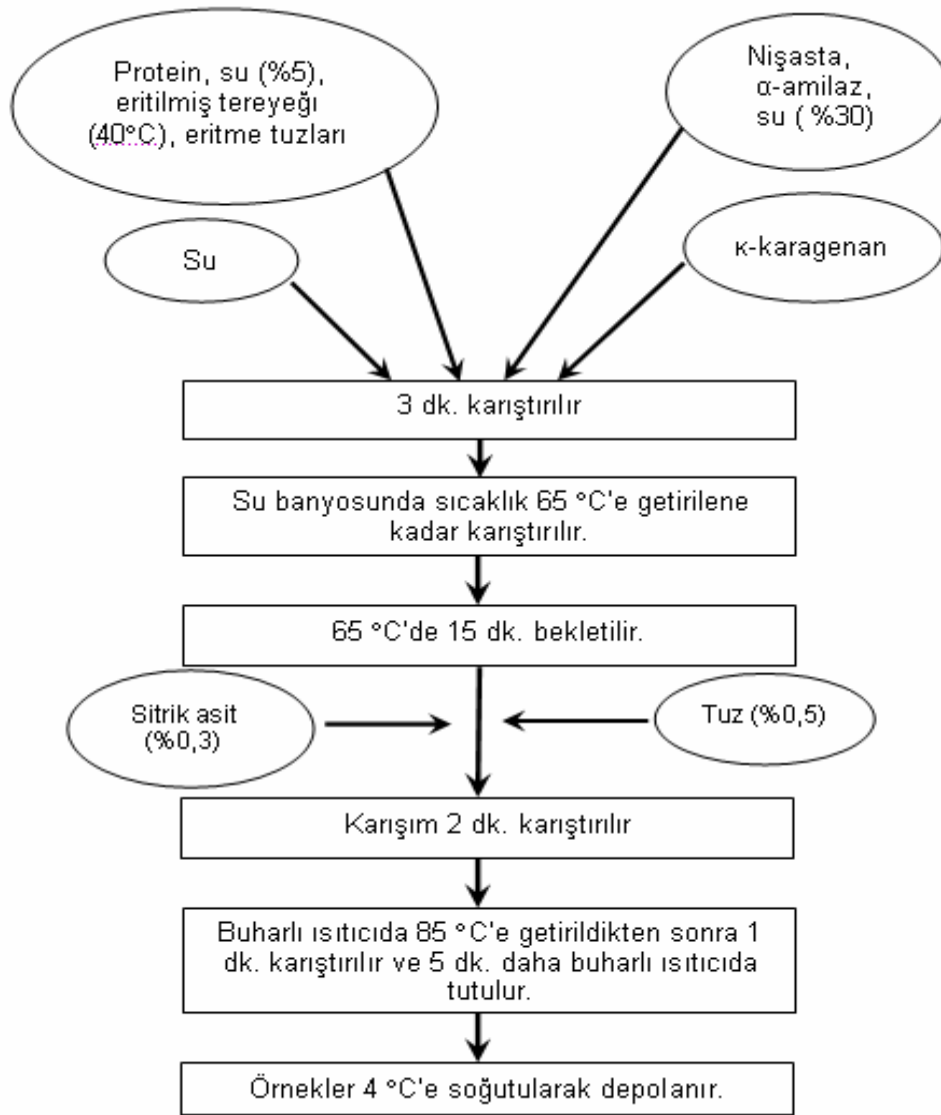
3.2 Metod

3.2.1 Farklı protein kaynakları içeren peynir benzeri ürünlerin üretimi

Çalışmada düşük oranda protein içeren nişasta bazlı peynir benzeri üründe protein kaynakları olarak rennet kazein, sodyum kazeinat, peynir altı suyu protein konsantresi ve yayıkaltı suyu tozu %2 ve 5 oranlarında kullanılmıştır. Peynir benzeri ürün daha önce yapılan çalışmalarda belirlenen bileşim ve üretim yöntemi kullanılarak üretilmiştir (Mounsey ve O’Riordan, 2001; Kızılöz, 2008). Azaltılan proteinin bir kısmı yerine α -amilazla kısmi olarak parçalanmış nişasta kullanılmıştır (Zallie, 1988; Kızılöz, 2008). Ürünün bileşiminin ve üretim yönteminin geliştirilmesinde üründe Kaşar peynirinin yapısal özelliklerinin elde edilmesi hedef alınmıştır. Bileşimde protein kaynağı (%5), vaksımsı mısır nişastası (%22,4) κ -karagenan (%1,5), tereyağı (%20), küf kökenli α -amilaz enzimi (0,0037 g enzim/g nişasta), disodyum fosfat (%0,098), trisodyum sitrat (%0,22), tuz (%0,5), sitrik asit (%0,3) ve arda kalan yüzdede distile su bulunmaktadır. Protein oranı %2’ye indirildiğinde kuru madde oranı sabit tutularak vaksımsı mısır nişastası oranı artırılmıştır. Trisodyum sitrat ve disodyum fosfat kazeinatın suda çözünürlüğünü arttırarak emülsiyon özelliğın arttırmak amacıyla kullanıldığı için sadece rennet kazein ve sodyum kazeinat örneklerinde kullanılmışlardır ve bu örneklerde de protein miktarına oranlanarak kullanılmıştır. Üretilen peynir benzeri ürünlerin bileşimleri Ek A’da verilmiştir.

Eritme tuzunun yayıkaltı suyu tozu ve peynir altı suyu protein konsantresi kullanılarak üretilen peynir benzeri ürünlerin yapısal özelliklerine etkili olup olmadığı incelemek amacıyla %2 ve %5 oranında yayıkaltı suyu tozu ve peynir altı suyu protein konsantresi içeren peynir benzeri ürünler hiç eritme tuzu içermeyen ve 0,098 g disodyum fosfat ve 0,22 g trisodyum sitrat içerecek şekilde hazırlanmıştır. %2 protein içerenler ve %5 protein içerenler ayrı ayrı gruplandırılarak değerlendirilmişlerdir.

Protein kaynağı kullanılacak suyun bir kısmı (%5) trisodyum sitrat ve disodyum fosfat tuzları eklenerek 2 dk karıştırılmıştır. Tereyağı eritilerek 40°C'ye getirilmiş ve rennet kazein karışımı ile karıştırılmıştır. Nişasta, α -amilaz enzimi ve suyun bir kısmı (%30) 1 dk karıştırılmıştır. Son olarak rennet kazein karışımına nişasta karışımı, κ -karagenan ve geriye kalan su eklenerek 3 dk karıştırılmıştır. Örnekler enzim reaksiyonu için su banyosunda 65°C'ye getirilmiş ve bu sıcaklıkta 15 dk bekletilmiştir (Kızılöz, 2008). Isıl işlem uygulamasının hemen ardından örneklere tuz (%0,5) ve sitrik asit (%0,3) eklenerek karışım 2 dk karıştırılmıştır. Karıştırılan örnekler buharlı ısıtıcıda 85°C'ye getirildikten sonra 1 dk karıştırılmış ve 5 dk daha buharlı ısıtıcıda bırakılmıştır. Buharlı ısıtıcıdan alınan örnekler buzlu su ile soğutularak 4°C'de depolanmışlardır (Şekil 1). Üretimden bir gün sonra örneklerin eriyebilirlik, dokusal özellikleri ve serbest yağ değerleri ölçülmüştür. Örnekler iki tekrarlı olarak hazırlanmışlardır. Bütün ölçümler iki paralelli olacak şekilde yapılmıştır.



Şekil 4.1: Düşük Proteinli Peynir Benzeri Ürünler İçin Üretim Şeması

3.2.2 Eriyebilirlik ölçümü

Eriyebilirlik için Arnott testi değiştirilerek kullanılmıştır (Arnott ve diğ., 1957). Örneklerden silindirik mantar kesici ve tel düzeneği kullanılarak 14,5 mm yüksekliğinde ve 17 mm çapında numuneler alınmıştır ve oda sıcaklığına ($20 \pm 1^\circ\text{C}$) gelmeleri için kapalı cam petrilerde bekletilmiştir. Örnekler önceden ısıtılmış etüve yerleştirilerek, 100°C 'de 15 dk tutulmuşlardır. Birbirini 2,5 mm aralıklarla izleyen eş merkezli dairelerden oluşacak şekilde ölçeklendirilmiş bir ölçüm kağıdı kullanılmıştır (Ek A). Ölçüm kağıdı petri kabının altına yerleştirilerek eriyen kütlenin altı noktasından eriyebilirlik alanının yarıçapı ölçekten belirlenmiş ve altı noktanın yarıçaplarının ortalaması alınmıştır.

3.2.3 Dokusal özelliklerin ölçümü

Örneklerin dokusal özelliklerinin ölçümü için Tekstür Analiz Cihazı (Texture Analyser Model TA Plus, Lloyd Instruments Ltd., İngiltere) ve Nexygen™ yazılımı (Fareham, İngiltere) kullanılmıştır. Van-Hekken ve diğ. (2007)'nin yaptığı çalışma baz alınarak, ölçüm parametreleri belirlenmiştir. Örneklerden silindirik mantar kesici ve tel düzeneği kullanılarak 14,5 mm yüksekliğinde 14,5 mm çapında numuneler alınmıştır. Örnekler, oda sıcaklığına ($20\pm1^{\circ}\text{C}$) gelmeleri için bekletilmiştir. Ölçümlerde 1 kN'luk yük hücresi ve 5 cm çapındaki silindirik prob kullanılmıştır. Örneklerin dokusal özellikleri Tekstür Profil Analizi Yöntemi ile tetik kuvveti 30 gf, başlık hızı 100 mm/dk ve sıkıştırma oranı %50 olacak şekilde ölçülmüştür.

3.2.4 Serbest yağ ölçümü

Kinstedt ve Rippe (1990)'nin yaptığı çalışma baz alınarak örneklerdeki serbest yağ ölçümü gerçekleştirilmiştir. Örneklerden silindirik mantar kesici ve tel düzeneği kullanılarak 5 mm yüksekliğinde ve 17 mm çapında numuneler alınmıştır. Örnekler, filtre kağıdı bulunan kapalı petrilerin orta noktasına yerleştirilmiştir. Örnekler önceden ısıtılmış etüve yerleştirilerek, 110°C 'de 10 dk tutulmuşlardır. Etüvden çıkarılan petriler yarım saat oda sıcaklığında tutularak soğutulmuşlardır. Filtre kağıdındaki yağ sızmasının ölçümü için birbirini 2,5 mm aralıklarla izleyen eş merkezli dairelerden oluşacak şekilde ölçeklendirilmiş bir ölçüm kağıdı kullanılmıştır (Ek A). Yağ sızmasının yarıçapı altı farklı noktadan ölçek aracılığı ile belirlenmiş ve altı noktanın yarıçaplarının ortalaması alınmıştır.

3.2.5 Fenilalanin miktarının belirlenmesi

Bileşenler ve Kaşar örneklerinde fenilalanin miktarını belirlemek için öncelikle protein kaynaklarında bulunan protein asit kullanılarak aminoasitlere parçalanmış ve elde edilen hidrolizatta fenilalanin konsantrasyonu ters faz HPLC yöntemi kullanılarak ölçülmüştür.

3.2.5.1 Proteinin parçalanması

Protein kaynaklarında bulunan protein 6 N HCl (500 mL HCl/1 g protein) kullanılarak vakum altında 110°C 'deki etüvde 24 saat süre ile parçalanmıştır

(Andrensek ve diğ.,2003). Hidroliz sırasında fenilalaninin oksidasyonunu engellemek için 20 mg/mL fenol çözeltisinden 50 µL eklenmiştir (Reddy ve diğ., 1987). Hidrolizattaki HCl döner vakumlu buharlaştırıcıda 65°C’de uçurulduktan sonra oda sıcaklığında soğumaya bırakılır. HCl tamamen uzaklaştırıldıktan sonra hidrolizat 1 mL mobil faz (0,0125 M KH₂PO₄ pH 3,5 ve asetonitril (98:2)) ile karıştırılarak gözenek çapı 0,45 µm olan filtreden geçirilmiştir (Andrensek ve diğ., 2003).

3.2.5.2 Hidrolizattaki fenilalanin konsantrasyonunun ölçülmesi

Protein hidrolizatında bulunan fenilalanin konsantrasyonu ters faz HPLC yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Mobil faz olarak pH’sı 3,5 olan 0,0125M KH₂PO₄ ve asetonitril karışımı kullanılmıştır (Prodoliet ve Bruehlhart, 1993). Fosfat çözeltisinin pH’sı %5 fosforik asit kullanılarak 3,5’a ayarlanmıştır. Fosfat çözeltisi ve asetonitril 98:2 oranında karıştırılmıştır. Karışım gözenek çapı 0,45 µm olan filtreden geçirildikten sonra 5 dk ultrasonik banyoda tutularak gazı uzaklaştırmıştır (Mobil faz günlük olarak nalizden önce hazırlanmıştır).

Uygulanan HPLC koşulları Tablo 3.1’de verilmiştir. Elde edilen piklerin alanı konsantrasyonun belirlenmesinde kullanılmıştır. Alan değerlerinin konsantrasyona dönüştürülmesi için L-fenilalanin (0,1-1 mg/ml) kullanılarak hazırlanan kalibrasyon eğrisi kullanılmıştır.

3.2.6 İstatistiksel analizler

Farklı protein kaynaklarını farklı oranlarda içeren peynir benzeri ürünler arasındaki farklılıklar tek yollu varyans analizi ile belirlenmiştir. Ortalamalar %5 önem düzeyinde Duncan testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Peynir altı suyu protein konsantresi ve yayıkaltı suyu tozu içeren peynir benzeri ürünlerde eritme tuzlarının ve kullanılan protein kaynağının örneklerin yapısal özelliklerine etkileri iki yollu varyans analizi uygulanarak belirlenmiştir. Bu amaçla SPSS (Windows Release 10.0, SPSS Inc., Chicago, A.B.D.) programı kullanılmıştır.

