

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SERT PEYNİRE BENZEYEN VE DÜŞÜK ORANDA
PROTEİN İÇEREN BİR ÜRÜN YAPISININ
GELİŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mühendis M. Burcu KIZILÖZ**

Anabilim Dalı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ

Programı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ

OCAK 2008

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SERT PEYNİRE BENZEYEN VE DÜŞÜK ORANDA
PROTEİN İÇEREN BİR ÜRÜN YAPISININ
GELİŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mühendis M. Burcu KIZILÖZ
506051509**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Aralık 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Ocak 2008**

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Meral KILIÇ

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

Doç.Dr. Özgül ÖZCAN (İ.T.Ü.)

OCAK 2008

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında pek çok kişinin emeği geçmiştir. Öncelikle, değerli öngörüler ve bilgisiyle bana yol gösteren ve en önemli katkıyı yapan hocam Doç. Dr. Meral Kılıç'a teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarım sırasında fikirleri ve değerlendirmeleri ile yol gösteren çok değerli bölüm hocalarıma, benden hiçbir yardımını ve desteğini esirgemeyen arkadaşım Öznur Cumhuri'a, bölümümüzün çok değerli araştırma görevlilerine ve teknik ekibine teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca çok değerli dostlarıma ve bugüne kadar attığım her adımda arkamda olan anneme, babama ve kardeşime de şükranlarımı sunarım. Çalışmam esnasında maddi destek sağlayan TUBİTAK'a teşekkür ederim.

Ocak 2008

Müzeyyen Burcu KIZILÖZ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	iii
TABLO LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÖZET	vi
SUMMARY	vii
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 üretiminde hidrokolloid kullanımı	5
2.1.3. Nişasta	6
2.1.4. Karagenan	8
2.1.5. Peynirin yapısal özellikleri	10
2.1.6. Peynir benzeri ürünlerin yapısal özellikleri	12
2.2. Fenilketonüri hastalığı ve peynir tüketimi	16
3. MATERYAL VE METOD	19
3.1. Materyal	19
3.2. Metod	19
3.2.1. Ön denemeler	20
3.2.2. Bileşimin optimizasyonu	21
3.2.3. Eriyebilirlik ölçümü	22
3.2.4. Dokusal özelliklerin ölçümü	23
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	24
4.1. Ön Denemeler	24
4.1.1. Bileşenlerin belirlenmesi	24
4.2. Optimizasyon	27
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	36
KAYNAKLAR	37
EKLER	42
Ek A	42
Ek B	44
Ek C	45
Ek D	48
ÖZGEÇMİŞ	49

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Karagenan Özellikleri.....	9
Tablo 2.2 Türkiye ve Diğer Ülkelerde Fenilketonüri Görülme Sıklığı.....	17
Tablo 2.3 Fenilketonüri Hastaları İçin Günlük Alınabilecek En Yüksek Fenilalanin Miktarı.....	18
Tablo 3.1 Tepki Yüzey Deneme Deseni	22
Tablo 4.1 Farklı Bileşenlerin ve Bileşenlerin Miktarlarının Peynir Benzeri Ürün Yapısına Etkileri.....	26
Tablo 4.2 Ticari Kaşar Peynirlerinin Sertlik ve Eriyebilirlik Değerleri.....	27
Tablo 4.3 Tepki Yüzey Deneme Deseni Sonucu Eriyebilirlik ve Sertlik	28
Tablo C.1 Eriyebilirlik Üzerine Bileşen Etkilerinin Değerlendirilmesi	45
Tablo C.2 Eriyebilirlik İçin Varyans Analizi	45
Tablo C.3 Sertlik Üzerine Bileşen Etkilerinin Değerlendirilmesi	45
Tablo C.4 Sertlik İçin Varyans Analizi.....	46
Tablo C.5 Eriyebilirliğin Karesi Üzerine Bileşen Etkilerinin Değerlendirilmesi.....	46
Tablo C.6 Eriyebilirliğin Karesi İçin Varyans Analizi	46
Tablo C.7 Sertlik Formülünün Belirlenmesi İçin Bileşen Etkilerinin Değerlendirilmesi.....	47
Tablo C.8 Sertlik Formülünün Belirlenmesi İçin Varyans Analizi	47
Tablo C.9 Eriyebilirlik*Eriyebilirlik Formülünün Belirlenmesi İçin Bileşen Etkilerinin Değerlendirilmesi	47
Tablo C.10 Eriyebilirlik*Eriyebilirlik Formülünün Belirlenmesi İçin Varyans Analizi	47
Tablo D.11 Optimizasyon Sonucu Belirlenen Formül.....	48
Tablo D.12 Optimizasyon Parametreleri ve Tahmin Edilen Değerler	48