Tablo 3.1: HPLC yöntemi koşulları

HPLC Sistemi:	Waters 2695 ayırma modülü (Waters, Milford, MA, A.B.D.) Waters 2996 PDA dedektörü (Waters, Milford, A.B.D.)
Kolon:	Supelcosil C18, 5 µm, (250 mm x 4,6 mm) (Supelco, Bellenfonte, PA, A.B.D.)
Mobil sistem:	İzokratik
Mobil faz:	Fosfat tampon çözeltisi : asetonitril (98:2)
Mobil faz akış hızı:	0,8 ml / dk.
Kolon sıcaklığı:	25°C
Enjeksiyon hacmi:	20 µl
Dalga boyu:	214 nm
Yazılım	Empower (Waters, Milford, MA, A.B.D.)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Peynir benzeri ürün, daha önce yapılan çalışmalarda belirlenmiş olan ve sert peynirinkine benzer sertlik ve eriyebilirliğe sahip yapı sağlayan bileşim ve üretim yöntemi kullanılarak üretilmiştir (Zallie ve Chiu, 1988; Mounsey ve O’Riordan, 2001; Kızıllöz, 2008). Bileşimde temel olarak küf kökenli α -amilaz ile kısmi olarak parçalanmış vaksımsı mısır nişastası, tereyağı, %5 oranında rennet kazein, κ -karagenan, sitrik asit, tuz ve su bulunmaktadır. Bu bileşimde protein kaynağı olarak kullanılan rennet kazein yerine yine süt kaynaklı olan sodyum kazeinat, peyniraltı suyu protein konsantresi ve yayıkaltı suyu tozu kullanımı denenmiştir. Protein kaynakları protein oranının biraz daha azaltılması amacıyla %2 oranında da denenmişlerdir. Farklı protein kaynaklarını farklı oranlarda içeren örnekler hazırlanmış ve yapısal özellikleri değerlendirilmiştir.

4.1 Farklı Protein Kaynaklarının Peynir Benzeri Ürünün Eriyebilirliğine ve Serbest Yağ Değerine Etkileri

Örneklerin hiçbirinde serbest yağ tespit edilmemiştir. Buna bağlı olarak tüm ürünlerde yağın yapıda yeterli düzeyde emülsifiye edildiği söylenebilir. Protein kaynakları arasında %5 rennet kazeinli örneğin en yüksek eriyebilirliği sağladığı bulunmuştur. Sodyum kazeinatın ise daha düşük oranda eriyebilir bir yapı sağladığı bulunmuştur (Tablo 4.1). Kazeinatların kazeine göre daha yüzey aktif bileşenler olduğu ve kazein miselleri ile elde edilen emülsiyonunun kazeinatlara göre daha zayıf olduğu bildirilmiştir (Courthaudon ve diğ., 1999). Sodyum kazeinatın rennet kazeine göre daha iyi emülsifikasyon özelliği göstermesinden dolayı sodyum kazeinatlı üründe eriyebilirliğin rennet kazeinli örneğe göre azaldığı düşünülmektedir.

%5 peynir altı suyu protein konsantresi içeren örnekte erimenin engellendiği ancak %2 peynir altı suyu protein konsantresi içeren örnekte erimenin engellenmediği gözlenmiştir. Daha önce eritme peyniri ve eritme peyniri benzeri ürünlerde yapılan çalışmalarda peynir altı suyu proteinlerinin kullanılmasının eriyebilirliği azalttığı

Tablo 4.1: Farklı Protein Kaynakları Kullanılarak Üretilen Peynir Benzeri Ürünlerde Eriyebilirlik

Örnekteki Protein kaynağı ¹	Protein oranı (%)	Eriyebilirlik (puan) ³
Rennet kazein ²	5	3 ± 0 ^a
Sodyum kazeinat ²	5	1 ± 0 ^b
Peyniraltı suyu protein konsantresi	5	0 ^c
Yayıkaltı suyu tozu	5	0 ^c
Rennet kazein ²	2	2 ± 0,7 ^b
Sodyum kazeinat ²	2	1 ± 0 ^b
Peyniraltı suyu protein konsantresi	2	1 ± 0 ^b
Yayıkaltı suyu tozu	2	1 ± 0 ^b

¹ Örneklerde %20 tereyağı, %1,5 κ -karagenan, %0,5 tuz, %0,3 sitrik asit ve küf kökenli α -amilaz enzimi (0,0037 g enzim/g nişasta) bulunmaktadır. %5 protein kaynağı içeren örneklerde %22,38, %2 protein kaynağı içeren örneklerde %25,57 vaksımsı mısır nişastası bulunmaktadır. Geri kalan yüzdede distile su bulunmaktadır.

²Rennet kazein ve sodyum kazeinatlı örneklerdeki proteinleri çözmek için trisodyum sitrat (0,044 g / g protein) ve disodyum fosfat (0,02 g / g protein) tuzları kullanılmaktadır.

³ Ortalama $\pm$ standart sapma (n=2). Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli değildir (P>0,05).

bildirilmiştir (Savello ve diğ., 1989; Mleko ve Foegeding, 2000). Eriyebilirlikteki azalma peynir altı suyu proteinlerinin kazein ağında aktif doldurucu olarak yer alıp daha güçlü karışık bir jel yapısına neden olmaları ve bu proteinlerin yağ globülleri etrafında oluşturduğu lifli yapıyla ilişkilendirilmiştir (Savello ve diğ., 1989; Mleko ve Foegeding, 2000).

Yayıkaltı suyu tozunun da peynir benzeri üründe peynir altı suyu protein konsantresine benzer bir etki göstermiştir. Yayıkaltı suyu tozu yüksek oranda fosfolipid içermektedir bu nedenle yağ ile daha dayanıklı bir emülsiyon oluşturmuş olabilir. Yayıkaltı suyu tozunun %5 oranında kullanıldığı örnekte dayanıklı emülsiyon oluşturması nedeniyle erime engellenmişken, yayıkaltı suyu tozunun %2 oranında kullanıldığı örnekte emülsiyon zayıfladığından düşük düzeyde olsa da erime gözlenmiştir.

4.2 Farklı Protein Kaynaklarının Peynir Benzeri Ürünün Dokusal Özelliklerine Etkileri

Sodyum kazeinatın %5 ve %2 oranlarında kullanıldığı ve rennet kazeinin %5 oranında kullanıldığı peynir benzeri örnek sertlik, esneklik, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik özellikleri açısından Kaşar peynirine yaklaşmış olduğu belirlenmiştir. Peyniraltı suyu protein konsantresinin %2 ve %5 oranında kullanıldığı peynir benzeri ürünlerin ise en zayıf yapısal özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.2). κ -Karagenan ve kazeinler arasındaki olası etkileşimden dolayı sodyum kazeinat ve rennet kazeinle elde edilen ürünlerin daha dayanıklı bir yapıya sahip olduğu düşünülebilir. Xu ve diğ. (1992), κ -karagenanın κ -kazeinlerle stabil kompleks oluşturduğu, ancak κ -karagenan ve serum proteinleri arasında ölçülebilir bir etkileşim olmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca peynir altı suyu protein konsantresiyle üretilen peynir benzeri ürünün kabul edilemez düzeyde yapışkan yapıda olduğu, renginin koyu ve mat olduğu gözlenmiştir.

%5 rennet kazeinle üretilen peynir benzeri ürün %5 sodyum kazeinatla üretilen ürüne göre daha yumuşak ve daha az esnek olduğu bulunmuştur (Tablo 4.2). Bu ürünün dış yapışkanlığının ve çiğnenebilirliğinin %5 sodyum kazeinatlı örneğe göre daha düşük olduğu bulunmuştur. Bu iki örneğin iç yapışkanlık değerleri ise benzerlik göstermektedir. %5 yayıkaltı suyu tozu kullanılan ürünün sertlik, çiğnenebilirlik ve esneklik özellikleri, %5 sodyum kazeinatlı ve %5 rennet kazeinli örneklerin özellikleri ile karşılaştırıldığında değerleri daha düşük bulunurken, %5 peyniraltı suyu konsantresi içeren örneğin özellikleri ile karşılaştırıldığında değerleri daha yüksektir. Yayıkaltı suyu tozunda bulunan protein miktarı yaklaşık olarak %31 civarlarındayken rennet kazein ve sodyum kazeinata sırasıyla yaklaşık olarak %83 ve %86 protein bulunmaktadır (Walstra ve diğ., 2006). Yayıkaltı suyu tozu içeren örneğin daha düşük oranda protein içermesinden dolayı rennet kazein ve sodyum kazeinata göre daha zayıf dokusal yapıya sahip olduğu düşünülmektedir. Ayrıca yayıkaltı suyu tozunda doğal bir emülgatör olan fosfolipidler bulunmaktadır (Corredig ve diğ., 2003). Bu nedenle yayıkaltı suyu tozu ile üretilen örneğin, fosfolipidlerin yapıda iyi bir emülsiyon oluşturmasından dolayı peyniraltı suyu protein konsantresinden üretilen ürüne göre daha iyi bir yapıya sahip olduğu düşünülmektedir.

Tablo 4.2: Farklı Protein Kaynakları ile Üretilen Peynir Benzeri Ürünlerin Dokusal Özellikleri¹

Örnekteki protein kaynağı ²	Protein oranı (%)	Sertlik (N)	İç yapışkanlık	Esneklik (mm)	Çiğnenebilirlik (Nmm)	Kırılma Kuvveti (N)	Dış Yapışkanlık (Nmm)
Rennet kazein ³	5	25,98±1,39 ^b	0,11±0,01 ^{ab}	2,86±0,13 ^b	7,65±1,40 ^b	0,38±0,04 ^a	1,48±0,08 ^{bc}
Sodyum kazeinat ³	5	30,78±2,54 ^a	0,13±0,03 ^a	3,42±0,30 ^a	13,89±5,34 ^a	0,29±0,01 ^b	2,28±0,04 ^a
Peyniraltı suyu protein konsantresi	5	12,39±0,08 ^d	0,04±0,01 ^e	1,33±0,01 ^e	0,61±0,01 ^d	0,28±0,01 ^b	1,03±0,04 ^c
Yayıkaltı suyu tozu	5	16,99±2,24 ^c	0,08±0,01 ^{bc}	2,39±0,11 ^c	3,16±0,34 ^{bcd}	0,31±0,04 ^{ab}	1,90±0,30 ^{ab}
Rennet kazein ³	2	18,71±0,15 ^c	0,05±0,00 ^{cde}	1,79±0,09 ^d	1,69±0,08 ^{cd}	0,33±0,01 ^{ab}	1,91±0,01 ^{ab}
Sodyum kazeinat ³	2	30,66±0,01 ^a	0,08±0,01 ^c	2,60±0,08 ^{bc}	6,14±0,95 ^{bc}	0,33±0,01 ^{ab}	1,25±0,20 ^c
Peyniraltı suyu protein konsantresi	2	10,44±0,11 ^d	0,03±0,01 ^e	1,10±0,17 ^e	0,30±0,11 ^d	0,27±0,02 ^b	1,37±0,15 ^{bc}
Yayıkaltı suyu tozu	2	17,35±0,04 ^c	0,06±0,00 ^{cd}	1,91±0,14 ^d	1,93±0,25 ^{cd}	0,36±0,06 ^a	2,31±0,57 ^a

¹ Ortalama ± standart sapma (n=2). Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen örnekler arasında farklılıklar önemli değildir (P>0,05).

² Örneklerde %20 tereyağı, %1,5 κ-karagenan, %0,5 tuz, %0,3 sitrik asit ve küf kökenli α-amilaz enzimi (0,0037 g enzim/g nişasta) bulunmaktadır. %5 protein kaynağı içeren örneklerde %22,38, %2 protein kaynağı içeren örneklerde %25,57 vaksımsı mısır nişastası bulunmaktadır. Geri kalan yüzdede distile su bulunmaktadır.

³Rennet kazein ve sodyum kazeinatlı örneklerdeki proteinleri çözmek için trisodyum sitrat (0,044 g / g protein) ve disodyum fosfat (0,02 g / g protein) tuzları kullanılmaktadır.

Peyniraltı suyu protein konsantresi ile üretilen peynir benzeri örneklerin sertlik, iç yapışkanlık, esneklik ve çiğnenebilirlik özellikleri düşük bulunmuştur. Ancak Mleko ve Foegeding (2000)'in yaptığı bir çalışmada, eritme peyniri benzeri bir üründe peynir altı suyu proteinlerinin kullanımı ile daha sert ancak daha kırılabilir bir peynir yapısı elde edildiği bildirilmiştir. Bahsedilen çalışmada ürün yapısında kazein ağ yapısı hakimdir, peynir altı suyu proteinleri bu ağ yapısında aktif doldurucu olarak yer almaktadır. Bu çalışmada ise, peynir altı suyu konsantresi üründe tek protein kaynağı olarak kullanılmıştır ve vaksımsı mısır nişastasıyla beraber yapı oluşturmaktadır.

4.3 Eritme Tuzlarının Yayıkaltı Suyu Tozu ve Peynir Altı Suyu Protein Konsantresiyle Üretilen Peynir Benzeri Ürünlerin Yapısal Özelliklerine Etkisi

Rennet kazein ve sodyum kazeinatla üretilen peynir benzeri ürünlerde proteini dağıtmak amacıyla kullanılan disodyum fosfat ve trisodyum sitrat eritme tuzları yayıkaltı suyu tozu ve peynir altı suyu protein konsantresi kullanılarak üretilen peynir benzeri ürünlerde kullanılmamıştır. Eritme tuzlarının yayıkaltı suyu tozu ve peynir altı suyu protein konsantresinin %2 ve %5 oranında kullanıldığı peynir benzeri ürünlerde etkili olup olmadığı ayrı ayrı incelenmiştir (Tablo 4.3; Tablo 4.4). Yayıkaltı suyu tozu ve peynir altı suyu protein konsantresinin %5 oranında kullanıldığı peynir benzeri ürünlerde sertlik, esneklik, çiğnenebilirlik ve dış yapışkanlık üzerinde sadece protein kaynağının etkili olduğu, eritme tuzlarının yapısal özelliklere etkili olmadığı bulunmuştur (Tablo C.3; Tablo C.5; Tablo C.6; Tablo C.8). Yayıkaltı suyu tozu ve peynir altı suyu protein konsantresinin %2 oranında kullanıldığı peynir benzeri ürünlerde sertlik ve çiğnenebilirliği üzerinde protein kaynağı türünün ve eritme tuzlarının etkili olduğu bulunmuştur (Tablo C.10; Tablo C.13). Protein kaynağını %2 oranında içeren peynir benzeri ürünleri eritme tuzları eklenenler ve eklenmeyenler olarak ayrı ayrı değerlendirdiğimizde yayıkaltı suyu tozundan üretilen peynir benzeri ürününün peynir altı suyu protein konsantresinden üretilene göre daha sert ve çiğnenebilirliğinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Her iki protein kaynağı türünde de eritme tuzları eklenen örneklerin daha sert ve çiğnenebilirliğinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ürünlerdeki

eriyebilirlik protein kaynağına bağlı olarak eritme tuzundan etkilendiği belirlenmiştir (Tablo C.9). Yayıkaltı suyu tozunun kullanıldığı peynir benzeri üründe eritme tuzları eriyebilirliği engellemişken, peynir altı suyu protein konsantresinden üretilen örnekte eriyebilirlikte değişim görülmemiştir. Peynir benzeri ürünün iç yapışkanlık ve esneklik özellikleri üzerinde ise protein kaynağı türü, kullanılan eritme tuzları ve bunların etkileşiminin etkili oldukları bulunmuştur (Tablo C.11; Tablo C.12). Yayıkaltı suyu tozundan üretilen peynir benzeri ürün peynir altı suyu protein konsantresinden üretilen ürüne göre daha bütün ve daha esnektir. Eritme tuzları eklenen %2 protein içeren peynir benzeri ürünlerde iç yapışkanlık ve esneklikteki artış eğilimi peynir altı suyu protein konsantresinden üretilen örneklerde yayıkaltı suyu tozundan üretilenlere göre daha fazladır (Şekil C.3; Şekil C.4). Protein kaynağını %2 oranında içeren peynir benzeri ürünlerde kırılma kuvveti ve dış yapışkanlık değerleri arasında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir.

Yayıkaltı suyu tozu ve peynir altı suyu protein konsantresinin %2 oranında kullanıldığı peynir benzeri ürünlerde eritme tuzlarının κ -karagenanı etkileyerek yapısal özelliklerinin etkilediği düşünülmektedir. Karagenanın jel özellikleri çözeltide bulunan katyonlardan ve katyon miktarından önemli oranda etkilendiği bildirilmiştir (Imeson, 2000). Bu proteinlerin %5 oranında kullanıldığı örneklerde protein kaynağının daha yüksek oranda bulunması nedeniyle yapının oluşmasında protein kaynaklarının daha etkili olduğu düşünülmektedir. Protein kaynaklarının %2 oranında bulunduğu örneklerde ise yapının oluşmasında κ -karagenanın yapıya katkısının %5 protein içeren örneğe göre daha fazla olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple eritme tuzlarının protein kaynaklarının %2 oranında kullanıldığı örneklerde etkili olduğu düşünülmektedir.

Tablo 4.3: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %5 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerin Yapısal Özellikleri¹

Örnekteki protein kaynağı ²	Disodyum fosfat (g)	Trisodyum sitrat (g)	Eriyebilirlik (puan)	Sertlik (N)	İç yapışkanlık	Esneklik (mm)	Çiğnenebilirlik (Nmm)	Kırılma Kuvveti (N)	Dış Yapışkanlık (Nmm)
Yayıkaltı suyu tozu	0.098	0.22	0±0	16.82±0.47 ^a	0.07±0.02	2.19±0.15 ^a	2.67±0.93 ^a	0.30±0.03	1.95±0.08 ^a
Yayıkaltı suyu tozu	-	-	0±0	16.95±2.29 ^a	0.08±0.02	2.39±0.12 ^a	3.16±0.34 ^a	0.31±0.03	1.90±0.31 ^a
Peynir altı suyu protein konsantresi	0.098	0.22	0±0	16.37±0.42 ^a	0.07±0.01	1.77±0.08 ^b	2.01±0.24 ^{ab}	0.26±0.00	1.40±0.05 ^b
Peynir altı suyu protein konsantresi	-	-	0±0	12.39±0.09 ^b	0.04±0.00	1.33±0.01 ^c	0.61±0.01 ^b	0.28±0.01	1.03±0.04 ^b

¹ Ortalama ± standart sapma (n=2). Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen örnekler arasında farklılıklar önemli değildir (P>0,05).

² Örneklerde %22,38, %20 tereyağı, %1,5 κ-karagenan, %0,5 tuz, %0,3 sitrik asit ve küf kökenli α-amilaz enzimi (0,0037 g enzim/g nişasta) bulunmaktadır. Geri kalan yüzdede distile su bulunmaktadır.

Tablo 4.4: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerin Yapısal Özellikleri¹

Örnekteki protein kaynağı ¹	Disodyum fosfat (g)	Trisodyum sitrat (g)	Eriyebilirlik (puan)	Sertlik (N)	İç yapışkanlık	Esneklik (mm)	Çiğnenebilirlik (Nmm)	Kırılma Kuvveti (N)	Dış Yapışkanlık (Nmm)
Yayıkaltı suyu tozu	0.098	0.22	0±0.00 ^b	21.94±2.04 ^a	0.08±0.00 ^a	2.53±0.00 ^a	4.38±0.12 ^a	0.30±0.01	1.50±0.11
Yayıkaltı suyu tozu	-	-	1±0.00 ^a	17.35±0.03 ^b	0.06±0.00 ^b	1.91±0.14 ^b	1.93±0.25 ^c	0.36±0.05	2.31±0.57
Peynir altı suyu protein konsantresi	0.098	0.22	1±0.00 ^a	18.18±0.51 ^{ab}	0.08±0.01 ^a	2.25±0.02 ^a	3.22±0.21 ^b	0.28±0.01	1.06±0.38
Peynir altı suyu protein konsantresi	-	-	1±0.00 ^a	10.44±0.11 ^c	0.03±0.01 ^c	1.10±0.17 ^c	0.30±0.11 ^d	0.27±0.02	1.36±0.15

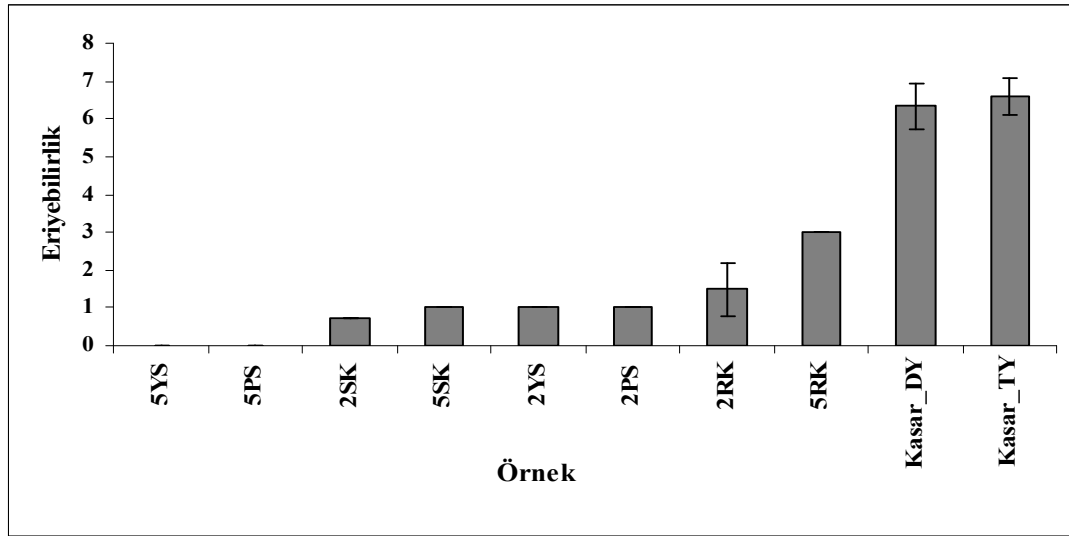
¹ Ortalama ± standart sapma (n=2). Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen örnekler arasında farklılıklar önemli değildir (P>0,05).

² Örneklerde %25,57, %20 tereyağı, %1,5 κ-karagenan, %0,5 tuz, %0,3 sitrik asit ve küf kökenli α-amilaz enzimi (0,0037 g enzim/g nişasta) bulunmaktadır. Geri kalan yüzdede distile su bulunmaktadır.

4.4 Farklı Protein Kaynakları Kullanılarak Üretilen Peynir Benzeri Ürünlerin Kaşar Peyniri ile Yapısal Özellikler Açısından Karşılaştırılması

Farklı protein kaynaklarının farklı oranlarda denenmesi sonucunda elde edilen peynir benzeri ürünlerin eriyebilirlik ve dokusal özellikleri piyasadan temin edilen tam yağlı ve düşük yağlı Kaşar peynirlerinin yapısal özelliklerinin ortalamalarıyla karşılaştırılmıştır (Şekil 4.2; Şekil 4.3; Şekil 4.4; Şekil 4.5; Şekil 4.6; Şekil 4.6; Şekil 4.7).

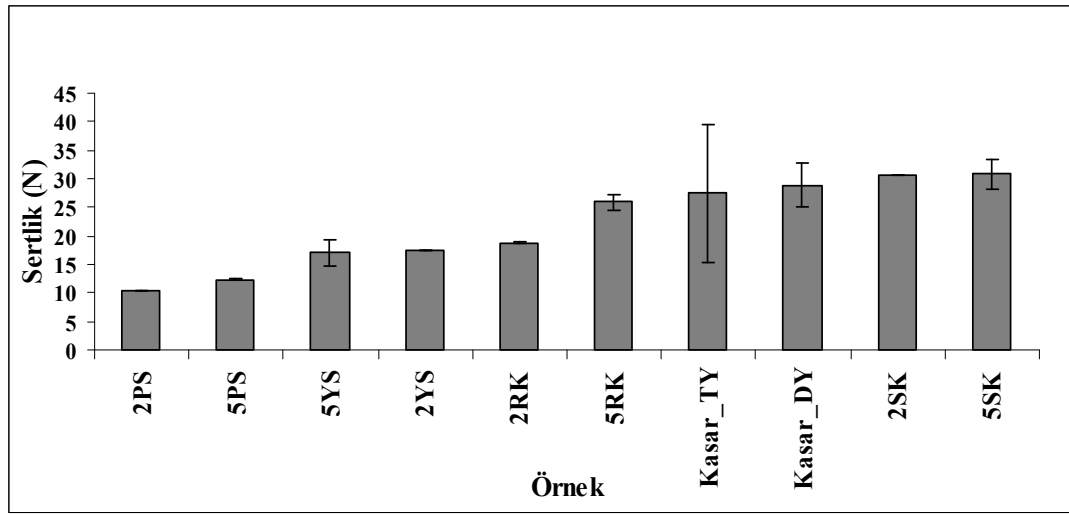
Örneklerin eriyebilirlikleri Kaşar peynirinkine göre düşük bulunmuştur. Peynirde eriyen ana bileşenin yağ olduğu bilinmektedir. Peynirde bulunan kazein ve serum proteinlerinin erimeyi etkilemediği, fakat bunların kendi aralarında ve birbirleriyle olan etkileşimlerinin ısı etkisiyle değişebileceği ve bunun erimeyi etkileyebileceği bildirilmiştir (Lucey ve diğ., 2003). Ayrıca peynirin erime düzeyinin yapıdaki emülsiyonun dayanıklılığı ile ters orantılı olduğu bildirilmektedir (Shirashoji ve diğ., 2006). Bu çalışmadaki peynir benzeri ürünlerdeki erimenin, yağın varlığı ve yapıdaki



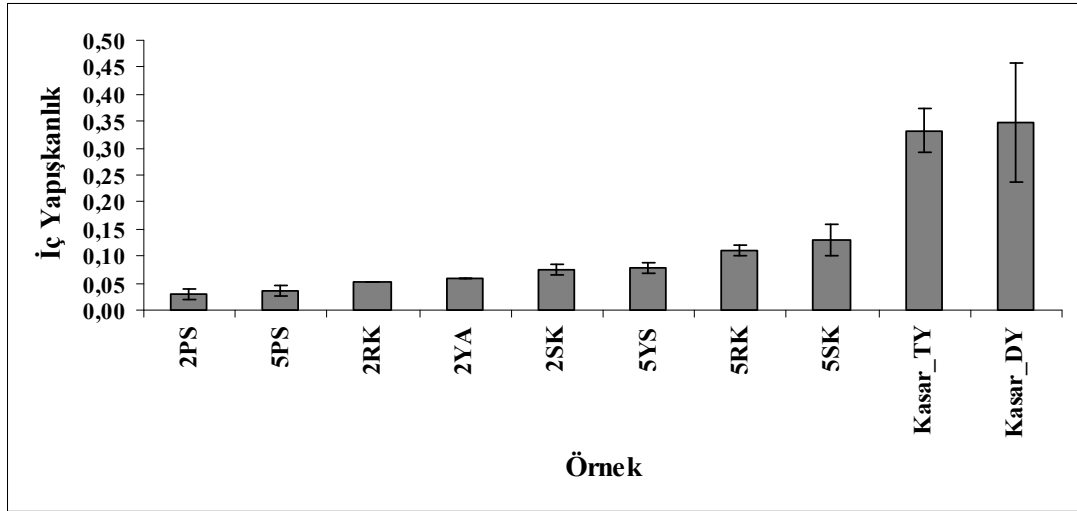
Şekil 4.2: Düşük ve Tam Yağlı Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Farklı Protein Kaynağı ile Üretilen Örneklerde Eriyebilirlik (Kasar_DY: Düşük yağlı Kaşar peyniri, Kasar_TY: Tam yağlı Kaşar peyniri, 5RK: %5 Rennet kazein, 5SK: %5 Sodyum kazeinat, 5YS: %5 Yayıkaltı suyu tozu, 5PS: %5 Peynir altı suyu protein konsantresi, 2RK: %2 Rennet kazein, 2SK: %2 Sodyum kazeinat, 2YS: %2 Yayıkaltı suyu tozu, 2PS: %2 Peynir altı suyu protein konsantresi)

emülsiyonun dayanıklılığı yanında yapıyı oluşturan diğer bileşenlerin ısıya karşı dayanıklı olmaları ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Yapıda α -amilaz ile kısmi olarak parçalanmış vaksımsı mısır nişastasası ile elde edilen yumuşak jel yapısı κ -karagenan ile sertleştirilmiştir. Yapıda bulunan κ -karagenanın ısı ile tersinir jel oluşturduğu bilinmektedir (Funami ve diğ., 1998). Vaksımsı mısır nişastasasının içerdiği amilopektinin yumuşak ve yapışkan bir jel oluşturduğu ve ısı etkisi ile jelin zayıflayarak hafif bir akma gösterdiği gözlenmiştir. Dolayısıyla yapıdaki erimede ısı etkisiyle α -amilaz ile kısmi olarak parçalanmış vaksımsı mısır nişastasasında ve κ -karagenanda meydana gelen değişiklikler de etkilidir.