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1	: Peynir Benzeri Ürünler İçin Genel Üretim Şeması	5
Şekil 4.1	: Nişastanın Enzim ile Parçalanması.....	25
Şekil 4.2	: Enzim ve κ -Karagenan'ın Eriyebilirliğin Karesi Üzerine Etkileri ...	29
Şekil 4.3	: Enzim ve Vaksımsı Mısır Nişastasının Eriyebilirliğin Karesi Üzerine Etkileri	29
Şekil 4.4	: κ -Karagenan ve Vaksımsı Mısır Nişastasının Eriyebilirliğin Karesi Üzerine Etkileri	29
Şekil 4.5	: Enzim ve Vaksımsı Mısır Nişastasının Sertlik Üzerine Etkileri	31
Şekil 4.6	: Enzim ve κ -Karagenanın Sertlik Üzerine Etkileri.....	31
Şekil 4.7	: Vaksımsı Nişasta ve κ -Karagenan'nın Sertlik Üzerine Etkileri.....	31
Şekil 4.8	: Optimizasyon Sonucu Elde Edilen Formü.....	32
Şekil 4.9	: Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Geliştirilen Optimum Formüle Göre Üretilen Üründe Sertlik.....	33
Şekil 4.10	: Ticari Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Geliştirilen Optimum Formüle Göre Üretilen Üründe Eriyebilirlik	33
Şekil 4.11	: Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Deneme Deseni Örneklerinde İç Yapışkanlık	34
Şekil 4.12	: Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Deneme Deseni Örneklerinde Esneklik	34
Şekil 4.13	: Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Deneme Deseni Örneklerinde Çiğnenebilirlik	35
Şekil A.1	: α -Amilaz Enzimi Eklenmiş ve Eklenmemiş Buğday Nişastasının 80°C'de Davranışı	42
Şekil A.2	: α -Amilaz Enzimi Eklenmiş ve Eklenmemiş Buğday Nişastasının 70°C'de Davranışı	42
Şekil A.3	: α -Amilaz Enzimi Eklenmiş ve Eklenmemiş Buğday Nişastasının 65°C'de Davranışı	43
Şekil A.4	: α -Amilaz Enzimi Eklenmiş ve Eklenmemiş Buğday Nişastasının 60°C'de Davranışı	43

ÖZET

Bu çalışmada, fenilketonüri hastalarının tüketimine yönelik düşük oranda protein içeren ve sert peynire benzeyen özelliklerde bir ürün yapısı geliştirilmiştir. Peynir benzeri ürünlerde kullanılan rennet kazeinin oranı %25'ten %5'e düşürülmüş, yerine buğday nişastası, vaksımsı mısır nişastası ve çeşitli hidrokolloidlerin kullanımı denenmiştir. Yapıda yüksek oranda bulunan nişastanın erimeyi engellediği ve bu nedenle parçalanması gerektiği görülmüştür. Bu amaçla α -amilaz enzimi kullanılarak nişasta kısmi olarak parçalanmış ve parçalı bir jel yapısı elde edilmiştir. Daha sonra bu yapı hidrokolloidler kullanılarak bütünleştirilmeye ve sertleştirilmeye çalışılmıştır. Isı ile tersinir jel oluşturan jelatin, κ -karagenan ve ι -karagenan yapıda istenen derecede eriyebilirlik ve sertlik sağlamaları için seçilmiştir. Ancak jelatin protein olduğundan ve ι -karagenan yumuşak bir yapı oluşturduğundan, üründe κ -karagenanın kullanımı tercih edilmiştir. Üründe gözlenen partiküllü yapının iyileştirilmesi amacıyla vaksımsı mısır nişastası kullanılmıştır. Vaksımsı mısır nişastası ve κ -karagenan beraber kullanıldıklarında sert ve ısıtıldığında eriyebilir bir yapı elde edilmiştir. Sert peynire benzer eriyebilirlik ve sertlikte bir ürün yapısının elde edilmesi için tepki yüzey metodu ve çoklu tepki optimizasyon yöntemi kullanılmıştır. Optimizasyonda hedef olarak ülkemizde yaygın olarak tüketilen bir sert peynir çeşidi olan Kaşar peynirinin özellikleri kullanılmıştır. κ -Karagenan oranının artırılmasının eriyebilirliğin azalmasına ve sertliğin artmasına neden olduğu bulunmuştur. Vaksımsı mısır nişastası ve α -amilaz oranının artırılmasının ise eriyebilirliği artırdığı belirlenmiştir. Eriyebilirlik üzerinde κ -karagenan-vaksımsı nişasta ve κ -karagenan- α -amilaz etkileşimlerinin de etkili olduğu bulunmuştur. Elde edilen optimum formülün kullanımı ile yapıda hedeflenen eriyebilirlik ve sertlik değerlerine ulaşılabileceği saptanmıştır.