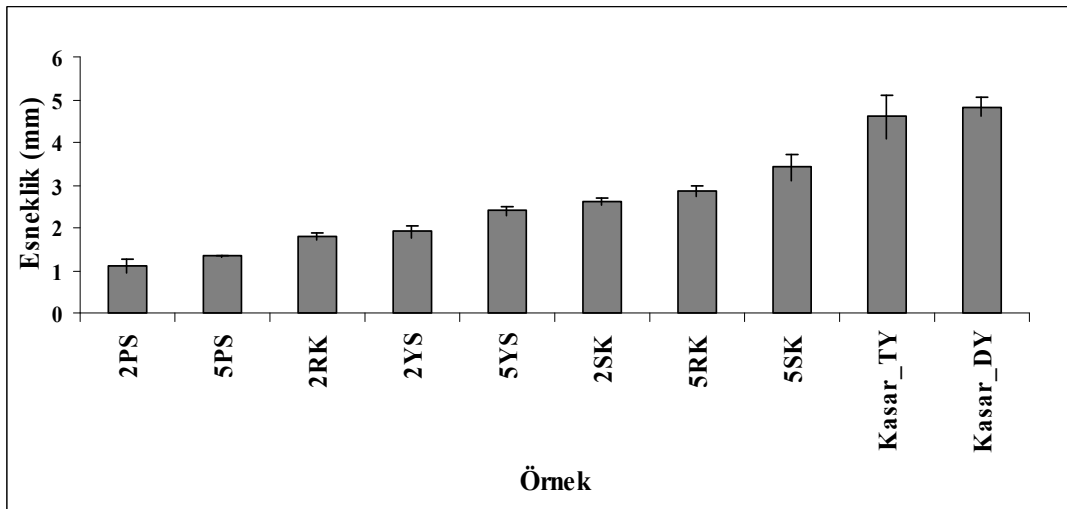
Sodyum kazeinat ve rennet kazeinle üretilen peynir benzeri ürünlerin Kaşar peynirine benzer sertlikte olduğu, esneklik ve kırılma kuvveti gibi dokusal özellikler açısından Kaşar peynirine yaklaştığı tespit edilmiştir. Ancak ürünlerin iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik özellikleri açısından Kaşar peynirine benzemediği görülmüştür.



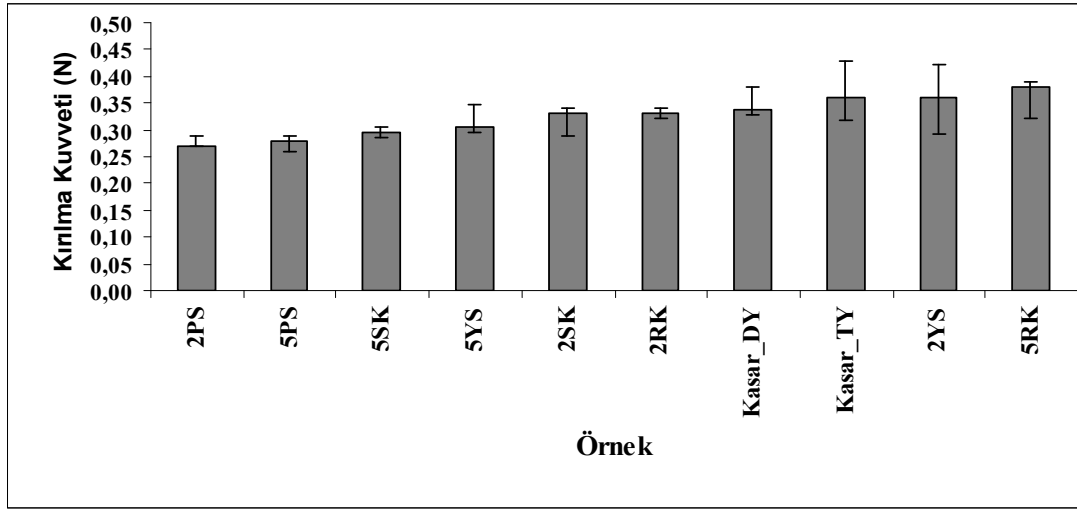
Şekil 4.3: Düşük ve Tam Yağlı Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Farklı Protein Kaynağı ile Üretilen Örneklerde Sertlik (Kasar_DY: Düşük yağlı Kaşar peyniri, Kasar_TY: Tam yağlı Kaşar peyniri, 5RK: %5 Rennet kazein, 5SK: %5 Sodyum kazeinat, 5YS: %5 Yayıkalı suyu tozu, , 5PS: %5 Peynir altı suyu protein konsantresi, 2RK: %2 Rennet kazein, 2SK: %2 Sodyum kazeinat, 2YS: %2 Yayıkalı suyu tozu, , 2PS: %2 Peynir altı suyu protein konsantresi)



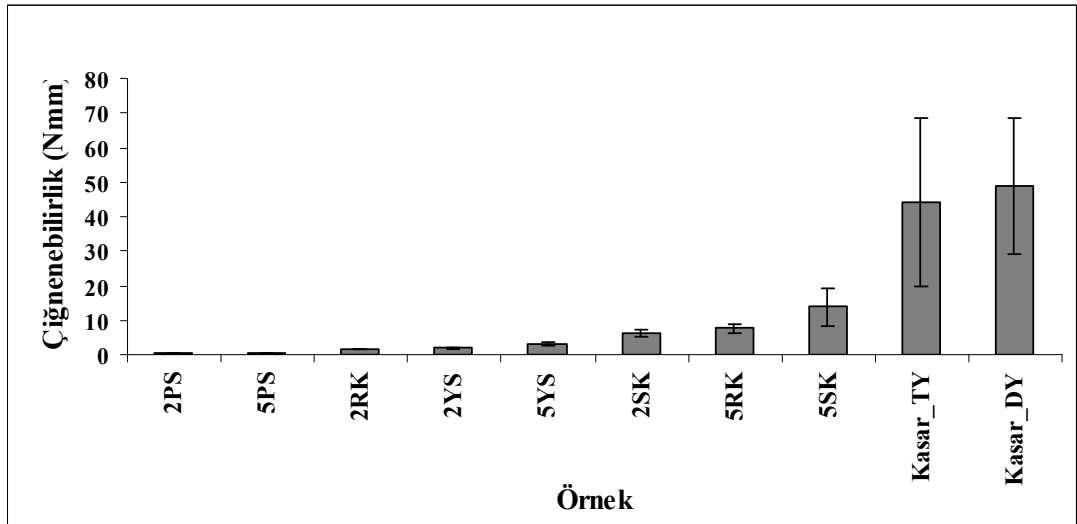
Şekil 4.4: Düşük ve Tam Yağlı Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Farklı Protein Kaynağı ile Üretilen Örneklerde İç Yapışkanlık (Kasar_DY: Düşük yağlı Kaşar peyniri, Kasar_TY: Tam yağlı Kaşar peyniri, 5RK: %5 Rennet kazein, 5SK: %5 Sodyum kazeinat, 5YS: %5 Yayıkalıtı suyu tozu, , 5PS: %5 Peynir altı suyu protein konsantresi, 2RK: %2 Rennet kazein, 2SK: %2 Sodyum kazeinat, 2YS: %2 Yayıkalıtı suyu tozu, , 2PS: %2 Peynir altı suyu protein konsantresi)



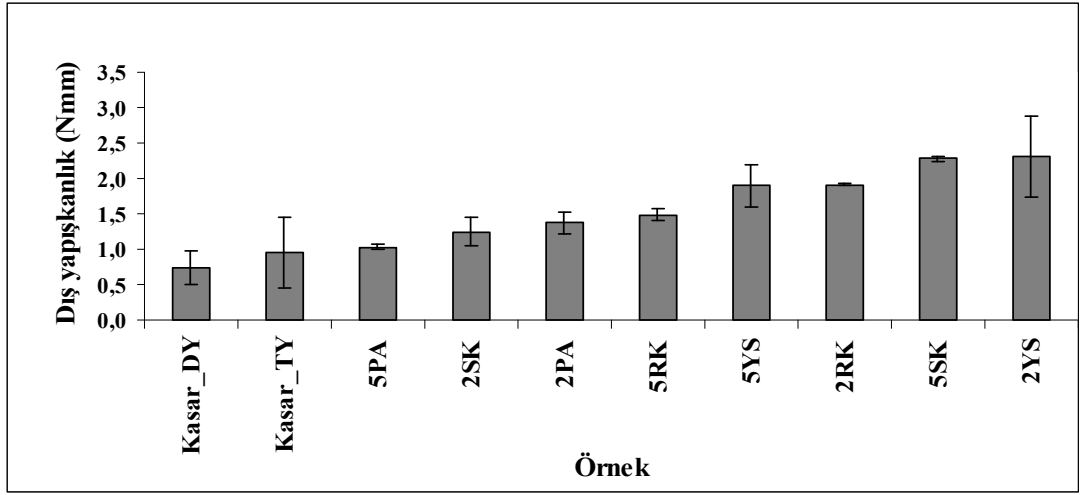
Şekil 4.5: Düşük ve Tam Yağlı Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Farklı Protein Kaynağı ile Üretilen Örneklerde Esneklik (Kasar_DY: Düşük yağlı Kaşar peyniri, Kasar_TY: Tam yağlı Kaşar peyniri, 5RK: %5 Rennet kazein, 5SK: %5 Sodyum kazeinat, 5YS: %5 Yayıkalıtı suyu tozu, , 5PS: %5 Peynir altı suyu protein konsantresi, 2RK: %2 Rennet kazein, 2SK: %2 Sodyum kazeinat, 2YS: %2 Yayıkalıtı suyu tozu, , 2PS: %2 Peynir altı suyu protein konsantresi)



Şekil 4.6: Düşük ve Tam Yağlı Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Farklı Protein Kaynağı ile Üretilen Örneklerde Kırılma Kuvveti (Kasar_DY: Düşük yağlı Kaşar peyniri, Kasar_TY: Tam yağlı Kaşar peyniri, 5RK: %5 Rennet kazein, 5SK: %5 Sodyum kazeinat, 5YS: %5 Yayıkaltı suyu tozu, , 5PS: %5 Peynir altı suyu protein konsantresi, 2RK: %2 Rennet kazein, 2SK: %2 Sodyum kazeinat, 2YS: %2 Yayıkaltı suyu tozu, , 2PS: %2 Peynir altı suyu protein konsantresi)



Şekil 4.7: Düşük ve Tam Yağlı Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Farklı Protein Kaynağı ile Üretilen Örneklerde Çiğnenebilirlik (Kasar_DY: Düşük yağlı Kaşar peyniri, Kasar_TY: Tam yağlı Kaşar peyniri, 5RK: %5 Rennet kazein, 5SK: %5 Sodyum kazeinat, 5YS: %5 Yayıkaltı suyu tozu, , 5PS: %5 Peynir altı suyu protein konsantresi, 2RK: %2 Rennet kazein, 2SK: %2 Sodyum kazeinat, 2YS: %2 Yayıkaltı suyu tozu, , 2PS: %2 Peynir altı suyu protein konsantresi)



Şekil 4.8: Düşük ve Tam Yağlı Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Farklı Protein Kaynağı ile Üretilen Örneklerde Dış Yapışkanlık (Kasar_DY: Düşük yağlı Kaşar peyniri, Kasar_TY: Tam yağlı Kaşar peyniri, 5RK: %5 Rennet kazein, 5SK: %5 Sodyum kazeinat, 5YS: %5 Yayıkaltı suyu tozu, 5PS: %5 Peynir altı suyu protein konsantresi, 2RK: %2 Rennet kazein, 2SK: %2 Sodyum kazeinat, 2YS: %2 Yayıkaltı suyu tozu, 2PS: %2 Peynir altı suyu protein konsantresi)

Bu çalışmada üretilen peynir benzeri ürünler nişasta bazlı ve düşük protein içeren bir yapıya sahiptirler. Sütten üretilen peynir ise protein bazlı bir yapıya sahiptir. Ayrıca üretilen peynir benzeri ürün farklı bileşenlere sahip olmasından dolayı heterojen bir yapıya sahiptir. Nişasta ile protein arasında herhangi bir ortak yapı oluşmadığı ve her iki bileşenin kendi arasında yapı oluşturduğu daha önceki çalışmalarda da bildirilmiştir (Mounsey ve O’Riordian, 2007a). Yapılan çalışmadaki ürün yapısında nişastanın α -amilazla parçalanması ve elde edilen yumuşak jel yapısının κ -karagenanla bütünleştirilmesi temeldir. Sütten üretilen peynirde ise protein ağınnın oluşumu temeldir.

Dimitrelli ve Thomasareis (2007) ticari Mozzarella peynirleri ile yaptıkları dokusal analiz çalışmasında peynirlerin bileşimlerini dokusal parametreler ile ilişkilendirmişlerdir. Dış yapışkanlık haricindeki dokusal özelliklerin artan protein oranına bağlı olduğu bildirilmiştir. Dokusal parametrelerin yapının deformasyonlara karşı dayanıklılığını, yapıdaki bağların sayısını ve gücünü ifade ettiği bildirilmiştir (Dimitrelli ve Thomasareis, 2007). Bu çalışmada farklı protein kaynaklarıyla üretilen peynir benzeri ürünlerde yapıda düşük oranda protein bulunması, yapıya hakim bileşenin hidrolize edilmiş nişasta olması, yapının birden fazla

hidrokolloidlerden meydana gelmiş olması ve bu hidrokolloidlerin ortak bir yapı oluşturmaması, sertlik dışındaki bu dokusal özelliklerin peynir benzeri ürünlerde ticari Kaşar peynirlerinkilere göre düşük çıkmasının nedenleri olarak düşünülmektedir.

4.5 Protein Kaynaklarındaki ve Kaşar Ticari Peynirlerindeki Fenilalanin Konsantrasyonunun Belirlenmesi

Bu çalışmadaki peynir benzeri ürün fenilketonüri hastalarına yönelik bir üründür. Bu nedenle içerdiği fenilalanin miktarı ürünün tüketilebilirliği açısından önemlidir. Bu sebeple kullanılan protein kaynaklarındaki fenilalanin konsantrasyonu belirlenmiştir. Tüm protein kaynaklarında fenilalanin saptanmış ve en düşük konsantrasyonun yayıkaltı suyu tozunda bulunduğu saptanmıştır (Tablo 4.5). Yayıkaltı suyu tozundaki protein miktarı diğer protein kaynaklarına göre az olduğundan içerdiği fenilalanin konsantrasyonu da düşük bulunmuştur.

Hazırlanan örneklerde bulunan fenilalanin konsantrasyonunun Kaşar peynirindeki fenilalanin konsantrasyonu ile karşılaştırılması amacıyla 5 farklı markaya ait 8 adet Kaşar peynirinin fenilalanin konsantrasyonları da belirlenmiştir (Tablo 4.6). Kaşar peynirlerinde ortalama olarak %1,23 oranında fenilalanin bulunmaktadır.

Tablo 4.5: Peynir Benzeri Üründe Kullanılan Farklı Protein Kaynaklarında Bulunan Fenilalanin Miktarı

Örnek	Fenilalanin konsantrasyonu (%) ¹
Rennet Kazein	3,22±0,52
Sodyum kazeinat	3,84±0,19
Peynir altı suyu konsantresi	3,92±0,01
Yayıkaltı suyu tozu	0,90±0,04

¹Ortalama ± standart sapma (n=3).

Peynir benzeri ürünlerde bulunan bileşenlerin miktarları ve içerdikleri fenilalanin konsantrasyonları kullanılarak ürünlerde bulunabilecek fenilalanin konsantrasyonları hesaplanmıştır (Tablo 4.7). Peynir benzeri üründe protein oranının düşürülerek %5 oranında rennet kazein kullanılması ile fenilalanin konsantrasyonu Kaşar peynirindekine kıyasla yaklaşık olarak 6 kat azaltılmıştır. Protein kaynağı oranı

%2'ye düşürüldüğünde ise fenilalanin konsantrasyonunun daha yüksek düzeyde azaltılacağı görülmektedir.

Tablo 4.6: Ticari Kaşar Peynirlerinde Belirlenen Fenilalanin Konsantrasyonu

Peynir	Fenilalanin konsantrasyonu (%) ¹
Tam yağlı Kaşar peyniri 1	1,17±0,05
Tam yağlı Kaşar peyniri 2	1,04±0,05
Tam yağlı Kaşar peyniri 3	1,07±0,03
Tam yağlı Kaşar peyniri 4	1,30±0,13
Tam yağlı Kaşar peyniri 5	1,67±0,03
Düşük yağlı Kaşar peyniri 1	1,13±0,06
Düşük yağlı Kaşar peyniri 2	1,16±0,00
Düşük yağlı Kaşar peyniri 3	1,28±0,14

¹Ortalama ± standart sapma (n=3).

Tablo 4.7: Peynir Benzeri Ürünlerde İçerdikleri Bileşenlere Bağlı Olarak Hesaplanan Fenilalanin Konsantrasyonları

Örnekteki Protein kaynağı ²	Protein oranı (%)	Tahmin edilen fenilalanin konsantrasyonu (%) ¹
Rennet kazein	5	0,17
Sodyum kazeinat	5	0,20
Peyniraltı suyu protein konsantresi	5	0,21
Yayıkaltı suyu tozu	5	0,06
Rennet kazein ³	2	0,08
Sodyum kazeinat ³	2	0,09
Peyniraltı suyu protein konsantresi	2	0,09
Yayıkaltı suyu tozu	2	0,03

¹ Peynir benzeri ürünlerin fenilalanin miktarları hesaplanırken protein kaynakları için HPLC analizi ile elde edilen değerler, tereyağı için 0,041 g FA / 100 g (USDA, 2008), vaksımsı mısır nişastası için 0,005 g / 30 g (USDA, 2008) değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.

² Örneklerde %20 tereyağı, %1,5 κ-karagenan, %0,5 tuz, %0,3 sitrik asit, küf kökenli α-amilaz enzimi (0,0037 g enzim/g nişasta) bulunmaktadır. %5 protein kaynağı içeren örneklerde %22,38, %2 protein kaynağı içeren örneklerde %25,57 vaksımsı mısır nişastası bulunmaktadır. Geri kalan yüzdede distile su bulunmaktadır.

³ Rennet kazein ve sodyum kazeinatlı örneklerdeki proteinleri çözmek için trisodyum sitrat (0,044 g / g protein) ve disodyum fosfat (0,02 g / g protein) tuzları kullanılmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, fenilalanin açısından kısıtlı diyet uygulaması gereken fenilketonüri hastalarının tüketimine yönelik nişasta bazlı ve düşük oranda protein içeren peynir benzeri bir üründe, farklı protein kaynaklarının farklı oranlarda kullanımının ürünün yapısal özelliklerine etkileri incelenmiştir. Çalışmada protein kaynakları olarak rennet kazein, sodyum kazeinat, peynir altı suyu protein konsantresi ve yayıkaltı suyu tozu %2 ve 5 oranlarında kullanılmıştır. Peynir benzeri ürün daha önce yapılan çalışmalarda belirlenen bileşim ve üretim yöntemi kullanılarak üretilmiştir. Üretilen peynir benzeri ürünlerde protein kaynaklarının farklı oranlarda kullanımının eriyebilirlik, serbest yağ miktarı ve dokusal özelliklere etkileri incelenmiştir.

%5 rennet kazeinle elde edilen peynir benzeri ürünün eriyebilirliği en yüksek bulunmuştur, Sodyum kazeinatlı örneklerde ve %2 oranında peynir altı suyu protein konsantresi ve yayıkaltı suyu tozu içeren örneklerde erime düşük düzeyde de olsa meydana geldiği bulunmuştur. Ancak %5 oranında peynir altı suyu protein konsantresi ve yayıkaltı suyu tozu içeren örneklerde erime gözlenmemiştir. Üretilen peynir benzeri ürünlerin hiçbirinde serbest yağ tespit edilmemiştir.

Genel olarak, sodyum kazeinatın %2 ve 5 oranlarında ve rennet kazeinin %5 oranında kullanıldığı peynir benzeri ürünlerin Kaşar peynirine en yakın yapısal özelliklere sahip olduğu, peyniraltı suyu protein konsantresinden üretilen ürünlerin ise en zayıf dokusal yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Yayıkaltı suyu tozundan üretilen peynir benzeri ürünün rennet kazein ve sodyum kazeinat kullanılan örneklerle göre daha zayıf, ancak peyniraltı suyu protein konsantresi kullanılan örneklerle göre daha kuvvetli bir yapı sergilediği tespit edilmiştir. Ayrıca yayıkaltı suyu tozu ve peynir altı suyu protein konsantresinden üretilen peynir benzeri ürünlerin yapısal özelliklerine etkili olup olmadığı incelenmiştir. Bu protein kaynaklarının % 5 oranında kullanıldığı ürünlerde eritme tuzunun yapısal özelliklere etkili olmadığı tespit edilmiştir. Proteinlerin %2 oranında kullanıldığı ürünlerde

sertlik ve çiğnenebilirliğin eritme tuzuna bağlı olduğu, iç yapışkanlık ve esnekliğin protein kaynağına bağlı olarak eritme tuzundan etkilendiği tespit edilmiştir.

Örneklerin yapısal özellikleri tam ve düşük yağlı Kaşar peynirinkilerle karşılaştırıldıklarında eriyebilirlik ve sertlik açısından %5 rennet kazeinli örneğin, iç yapışkanlık, esneklik ve çiğnenebilirlik açısından %5 sodyum kazeinatlı örneğin Kaşar peynirine yaklaştığı söylenebilir. Her iki protein kaynağı da Kaşar peynirine benzer bir ürün yapısında kullanılabilir. Bu tip peynir benzeri bir ürünün geliştirilmesinde protein kaynağının tat ve kokuya etkisi de gözönünde bulundurulmalıdır.

Peynir benzeri ürünlerde kullanılan protein kaynaklarının fenilalanin konsantrasyonları belirlenmiştir. Protein kaynaklarındaki fenilalanin konsantrasyonunun içerdikleri protein oranına bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir. Yayıkaltı suyu tozunun fenilalanin içeriği en düşük olduğu bulunmuştur. Protein kaynaklarının içerdikleri fenilalanin konsantrasyonları da bu tip peynir benzeri bir ürünün geliştirilmesinde ve fenilketonüri hastaları tarafından tüketilmesinde gözönünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

- Aktuğlu Zeybek, Ç.**, 2003. Fenilketonüri tarama programı, 35. *Etkinlik Sağlam Çocuk İzlemi Sempozyumu*, İstanbul, 2-3 Ekim.
- Altunsu, T.**, 2007. Ulusal yenidoğan tarama programı, *IX. Uluslararası Katılımlı Beslenme ve Metabolizma Kongresi*, İstanbul, 22-25 Ekim.
- Andrensek, S., Golc-Wondra, A. ve Prosek, M.**, 2003. Determination of phenylalanine and tyrosine by liquid chromatography/mass spectrometry, *Journal of AOAC International*, **86**, 753-758.
- Arnott, D.R., Morris H.A. ve Combs, W.B.**, 1957. Effect of certain chemical factors on the melting quality of process cheese, *Journal of Dairy Science*, **49**, 957-963.
- Bachmann, H.P.**, 2001. Cheese analogues: A review, *International Dairy Journal*, **11**, 505-515.
- Baldwin, A., Pearce, D.**, 2005. Milk powdere, in *Encapsulated and Powdered Foods*, pp. 387-435, Eds. Onwulata, C., CRC Press Inc., Florida, USA.
- Bennett, R.J., Trivedi, D., Hemar, Y., Reid, D.C.W., Illingwort, D. ve Lee, S.K.**, 2006. The effect of starch addition onthe rheological and microstructural properties of model processed cheese, *The Australian Journal of Dairy Technology*, **61**, 157-159.
- Carl, G.F.**, 2002. Nutritional Therapies for Neurological and Psychiatric Disorders, pp. 1401-1402, Eds. Berdanier, C.D., CRC Press Inc., Florida, USA.
- Cavalier-Salou, C. ve Cheftel, J.C.**, 1991. Emulsifying salts influence on characteristics of cheese analogs from calcium caseinate, *Journal of Food Science*, **56**, 1542- 1547.
- Corredig, M., Roesch, R.R. ve Dalgleish, D.G.**, 2003. Production of a novel ingredient from buttermilk, *Journal Dairy Science*, **86**, 2744-2750.
- Courthaudon, J. L., Girardet, J. M., Campagne, S., Rouhier, L. M., Campagne, S., Linden, G. ve Lorient, D.**, 1999. Surface active and emulsifying properties of casein micelles compared to those of sodium caseinate, *International Dairy Journal*, **9**, 411-412.
- De Wit, J.N.**, 1998. Nutritional and Functional Characteristics of Whey Proteins in Food Products, *Journal of Dairy Science*, **81**, 597-608.
- Dimitrelli, G. ve Thomareis, A.S.**, 2007. Texture evaluation of block-type processed cheese as a function of chemical somposition and in relation to its apparent viscosity, *Journal of Food Engineering*, **79**, 1364-1373.

- El-Neshawy, A.A., Farahat, S.S. ve Wahbah, H.A.,** 1987. Production of processed cheese food enriched with vegetable and whey proteins, *Food chemistry*, **28**, 245-255.
- Ennis, M.P., O'Doxd, J.J., Thornton, A. ve Mulvihill, D.M.,** 2000. The effect of varying the calcium-sequestering salt cation on the hydration behaviour of rennet caseins in a simple model system. *International Journal of Dairy Technology*, **53**, 41-44.
- Fox, P.F. ve Kelly, A.L.,** 2004. The caseins, in *Proteins in Food Processing*, Eds. Yada, R.Y., CRC Press Inc., Cambridge, England.
- Fox, P.F.,** 2001. Milk protein as food ingredients. *International Journal of Dairy Technology*, **54**, 41-55.
- Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M. ve McSweeney, P.L.H.,** 2000. *Fundamentals of Cheese Science*, pp. 429-451, Aspen Publishers Inc., Maryland.
- Funami, T., Yotsuzuka, F., Yada, H. ve Nakao, Y.,** 1998. Thermoirreversible characteristics of curd gels in a model reduced fat pork sausage, *Journal of Food Science*, **63**, 575-579.
- Guinee, T.P.,** 2007. Cheese-like products, in *Cheese Problems Solved*, pp. 384-386, Eds. McSweeney, P.L.H., CRC Press Inc., Florida, USA.
- Guinee, T.P., Caric, A. ve Kalab, M.** 2004. Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products, in *Cheese Chemistry, Physics and Microbiology*, pp. 379-385, Eds. Fox, P.F., Elsevier Academic Press, Boston, MA.
- Gunasekaran, S. ve Ak, M.M.,** 2003. *Cheese rheology and texture*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Gustaw, W. ve Mleko, S.,** 2007. The effect of polysaccharides and sodium chloride on physical properties of processed cheese analogs containing whey protein, *Milchwissenschaft*, **62**, 59-62.
- Hennelly, P.J., Dunne, P.G., O'Sullivan, M. ve O'Riordan, D.,** 2005. Increasing the moisture content of imitation cheese: Effects on texture, rheology and microstructure, *European Food Research and Technology*, **220**, 415-420.
- Horne, D.S.,** 1998. Casein interactions: Casting light on the black boxes, the structure in Dairy products, *International Dairy Journal*, **8**, 171-177.
- Imeson, A.P.,** 2000. Carrageenan, in *Handbook of Food Hydrocolloids*, pp: 87-103, Eds. Phillips, G.O. and Williams, P.A., Woodhead Publishing Ltd, U.K.
- Jinjarak, S., Olabi, A., Jiménez-Flores, R., Sodini, I. ve Walker, J.H.,** 2006. Sensory Evaluation of whey and sweet cream buttermilk. *American Dairy Science Association*, **89**, 2441-2450.
- Kızılöz, B.,** 2008. Sert peynire benzeyen ve düşük oranda protein içeren bir ürün yapısının geliştirilmesi, *Yüksek lisans tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