DEVELOPMENT OF THE STRUCTURE OF A HARD CHEESE-LIKE PRODUCT WITH LOW PROTEIN CONTENT

SUMMARY

In this study, the structure of a product containing low amount of protein with properties similar to those of hard cheese for consumption of phenylketonuria patients was developed. The amount of rennet casein used in cheese-like products was lowered from 25 to 5%, instead use of wheat starch, waxy maize starch and various hydrocolloids was investigated. Starch present at high amount in the structure was found to prevent melting and therefore, α -amylase was used to partially hydrolyze starch and a particulated gel structure was obtained. Studies were then carried out to join and harden this structure by using hydrocolloids. Gelatin, κ -carrageenan and ι -carrageenan, which form thermoreversible gel, were selected in order to create the desired melting and hardness in the structure. However, since gelatin is a protein and ι -karagenan forms a soft structure, use of κ -carrageenan was preferred. Waxy maize starch was used to improve the particulated structure of the product. A hard and meltable structure was obtained when waxy maize starch and κ -carrageenan were used together. Response surface method and multiple response optimization were used to obtain a hard and meltable product structure. Properties of Kashar cheese, a commonly consumed cheese in our country, were chosen as targets for optimization. Increase in the amount of κ -carrageenan was found to reduce meltability and increase hardness. Increase in the amounts of waxy maize starch and α -amylase was determined to increase meltability. The interactions of κ -karagenan-waxy maize starch and κ -karagenan- α -amylase were also found influential on meltability. It was determined that the targeted values of meltability and hardness could be achieved in the structure with the usage of optimum formula.

1. GİRİŞ

Peynir benzeri ürünler süttten üretilmeyen, süt kaynaklı veya süt kaynaklı olmayan bileşenlerden üretilen gıda ürünleridir. Bileşimde kullanılan maddeler su ile karıştırılarak ısıt işlem uygulanır ve soğutulması sonrasında peynir benzeri ürün yapısı elde edilir. Peynir benzeri ürünlerin kullanımı ve bu ürünlere duyulan ilgi hazır gıdalara olan yönelimin artması ile beraber artmıştır. Bu ürünler daha çok pizzalarda, hamburgerlerde ve peynir soslarının üretiminde kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra peynire fonksiyonellik katmak, besleyicilik özelliğini artırmak ve maliyeti düşürmek amacıyla da üretilmektedirler. Bitkisel kaynaklı protein veya yağ kullanılarak üretilbildikleri için maliyetleri düşmektedir, çeşitli vitamin ve minerallerce zenginleştirilebildiği için besleyicilik özellikleri artmaktadır. Hayvansal yağ yerine bitkisel yağ kullanımı ile doymuş yağ oranı düşürülebilmekte, yağ ikamesi olarak kullanılan lif vb. bileşenler ile kalorisi azaltılmakta ve ürüne fonksiyonellik katılabilmektedir.

Peynir benzeri ürünler, bunun yanı sıra, bileşimleri değiştirilerek farklı tüketici gruplarına yönelik olarak üretilbilmektedirler. Düşük fenilalanin ve dolayısıyla düşük protein içeren diyet ile beslenme zorunluluğu bulunan fenilketonüri rahatsızlığına sahip tüketicilere yönelik olarak da peynir benzeri ürünler geliştirilebilir. Bu sayede bu tüketici grubuna hitap eden gıda seçenekleri arttırılmış olur.