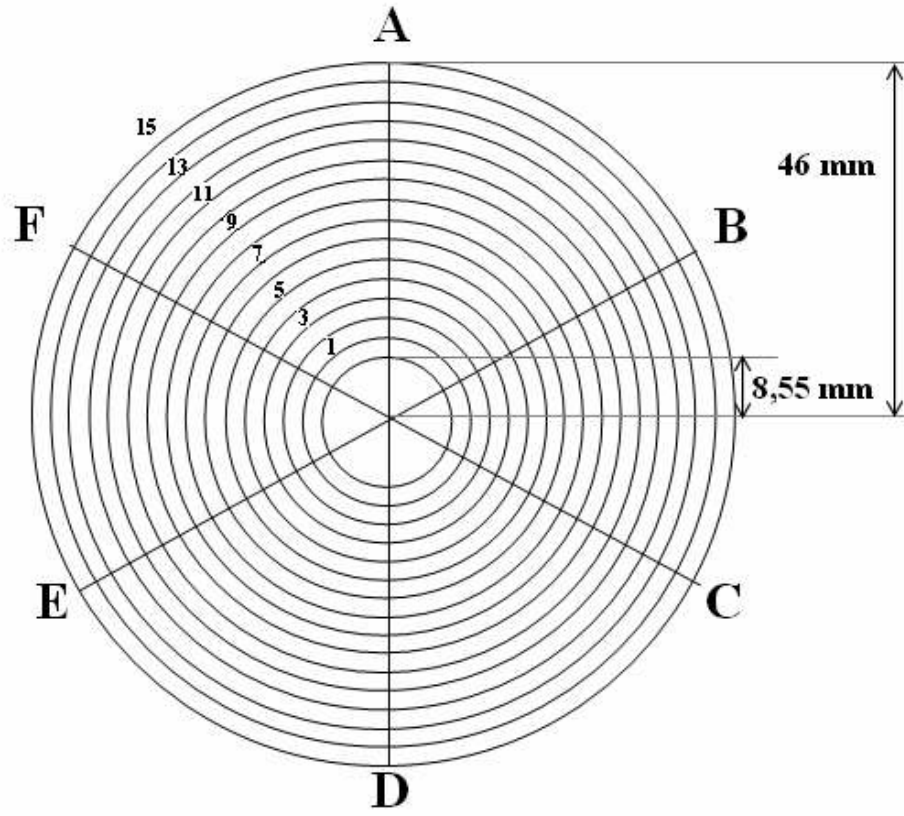
- Kindsted, P.S. ve Rippe, J.K.**, 1990. Rapid quantitative test for free oil (oiling off) in melted Mozzarella cheese, *Journal of Dairy Science*, **73**, 867-873.
- Koca, N. ve Metin, M.**, 2004. Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheese produced by using fat replacers, *International Dairy Journal*, **14**, 365-373.
- Köksel, H.**, 1998. Karbonhidratlar, in *Gıda Kimyası*, pp. 73-88, Eds. Saldamlı, İ., Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- Lee, S.K., Anema, S. ve Klostermeyer, H.**, 2004. The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spread, *International Journal of Food Science and Technology*, **39**, 763-771.
- Linder, M.C.**, 1991. Nutritional and metabolism of proteins. In: Nutritional Biochemistry and Metabolism, pp.105, Eds. Linder, M.C., Appleton & Lange, pp: 105.
- Lucey, J.A., Johnson, M.E. ve Horne, D.S.** 2003. Perspectives on the Basis of the Rheology and Texture Properties of Cheese, *Journal of Dairy Science*, **86**, 2725-2743.
- Mleko, S. ve Foegeding, E.A.**, 2000. Physical properties of rennet casein gels and processed cheese analogs containing whey proteins, *Milchwissenschaft*, **55**, 513-516.
- Montesinos-Herrero, C., Cottell, D.C., O’Riordan, E.D. ve O’Sullivan, M.**, 2006. Partial replacement of fat by functional fibre in imitation cheese: Effects on rheology and microstructure. *International Dairy Journal*, **16**, 910-919.
- Morin, P., Jiménez-Flores, R. ve Pouliot, Y.**, 2007. Effect of processing on the composition and microstructure of buttermilk and its milk fat globule membranes. *International Dairy Journal*, **17**, 1179-1187.
- Mounsey, J.S. ve O’Riordan, E.D.**, 2001. Characteristics of imitation cheese containing native starches, *Journal of Food Science*, **66**, 586-591.
- Mounsey, J.S. ve O’Riordan, E.D.**, 2007a. Alteration of imitation cheese structure and melting behaviour with wheat starch. *European Food Research and Technology Zeitschrift für Lebensmittel*, doi:10.1007/s00217-007-0626-8.
- Mounsey, J.S. ve O’Riordan, E.D.**, 2007b. Characteristics of imitation cheese containing native or modified rice starches. *Food Hydrocolloids*, doi:10.1016/j.foodhyd.2007.06.014.
- Müslümanoğlu, M.H., Çine, N., Özdemir, M., Çilingir, O., Başaran, N., Durak, B., Solak, M. Ve Artan S.**, 2004. Fenilketonüri’de VNTR Bağlantısı ve direkt mutasyon analizleri, *Kocatepe Tıp Dergisi*, **5**, 19-24.
- Noronha, N., Duggan, E., Ziegler, G.R., O’Riordan, D.E. ve O’Sullivan, M.**, 2007a. Inclusion of starch in imitation cheeses; its influence on water mobility and cheese functionality, *Food Hydrocolloids*, doi:10.1016/j.foodhyd.200711.007.
- Noronha, N., O’Riordan, D.E. ve O’Sullivan, M.**, 2006. Influence of processing parameters on the texture and microstructure of imitation cheese, *European*

- Noronha, N., O’Riordan, D.E. ve O’Sullivan, M.,** 2007b. Replacement of fat with functional fibre in imitation cheese, *International Dairy Journal*, **17**, 1073-1082.
- Özen, A.E.,** 2006. Yağsız fermente süt içeceğinin yapısal özelliklerinin serum proteini konsantresi kullanılarak iyileştirilmesi, *Yüksek lisans tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Prodoliet, J. ve Bruelhart, M.,** 1993. Determination of aspartame and its major decomposition products in foods. *Journal of AOAC International*, **76**, 275-282.
- Raval, D.M. ve Mistry, V.V.,** 1999. Application of ultrafiltered sweet buttermilk in the manufacture of reduced fat processed cheese. *Journal of Dairy Science*, **82**, 2334-2343.
- Reddy, M.K., Usuda, N., Reddy, M.N., Kuczmarski, E.R., Rao, M.S. ve Reddy, J.K.,** 1987. Purification, properties and immunocytochemical localization of human liver peroxisomal enoyl-CoA hydratase / 3-hydroxyacyl-CoA dehydrogenase. *Proceeding of the National Academy of Science USA*, **84**, 3214-3218.
- Savello, P.A., Ernstrom, C.A. ve Kalab, M.,** 1989. Microstructure and meltability of model process cheese made with rennet and acid casein, *Journal of Dairy Science*, **72**, 1-11.
- Schmidt, K.A. ve Smith, D.E.,** 1992. Rheological properties of gum and milk protein interactions, *Journal of Dairy Science*, **75**, 36-42.
- Seçkin, Y.,** 2007. Fenilketonürlü çocukların pisko-pedagojik sorunları ve çözümleri, *IX. Uluslararası Katılımlı Beslenme ve Metabolizma Kongresi*, İstanbul, 22-25 Ekim.
- Shon, J. ve Haque, Z.,** 2007. Functional attributes of native and thermized sour and sweet whey, *International Journal of Dairy Technology*, **60**, 135-142.
- Swenson, B.J., Wendorff, W.L. ve Lindsay, R.C.** 2000. Effect of ingredients on the functionality of fat-free process cheese spreads, *Journal of Food Science*, **65**, 822-825.
- Şahbaz, F.,** 1998. Su ve buz, in *Gıda Kimyası*, pp. 9-34, Eds. Saldamlı, İ., Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- Udayarajan, C.T., Lucey, J.A. ve Horne, D.S.** 2005. Use of fourier transform mechanical spectroscopy to study the melting behavior of cheese, *Journal of Texture Studies*, **36**, 489-515.
- USDA,** 2007. United States Department of Agriculture Nutrient Data Laboratory, <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search>.
- Van Hekken, D.L., Tunick, M.H., Malin, E.L. ve Holsinger, V.H.,** 2007. Rheology and melt characterization of low-fat and full fat Mozzarella cheese made from microfluidized milk, *Lebensmittel- Wissenschaft und Technologie*, **40**, 89-98.

- Verbeken, D., Bael, K., Thas, O. ve Dewettinck., K.,** 2006. Interactions between κ -carrageenan, milk proteins and modified starch in sterilized dairy desserts, , *International Dairy Journal*, **16**, 482-485.
- Waisbren, S.S., Noel, K., Fahrbach, K. Cella, C., Frame, D., Dorenbaum, A. ve Levy, H.,** 2007. Phenylalanine blood levels and clinical outcomes in phenylketonuria: A systematic literature review and meta analysis, *Molecular Genetics and Metabolism*, **92**, 63-70.
- Walstra, P., Wouters, J.T.M. ve Geurts, T.,** 2006. Dairy Science and Technology, CRC Press Inc., Florida, USA.
- Xu, S.Y., Stanley, D.W., Goff, H.D., Davidson, V.J. ve Maguer, M.L.,** 1992. Hydrocolloid / milk gel formation and properties, *Journal of Food Science*, **57**, 96-102.
- Ye, A.,** 2008. Complexation between milk proteins and polysaccharides via electrostatic interaction: principles and applications: A review, *International Journal of Food Science and Technology*, **43**, 406-415.
- Zallie, J.P. ve Chiu,C.W.,** 1988. Imitation cheeses containing enzymatically debranched starches in lieu of caseinates, *United States Patent*, No: 4937091 dated 14.10.1988.

EKLER

Ek A



Şekil A.1: Eriyebilirlik ve Serbest Yağ Ölçüm Skalası

Tablo A.1: Üretilen Peynir Benzeri Ürünlerin Bileşimleri¹

Örnekteki Protein Kaynağı	Protein (%) ²	Vaksımsı mısır	Yağ (%)	κ-karagenen	Disodyum fosfat (%)	Trisodyum sitrat (%)	Tuz (%)	Sitrik asit	Enzim (%)
%5 Yayıkaltı suyu tozu	5	22,38	20	1,50	-	-	0,50	0,30	0,08
%5 Rennet kazein	5	22,38	20	1,50	0,098	0,22	0,50	0,30	0,08
%5 Peyniraltı suyu protein konsantresi	5	22,38	20	1,50	-	-	0,50	0,30	0,08
%5 Sodyum kazeinat	5	22,38	20	1,50	0,098	0,22	0,50	0,30	0,08
%2 Yayıkaltı suyu tozu	2	25,57	20	1,50	-	-	0,50	0,30	0,09
%2 Sodyumkazeinat	2	25,57	20	1,50	0,04	0,09	0,50	0,30	0,09
%2 Rennet kazein	2	25,57	20	1,50	0,04	0,09	0,50	0,30	0,09
%2 Peyniraltı suyu protein konsantresi	2	25,57	20	1,50	-	-	0,50	0,30	0,09

¹Peynir benzeri ürünlerin bileşimlerinde gelen kalan yüzdede su kullanılmıştır.

²Protein kaynağı olarak örneğin ismiyle anıldığı protein kullanılmıştır.

Ek B

Tablo B.1: Eriyebilirlik İçin Tanımlayıcı İstatistikler

Protein kaynağı	Protein oranı (%)	Ortalama	Standart sapma	En küçük değer	En büyük değer
Yayıkaltı suyu tozu	5	0	0	0	0
Rennet kazein	5	3	0	3	3
Peyniraltı suyu protein konsantresi	5	0	0	0	0
Sodyum kazeinat	5	1	0	1	1
Yayıkaltı suyu tozu	2	1	0	1	1
Sodyum kazeinat	2	1	0	1	1
Rennet kazein	2	1,5	0,7	1	2
Peyniraltı suyu protein konsantresi	2	1	0	1	1

Tablo B.2: Sertlik İçin Tanımlayıcı İstatistikler

Protein kaynağı	Protein oranı (%)	Ortalama	Standart sapma	En küçük değer	En büyük değer
Yayıkaltı suyu tozu	5	16,99	2,24	15,4	18,57
Rennet kazein	5	25,99	1,39	25	26,97
Peyniraltı suyu protein konsantresi	5	12,39	0,085	12,33	12,45
Sodyum kazeinat	5	30,78	2,54	28,98	32,57
Yayıkaltı suyu tozu	2	17,36	0,04	17,33	17,38
Sodyum kazeinat	2	30,66	0,01	30,65	30,67
Rennet kazein	2	18,71	0,15	18,6	18,81
Peyniraltı suyu protein konsantresi	2	10,44	0,11	10,36	10,51

Tablo B.3: İç Yapışkanlık İçin Tanımlayıcı İstatistikler

Protein kaynağı	Protein oranı (%)	Ortalama	Standart sapma	En küçük değer	En büyük değer
Yayıkaltı suyu tozu	5	0,08	0,01	0,07	0,09
Rennet kazein	5	0,11	0,01	0,1	0,11
Peyniraltı suyu protein konsantresi	5	0,04	0,01	0,03	0,04
Sodyum kazeinat	5	0,13	0,03	0,11	0,15
Yayıkaltı suyu tozu	2	0,06	0	0,06	0,06
Sodyum kazeinat	2	0,08	0,01	0,07	0,08
Rennet kazein	2	0,05	0	0,05	0,05
Peyniraltı suyu protein konsantresi	2	0,03	0,01	0,02	0,03

Tablo B.4: Çiğnenebilirlik İçin Tanımlayıcı İstatistikler

Protein kaynağı	Protein oranı (%)	Ortalama	Standart sapma	En küçük değer	En büyük değer
Yayıkaltı suyu tozu	5	3,16	0,34	2,92	3,4
Rennet kazein	5	7,65	1,4	6,66	8,64
Peyniraltı suyu protein konsantresi	5	0,61	0,01	0,6	0,61
Sodyum kazeinat	5	13,89	5,34	10,11	17,66
Yayıkaltı suyu tozu	2	1,93	0,25	1,75	2,1
Sodyum kazeinat	2	6,14	0,95	5,46	6,81
Rennet kazein	2	1,69	0,08	1,63	1,74
Peyniraltı suyu protein konsantresi	2	0,3	0,11	0,22	0,38

Tablo B.5: Kırılma Kuvveti İçin Tanımlayıcı İstatistikler

Protein kaynağı	Protein oranı (%)	Ortalama	Standart sapma	En küçük değer	En büyük değer
Yayıkaltı suyu tozu	5	0,31	0,04	0,28	0,34
Rennet kazein	5	0,38	0,01	0,37	0,38
Peyniraltı suyu protein konsantresi	5	0,28	0,01	0,27	0,28
Sodyum kazeinat	5	0,29	0,01	0,28	0,3
Yayıkaltı suyu tozu	2	0,36	0,06	0,32	0,4
Sodyum kazeinat	2	0,33	0,01	0,32	0,34
Rennet kazein	2	0,33	0,01	0,32	0,34
Peyniraltı suyu protein konsantresi	2	0,27	0,02	0,25	0,28

Tablo B.6: Dış Yapışkanlık İçin Tanımlayıcı İstatistikler

Protein kaynağı	Protein oranı (%)	Ortalama	Standart sapma	En küçük değer	En büyük değer
Yayıkaltı suyu tozu	5	1,9	0,3	1,68	2,11
Rennet kazein	5	1,48	0,08	1,42	1,54
Peyniraltı suyu protein konsantresi	5	1,03	0,04	1	1,06
Sodyum kazeinat	5	2,28	0,04	2,25	2,3
Yayıkaltı suyu tozu	2	2,31	0,57	1,9	2,71
Sodyum kazeinat	2	1,25	0,2	1,11	1,39
Rennet kazein	2	1,91	0,01	1,9	1,91
Peyniraltı suyu protein konsantresi	2	1,37	0,15	1,26	1,47

Tablo B.7: Esneklik İçin Tanımlayıcı İstatistikler

Protein kaynağı	Protein oranı (%)	Ortalama	Standart sapma	En küçük değer	En büyük değer
Yayıkaltı suyu tozu	5	2,39	0,11	2,31	2,47
Rennet kazein	5	2,86	0,13	2,76	2,95
Peyniraltı suyu protein konsantresi	5	1,33	0,01	1,32	1,33
Sodyum kazeinat	5	3,42	0,3	3,2	3,63
Yayıkaltı suyu tozu	2	1,91	0,14	1,81	2,01
Sodyum kazeinat	2	2,6	0,08	2,54	2,65
Rennet kazein	2	1,79	0,09	1,72	1,85
Peyniraltı suyu protein konsantresi	2	1,1	0,17	0,98	1,22

Tablo B.8: Farklı Protein Kaynakları ve Oranlarının Peynir Benzeri Ürünün Yapısal Özelliklerine Etkisinin Değerlendirilmesine ait Varyans Analizi Tablosu