Dünyada düşük proteinli sert peynir benzeri ürünler Amerika Birleşik Devletleri'nde ve Avrupa ülkelerinde üretilmektedir. Bu tip peynirlerin üretimlerinde protein yerine nişasta kullanımı ile peynir eriyebilirlik özelliğini kaybetmektedirler. Bir patentte eriyebilir peynir benzeri ürünün vaksımsı nişastanın pullulonaz enzimi ile parçalanması sonucu veya modifiye ve doğal nişastalar ile karıştırılarak kullanımı ile elde edilebileceği bildirilmektedir (Zallie ve Chung-Wai, 1988). Jelatin, karagenan ve düşük metoksilli pektinden oluşan hidrokolloid karışımlarının hidroksipropilenli yüksek amilozlu nişasta ile protein yerine kullanımıyla eriyebilir bir peynir benzeri ürün elde edildiği başka bir patentte bildirilmiştir (Yoder, 1996). Ancak jelatin

protein kaynaklı bir hidrokolloiddir ve kullanımı fenilketonüri hastaları için uygun değildir.

Bu çalışmada amaç, fenilketonüri hastalarına yönelik protein içeriği azaltılmış sert peynir benzeri bir ürün yapısının geliştirilmesidir. Sert peynir türü olarak ülkemizde yaygın olarak tüketilen Kaşar peyniri hedef alınmıştır. Çalışmada, protein yerine farklı bileşenlerin kullanımı denenerek Kaşar peynirine benzer sertlikte ve eriyebilirlikte bir peynir yapısının geliştirilmesi araştırılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Peynir Benzeri Ürünler

Peynir benzeri ürünler ('Imitation cheese') peynire benzer özelliklerde ancak süt yerine süt kaynaklı veya süt kaynaklı olmayan bileşenler kullanılarak üretilen peynirlerdir (Fox ve diğ., 2000). Peynir benzeri ürünler sentetik (soya proteini, soya yağı), kısmen süt kaynaklı (kazein ve soya yağı) veya tümüyle süt kaynaklı (kazein, tereyağı) bileşenler kullanılarak üretilirler (Bachmann, 2001). Peynir analogları FAO tarafından peynir görünümünde olup süt yağı yerine diğer yağlar kullanılarak üretilen peynirler olarak tanımlanmaktadır ve peynir benzeri ürünler, peynir benzeri ürün karışımları ve tozları bu başlık altında yer almaktadır (2004). Eritme peyniri ise peynirlerin eritilip, süt yağı, süt proteini, su ve tercihe göre diğer katkı maddeleri katılarak emülsifiye edilmesi ile elde edilen uzun raf ömrüne sahip ürünlerdir (FAO, 2004). Doldurulmuş peynirler ise ('filled cheese') yağı alınmış süttan geleneksel peynir üretim yöntemine uyularak, yağ yerine tereyağı veya bitkisel yağ ile üretilen peynir çeşidi olarak tanımlanmaktadır (Bachmann, 2001). Protein oranı düşük peynir benzeri ürünlere yönelik bir tanımlama henüz yapılmamıştır. Bu tip ürünler peynir benzeri ürün veya taklit peynir olarak adlandırılabilirler.

Laktozsuz peynir, düşük kalorili peynir, doymuş yağ oranı düşük peynir ve vitaminle zenginleştirilmiş peynirler, peynir benzeri ürünlere örnek olarak gösterilebilmektedir (Fox ve diğ., 2000). Bitkisel kaynaklı hammaddeler kullanılabileceği için üretim maliyetlerinin düşük olması, bileşenlerinin uzun süre saklanabilmesi, çeşitli mineral ve vitaminlerce zenginleştirilebileceği için fonksiyonel çeşitlilik sağlaması ve özel amaçlı diyetlere uygun üretilmesi bu tip peynirleri bazı yönlerden avantajlı kılmaktadır (Guinee ve diğ., 2004; Fox ve diğ., 2000).

Peynir benzeri ürünler pizzalarda, hamburgerlerin içinde, makarna ve salata soslarında ve sandviçlerde kullanılmaktadır (Kosikowski ve Mistry, 1997). Bu

kapsamda Mozarella, Cheddar veya Gouda peynirlerinin yanı sıra Parmesan, Romano, mavi ve krem peynir benzerleri üretilmektedir (Guinee ve diğ., 2004). Hammadde olarak kazein ve kazeinatlar, peynir altı suyu proteinleri, süt yağı veya bitkisel yağlar, emülsüfiye edici tuzlar, çeşitli emülgatör ve stabilizörler, koruyucular ve tat maddeleri su ile karıştırılarak bu tip peynirlerin yapısı oluşturulabilir (Fox ve diğ., 2000). Bitkisel yağ olarak genellikle soya, ayçiçek, Hindistan cevizi, susam veya palm yağı elde edilebilirliğe ve maliyete bağlı olarak tercih edilmektedir (Kosikowski ve Mistry, 1997). Protein olarak kazein, sodyum kazeinat ve kalsiyum kazeinatın yanı sıra soya, fıstık ve buğday proteini de kullanılabilen, ancak, rennet kazein daha iyi bir tada sahip olduğu için bu tip peynirlerde yaygın olarak tercih edilmektedir (Kosikowski ve Mistry, 1997).