	Kaynak	KT	Sd	KO	Fo	P
Eriyebilirlik	Gruplar arası	12,438	7	1,777	28,429	0,000
	Gruplar içi	0,500	8	0,062		
	Toplam	12,938	15			
Sertlik	Gruplar arası	862,736	7	123,248	73,302	0,000
	Gruplar içi	13,451	8	1,681		
	Toplam	876,187	15			
İç Yapışkanlık	Gruplar arası	0,017	7	0,002	16,571	0,000
	Gruplar içi	0,001	8	0,000		
	Toplam	0,019	15			
Esneklik	Gruplar arası	8,646	7	1,235	52,939	0,000
	Gruplar içi	0,187	8	0,023		
	Toplam	8,833	15			
Çiğnenebilirlik	Gruplar arası	299,564	7	42,795	10,845	0,002
	Gruplar içi	31,568	8	3,946		
	Toplam	331,132	15			
KırılmaKuvveti	Gruplar arası	0,022	7	0,003	4,013	0,035
	Gruplar içi	0,006	8	0,001		
	Toplam	0,028	15			
DışYapışkanlık	Gruplar arası	3,175	7	0,454	7,375	0,006
	Gruplar içi	0,492	8	0,062		
	Toplam	3,667	15			

Ek C

Tablo C.1: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %5 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünün Yapısal Özelliklerine ait Varyans Analiz Tablosu

	Kaynak	KT	Sd	KO	Fo	P
Eriyebilirlik	Gruplar arası	0.000	3	0.000	.	.
	Gruplar içi	0.000	4	0.000		
	Toplam	0.000	7			
Sertlik	Gruplar arası	28.436	3	9.479	6.712	0.049
	Gruplar içi	5.649	4	1.412		
	Toplam	34.085	7			
İç Yapışkanlık	Gruplar arası	$2.123 \cdot 10^{-3}$	3	$7.076 \cdot 10^{-4}$	4.590	0.088
	Gruplar içi	$6.166 \cdot 10^{-4}$	4	$1.542 \cdot 10^{-4}$		
	Toplam	$2.739 \cdot 10^{-3}$	7			
Esneklik	Gruplar arası	1.335	3	.445	40.530	0.002
	Gruplar içi	$4.392 \cdot 10^{-2}$	4	$1.098 \cdot 10^{-2}$		
	Toplam	1.379	7			
Çiğnenebilirlik	Gruplar arası	7.374	3	2.458	9.502	0.027
	Gruplar içi	1.035	4	.259		
	Toplam	8.408	7			
KırılmaKuvveti	Gruplar arası	$2.441 \cdot 10^{-3}$	3	$8.136 \cdot 10^{-4}$	1.124	0.463
	Gruplar içi	$2.171 \cdot 10^{-3}$	3	$7.236 \cdot 10^{-4}$		
	Toplam	$4.612 \cdot 10^{-3}$	6			
DışYapışkanlık	Gruplar arası	1.131	3	.377	14.362	0.013
	Gruplar içi	0.105	4	$2.62 \cdot 10^{-2}$		
	Toplam	1.236	7			

Tablo C.2: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünün Yapısal Özelliklerine ait Varyans Analiz Tablosu

	Kaynak	KT	Sd	KO	Fo	P
Eriyebilirlik	Gruplar arası	2.375	3	0.792	6.333	0.053
	Gruplar içi	.500	4	0.125		
	Toplam	2.875	7			
Sertlik	Gruplar arası	138.013	3	46.004	41.674	0.002
	Gruplar içi	4.416	4	1.104		
	Toplam	142.429	7			
İç Yapışkanlık	Gruplar arası	$3.915 \cdot 10^{-3}$	3	$1.305 \cdot 10^{-3}$	42.116	0.002
	Gruplar içi	$1.239 \cdot 10^{-4}$	4	$3.099 \cdot 10^{-5}$		
	Toplam	$4.039 \cdot 10^{-3}$	7			
Esneklik	Gruplar arası	2.292	3	.764	64.039	0.001
	Gruplar içi	$4.772 \cdot 10^{-2}$	4	$1.193 \cdot 10^{-2}$		
	Toplam	2.339	7			
Çiğnenebilirlik	Gruplar arası	18.421	3	6.140	180.736	0.000
	Gruplar içi	.136	4	$3.397 \cdot 10^{-2}$		
	Toplam	18.557	7			
KırılmaKuvveti	Gruplar arası	$1.043 \cdot 10^{-2}$	3	$3.477 \cdot 10^{-3}$	4.162	0.101
	Gruplar içi	$3.342 \cdot 10^{-3}$	4	$8.355 \cdot 10^{-4}$		
	Toplam	$1.377 \cdot 10^{-2}$	7			
DışYapışkanlık	Gruplar arası	1.701	3	0.567	4.488	0.090
	Gruplar içi	0.505	4	0.126		
	Toplam	2.206	7			

Tablo C.3: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %5 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Sertlik İçin Varyans Analizi

Kaynak	KT	Sd	KO	Fo	P
Model	1983.438	4	495.859	350.979	0.000
Protein Kaynağı	12.545	1	12.545	8.880	0.041
DSF-TSS Oranı	7.442	1	7.442	5.268	0.083
Protein Kaynağı * DSF-TSS Oranı	8.450	1	8.450	5.981	0.071
Hata	5.651	4	1.413		
Toplam	1989.089	8			

Tablo C.4: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkalı Suyu Tozunun %5 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde İç Yapışkanlık İçin Varyans Analizi

Kaynak	KT	Sd	KO	Fo	P
Model	$3.399 \cdot 10^{-2}$	4	$8.498 \cdot 10^{-3}$	55.129	0.001
Protein Kaynağı	$1.190 \cdot 10^{-3}$	1	$1.190 \cdot 10^{-3}$	7.717	0.050
DSF-TSS Oranı	$2.623 \cdot 10^{-4}$	1	$2.623 \cdot 10^{-4}$	1.701	0.262
Protein Kaynağı * DSF-TSS Oranı	$6.708 \cdot 10^{-4}$	1	$6.708 \cdot 10^{-4}$	4.352	0.105
Hata	$6.166 \cdot 10^{-4}$	4	$1.542 \cdot 10^{-4}$		
Toplam	$3.461 \cdot 10^{-2}$	8			

Tablo C.5: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkalı Suyu Tozunun %5 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Esneklik İçin Varyans Analizi

Kaynak	KT	Sd	KO	Fo	P
Model	30.768	4	7.692	700.513	0.000
Protein Kaynağı	1.099	1	1.099	100.049	0.001
DSF-TSS Oranı	$2.744 \cdot 10^{-2}$	1	$2.744 \cdot 10^{-2}$	2.499	0.189
Protein Kaynağı * DSF-TSS Oranı	.209	1	.209	19.041	0.012
Hata	$4.392 \cdot 10^{-2}$	4	$1.098 \cdot 10^{-2}$		
Toplam	30.812	8			

Tablo C.6: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkalı Suyu Tozunun %5 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Çiğnenebilirlik İçin Varyans Analizi

Kaynak	KT	Sd	KO	Fo	P
Model	43.046	4	10.762	41.603	0.002
Protein Kaynağı	5.171	1	5.171	19.990	0.011
DSF-TSS Oranı	.424	1	.424	1.640	0.269
Protein Kaynağı * DSF-TSS Oranı	1.778	1	1.778	6.875	0.059
Hata	1.035	4	.259		
Toplam	44.081	8			

Tablo C.7: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkalı Suyu Tozunun %5 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Kırılma Kuvveti İçin Varyans Analizi

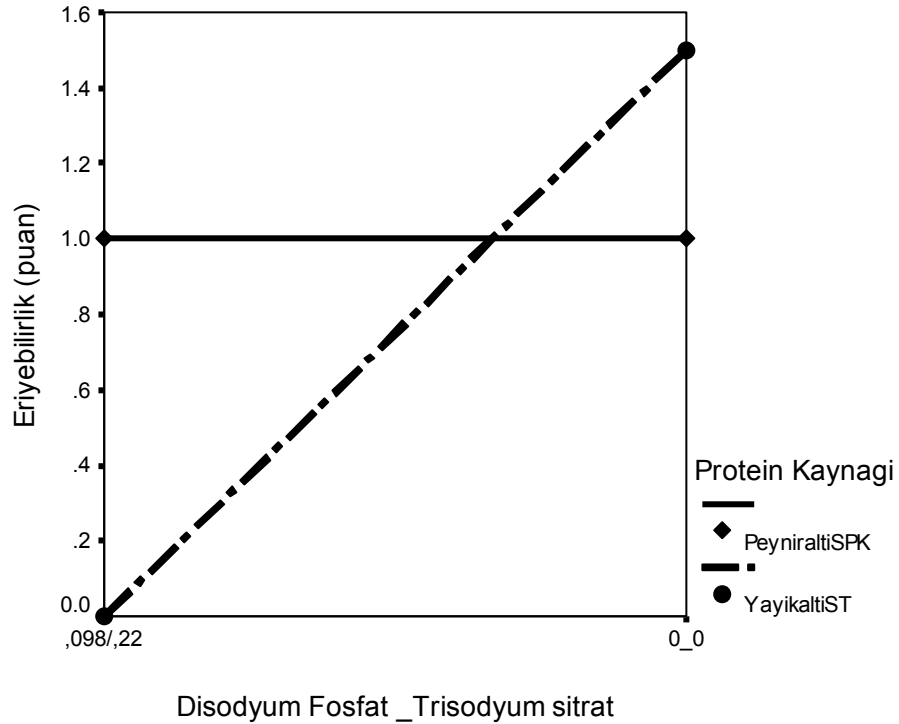
Kaynak	KT	Sd	KO	Fo	P
Model	0.596	4	0.149	205.936	0.001
Protein Kaynağı	$2.294 \cdot 10^{-3}$	1	$2.294 \cdot 10^{-3}$	3.171	0.173
DSF-TSS Oranı	$2.202 \cdot 10^{-4}$	1	$2.202 \cdot 10^{-4}$	0.304	0.620
Protein Kaynağı*DSF-TSS Oranı	$4.799 \cdot 10^{-10}$	1	$4.799 \cdot 10^{-10}$	0.000	0.999
Hata	$2.171 \cdot 10^{-3}$	3	$7.236 \cdot 10^{-4}$		
Toplam	0.598	7			

Tablo C.8: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %5 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Dış Yapışkanlık İçin Varyans Analizi

Kaynak	KT	Sd	KO	Fo	P
Model	20.839	4	5.210	198.443	0.000
Protein Kaynağı	0.990	1	.990	37.721	0.004
DSF-TSS Oranı	$8.878 \cdot 10^{-2}$	1	$8.878 \cdot 10^{-2}$	3.382	0.140
Protein Kaynağı * DSF-TSS Oranı	$5.206 \cdot 10^{-2}$	1	$5.206 \cdot 10^{-2}$	1.983	0.232
Hata	0.105	4	$2.625 \cdot 10^{-2}$		
Toplam	20.944	8			

Tablo C.9: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Eriyebilirlik İçin Varyans Analizi

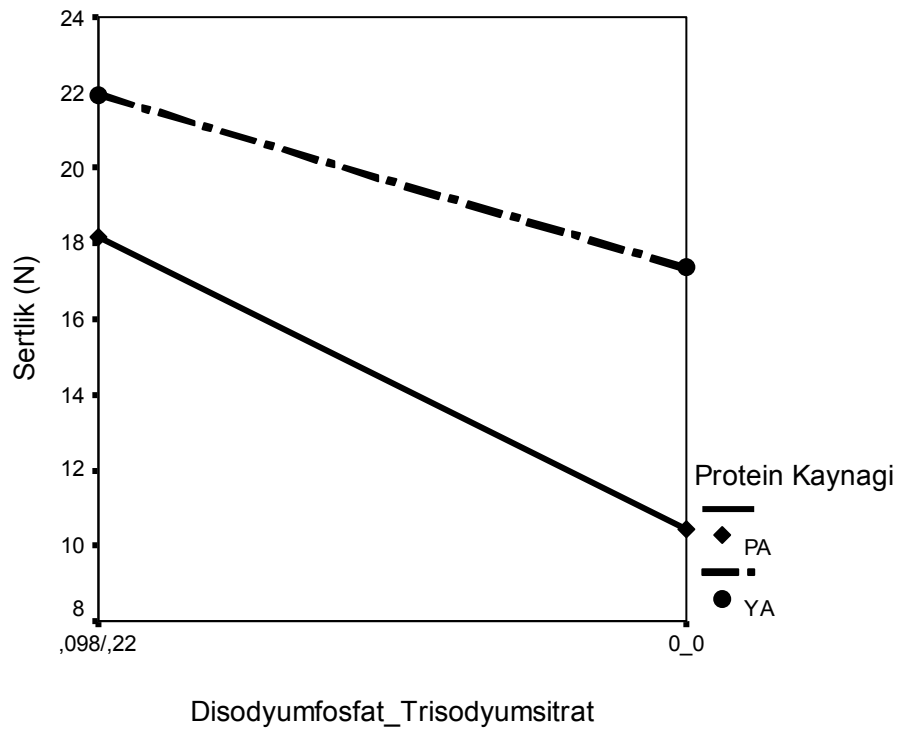
Kaynak	KT	Sd	KO	Fo	P
Model	8.500	4	2.125	17.000	0.009
Protein Kaynağı	0.125	1	0.125	1.000	0.374
DSF-TSS Oranı	1.125	1	1.125	9.000	0.040
Protein Kaynağı * DSF-TSS Oranı	1.125	1	1.125	9.000	0.040
Hata	0.500	4	0.125		
Toplam	9.000	8			



Şekil C.1: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Eriyebilirlik İçin İnteraksiyon Grafiği (YA: Yayıkaltı suyu tozu, , PA: Peynir altı suyu protein konsantresi)

Tablo C.10: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Sertlik İçin Varyans Analizi

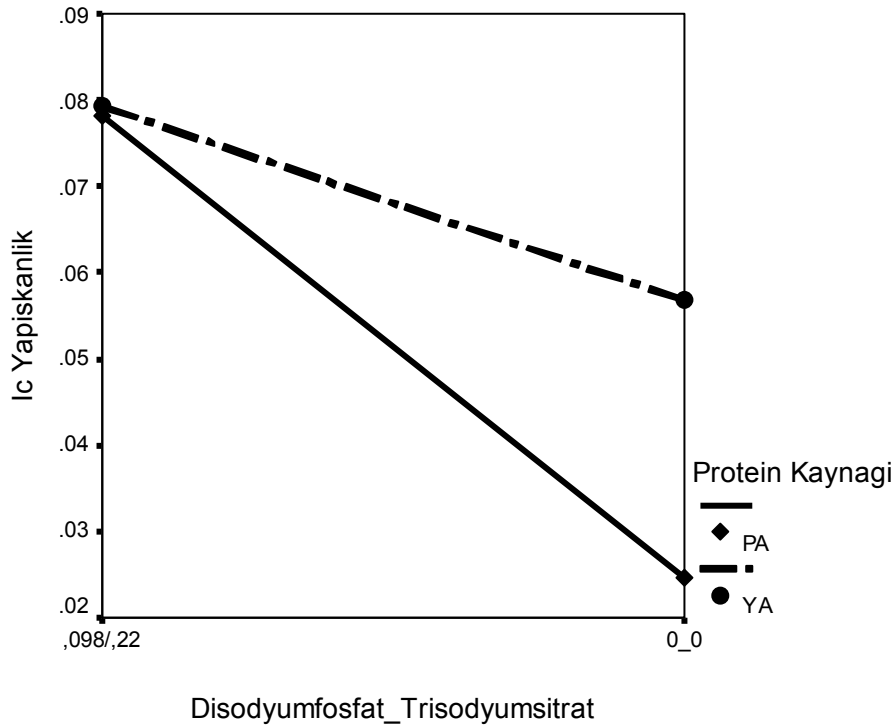
Kaynak	KT	Sd	KO	Fo	P
Model	2443.963	4	610.991	553.244	0.000
Protein Kaynağı	56.988	1	56.988	51.602	0.002
DSF-TSS Oranı	76.039	1	76.039	68.852	0.001
Protein Kaynağı * DSF-TSS Oranı	4.983	1	4.983	4.512	0.101
Hata	4.418	4	1.104		
Toplam	2448.380	8			



Şekil C.2: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Sertlik İçin İnteraksiyon Grafiği (YA: Yayıkaltı suyu tozu, , PA: Peynir altı suyu protein konsantresi)

Tablo C.11: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde İç Yapışkanlık İçin Varyans Analizi

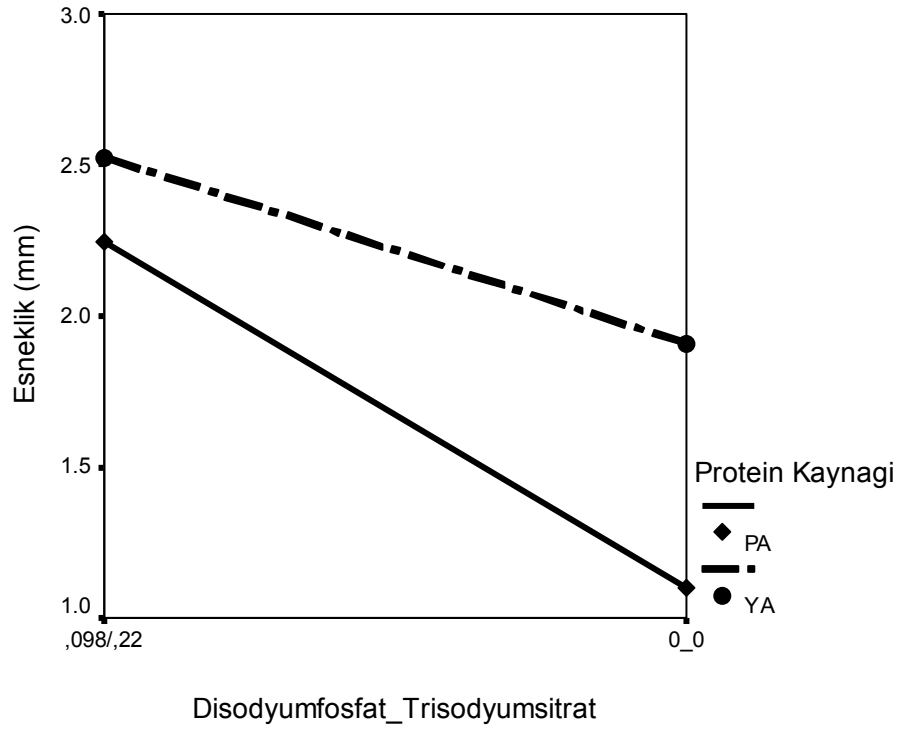
Kaynak	KT	Sd	KO	Fo	P
Model	$3,244 \cdot 10^{-2}$	4	$8,109 \cdot 10^{-3}$	261,701	0,000
Protein Kaynağı	$5,552 \cdot 10^{-4}$	1	$5,552 \cdot 10^{-4}$	17,917	0,013
DSF-TSS Oranı	$2,879 \cdot 10^{-3}$	1	$2,879 \cdot 10^{-3}$	92,924	0,001
Protein Kaynağı * DSF-TSS Oranı	$4,805 \cdot 10^{-4}$	1	$4,805 \cdot 10^{-4}$	15,507	0,017
Hata	$1,239 \cdot 10^{-4}$	4	$3,099 \cdot 10^{-5}$		
Toplam	$3,256 \cdot 10^{-2}$	8			



Şekil C.3: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde İç Yapışkanlık İçin İnteraksiyon Grafiği (YA: Yayıkaltı suyu tozu, , PA: Peynir altı suyu protein konsantresi)

Tablo C.12: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Esneklik İçin Varyans Analizi

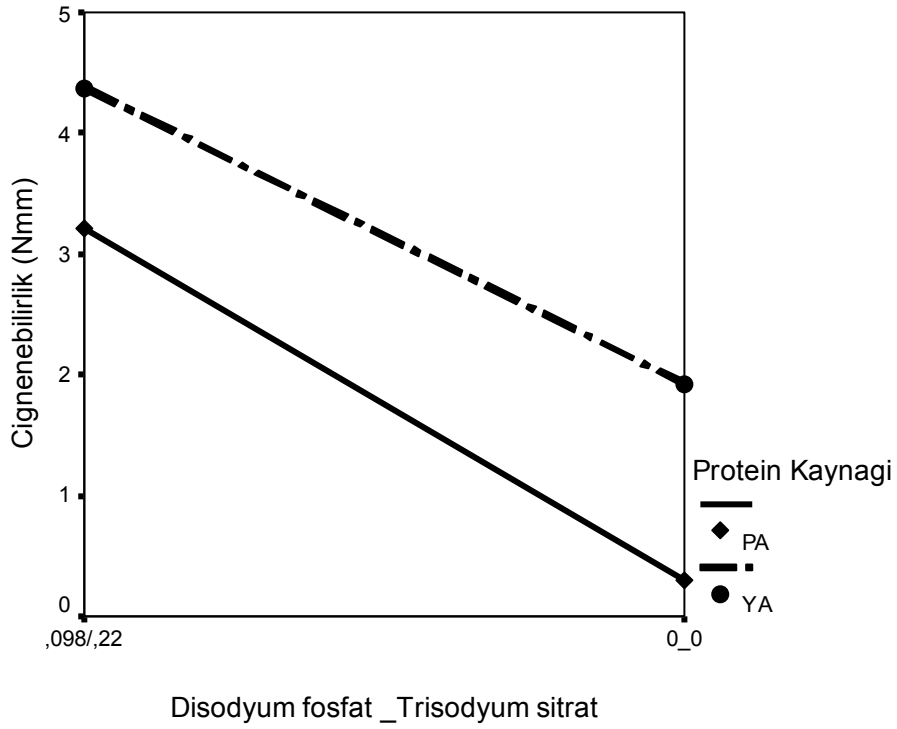
Kaynak	KT	Sd	KO	Fo	P
Model	32.565	4	8.141	682.330	0.000
Protein Kaynağı	0.591	1	0.591	49.515	0.002
DSF-TSS Oranı	1.561	1	1.561	130.842	0.000
Protein Kaynağı * DSF-TSS Oranı	0.141	1	0.141	11.816	0.026
Hata	$4.773 \cdot 10^{-2}$	4	$1.193 \cdot 10^{-2}$		
Toplam	32.613	8			



Şekil C.4: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Esneklik İçin İnteraksiyon Grafiği (YA: Yayıkaltı suyu tozu, PA: Peynir altı suyu protein konsantresi)

Tablo C.13: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Çiğnenebilirlik İçin Varyans Analizi

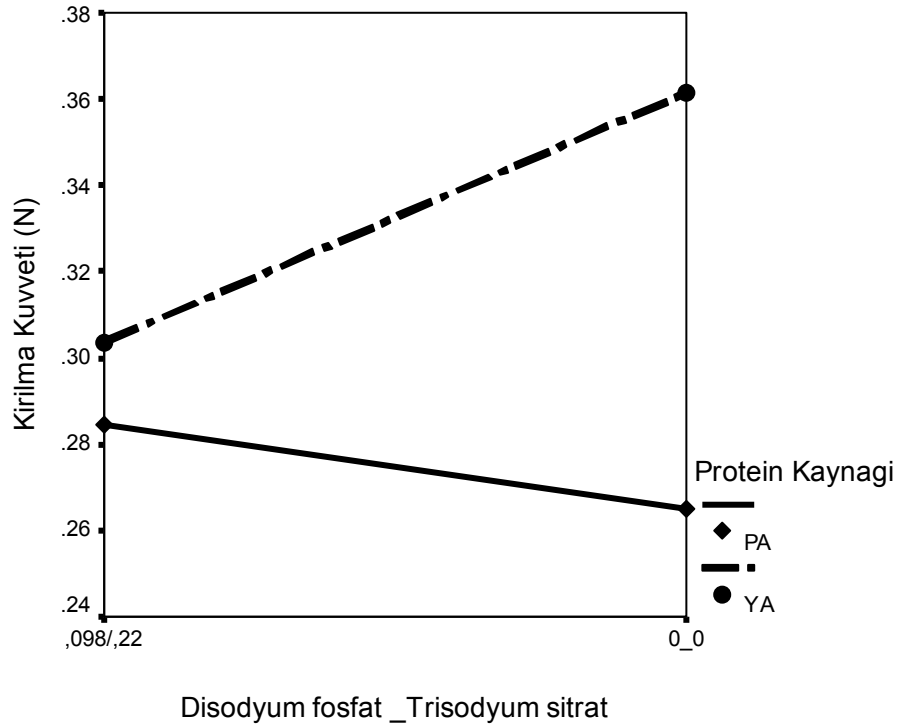
Kaynak	KT	Sd	KO	Fo	P
Model	66.623	4	16.656	490.570	0.000
Protein Kaynağı	3.903	1	3.903	114.964	0.000
DSF-TSS Oranı	14.413	1	14.413	424.517	0.000
Protein Kaynağı * DSF-TSS Oranı	0.110	1	.110	3.239	0.146
Hata	0.136	4	3.395*10 ⁻²		
Toplam	66.759	8			



Şekil C.5: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Çiğnenebilirlik İçin İnteraksiyon Grafiği (YA: Yayıkaltı suyu tozu, , PA: Peynir altı suyu protein konsantresi)

Tablo C.14: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Kırılma Kuvveti İçin Varyans Analizi

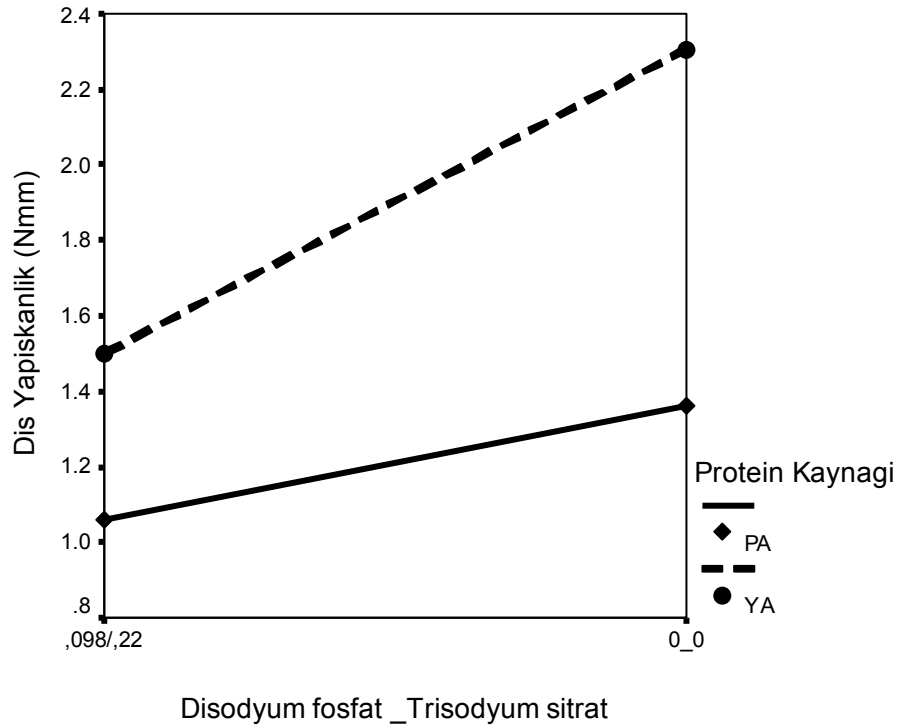
Kaynak	KT	Sd	KO	Fo	P
Model	0,748	4	,187	223,715	0,000
Protein Kaynağı	$6,716 \cdot 10^{-3}$	1	$6,716 \cdot 10^{-3}$	8,038	0,047
DSF-TSS Oranı	$7,369 \cdot 10^{-4}$	1	$7,369 \cdot 10^{-4}$	0,882	0,401
Protein Kaynağı * DSF-TSS Oranı	$2,979 \cdot 10^{-3}$	1	$2,979 \cdot 10^{-3}$	3,566	0,132
Hata	$3,342 \cdot 10^{-3}$	4	$8,355 \cdot 10^{-4}$		
Toplam	0,751	8			



Şekil C.6: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Kırılma Kuvveti İçin İnteraksiyon Grafiği (YA: Yayıkaltı suyu tozu, PA: Peynir altı suyu protein konsantresi)

Tablo C.15: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Dış Yapışkanlık İçin Varyans Analizi

Kaynak	KT	Sd	KO	Fo	P
Model	21.103	4	5.276	41.828	0.002
Protein Kaynağı	0.958	1	0.958	7.599	0.051
DSF-TSS Oranı	0.614	1	0.614	4.871	0.092
Protein Kaynağı * DSF-TSS Oranı	0.127	1	0.127	1.005	0.373
Hata	0.505	4	0.126		
Toplam	21.607	8			



Şekil C.7: Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi ve Yayıkaltı Suyu Tozunun %2 Oranında Kullanıldığı Peynir Benzeri Ürünlerde Dış Yapışkanlık İçin İnteraksiyon Grafiği (YA: Yayıkaltı suyu tozu, PA: Peynir altı suyu protein konsantresi)

ÖZGEÇMİŞ

Öznur Cümhur 1983 yılında Adapazarı'nda doğdu. İlköğrenimini Adapazarı Ahmet Akkoç İlkokulu'nda tamamladıktan sonra ortaokul ve lise tahsilini Sakarya Anadolu Lisesi'nde yapmıştır. 2001 yılında Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümünü kazanmış ve lisans derecesini 2006 yılında elde etmiştir. 2006 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde yüksek lisans eğitimine başlamıştır.