2.1.1 Peynir benzeri ürünlerin üretim yöntemleri

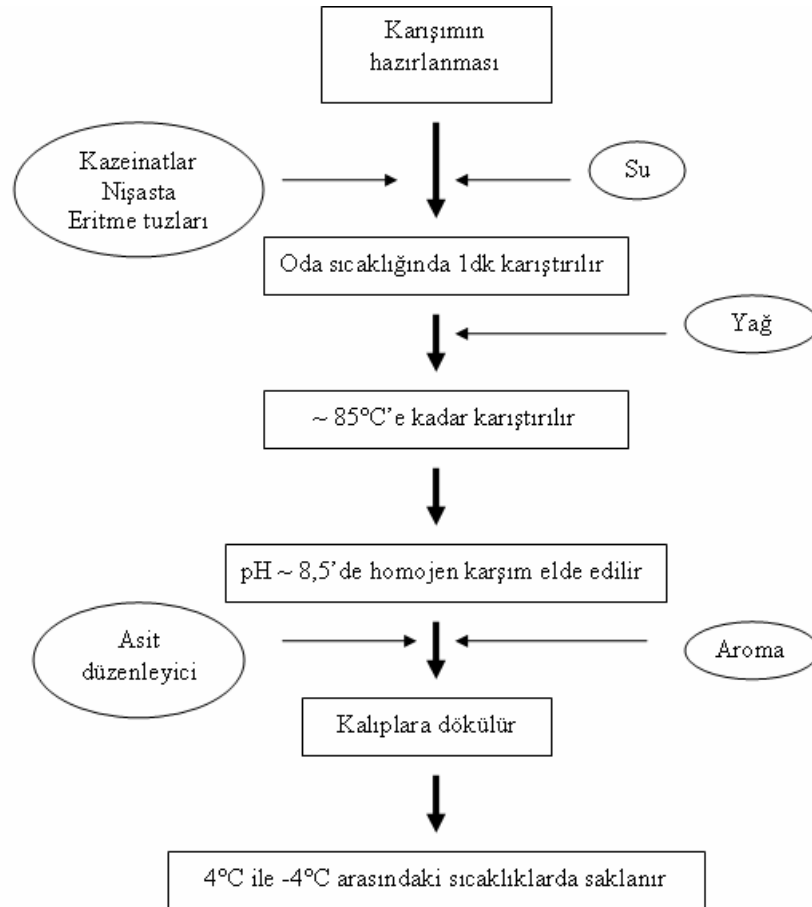
Peynir benzeri ürünlerin üretimi eritme peyniri üretimine benzemektedir. Bileşenler uygun bir şekilde karıştırılarak ısıtma ve pH ayarlamasının ardından soğutma uygulanarak yapı elde edilmektedir. Üretimde pH'nın ayarlanması tat ve depolama kalitesi açısından önemlidir (Kosikowski ve Mistry, 1997).

Bileşimin yanı sıra peynir benzeri ürünler, üretimde karıştırma hızı, ısıtma işlem süresi ve sıcaklığı, gibi faktörlerden de etkilenmekte, ısıtma işlemi raf ömrü esnasında proteoliz ve fizikokimyasal değişimleri etkilediği için önem kazanmaktadır (Bachmann, 2001). Eritme peyniri üretimi esnasında uygulanan ısıtma işlemi süresinin artması ile, yağın emülsiyon derecesinin artması ve kazeinin dağılma oranının artmasından ötürü, daha küçük yağ globüllerinin oluştuğu ve peynirin akma özelliğinin azaldığı gözlenmiştir (Shirashoji ve diğ., 2006). Nişastanın kullanıldığı peynir benzeri ürünlerde ise, nişasta miktarı arttıkça, nişastanın tamamen jelleşmesi ve homojen bir yapının elde edilmesi için gerekli üretim sıcaklığı ve süresinin artırılması gerektiği bildirilmiştir (Mounsey ve O'Riordan, 2007a).

Eritme peynirlerinin üretimi, kuru bileşenlerin su ve yağ ile karıştırılması ve buhar kullanılarak ~85°C'ye ısıtılması, homojen bir karışım elde etmek için karıştırılması ile elde edilebilir (Şekil 2.1) (Fox ve diğ., 2000). Peynir benzeri ürünlerin üretiminde karıştırıcı pişiricilerin kullanımı yaygındır, ancak karıştırma hızı yağın dağılmasının engellenmesi için düşük tutulmalıdır (Guinee ve diğ., 2004). Büyük yağ globülleri peynir benzeri ürünlerin akma ve erime özelliğini arttırırken, ürünün

kurumasını engeller (Guinee ve diğ., 2004). Bu nedenle 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 basamaklarında eklenmesinin nedeni, üretim esnasında pH'nın yüksek (~8-9) tutulmasıdır (Guinee ve diğ., 2004). Yüksek pH, eritme tuzlarındaki sodyum fosfat tarafından daha fazla miktarda kalsiyum bağlanmasına, kazeinin negatif yüklerinin ve sodyum para-kazeinat hidrasyonunun artmasına neden olmakta, kalsiyum para-kazein su bağlayan ve yağı emülsifiye eden sodyum para-kazeinata dönüşmektedir (Guinee ve diğ., 2004). Aromanın üretimin son aşamalarında bileşime eklenmesinin nedeni ise üretim sırasında aromada oluşacak kayıpların azaltılmaya çalışılmasıdır (Guinee ve diğ., 2004).



Şekil 2.1: Peynir Benzeri Ürünler İçin Genel Üretim Şeması (Fox ve diğ., 2000)

2.1.2 Peynir ve peynir benzeri ürünlerin üretiminde hidrokolloid kullanımı

Çeşitli peynirlerin üretiminde hidrokolloidler sertlik ve su tutma gibi yapısal özellikleri geliştirmek amacıyla kullanılmaktadır. Bir çalışmada süt yağının %60'ı

yerine kullanılan karbonhidrat bazlı (selüloz, guar gam ve karagenan içeren), peynir altı suyu bazlı (%35 peynir altı suyu proteini, %52 laktoz içeren) ve protein bazlı (sütten elde edilen, %81 protein, %7,9 laktoz içeren) ticari yağ ikamelerinin Cheddar peynirin viskoelastik özelliklerine etkileri araştırılmıştır (Ma ve diğ., 1997). En çok karbonhidrat bazlı yağ ikamesinin kullanıldığı düşük yağlı peynirin ağ yapısının tam yağlı peynire benzediği bildirilmiştir (Ma ve diğ., 1997). Karagenan ve kazeinin etkileşimi ve karagenanın su tutma kapasitesinin sinerjistik olarak oluşan jelin kuvvetini artırdığı bu nedenle karbonhidrat bazlı yağ ikamesinin üründe kullanılabileceği bildirilmiştir (Ma ve diğ., 1997). Protein bazlı yağ ikamelerinde bu özellikleri sağlayan fonksiyonel bir grup bulunmamaktadır (Ma ve diğ., 1997). Düşük yağlı olarak üretilen peynirlerin tam yağlı peynirlere göre daha katı bir jel oluşturdıkları, yağ ikameleri kullanılarak üretilen düşük yağlı peynirin tam yağlı peynire daha benzer bir yapı meydana getirdiği bildirilmiştir (Ma ve diğ., 1997).

Kazein ile kompleks oluşturduğu için, süt ürünlerinde κ -karagenan kullanımı yaygındır. Yağ, protein, κ -karagenan ve sudan oluşan bir model sistemde jel oluşumu incelenmiştir. Jel oluşma noktasının protein konsantrasyonuna bağlı olduğu, yağ ve pH değerinin jelleşme noktası üzerinde etkili olmadığı bildirilmiştir (Xu ve diğ., 1992). Oluşan jelde protein ve karagenanın yapı oluşturduğu, yağın aralarda dağılarak sadece dolgu görevi gördüğü belirtilmiştir (Xu ve diğ., 1992). Karagenan ve gellan gamı gibi gamların süte eklendiği takdirde, peynir altı suyu proteinlerinin üretim sırasında korunmasına ve kaybının engellenmesine yardımcı olduğu ve peynir veriminin arttığı bildirilmiştir (Kailasapathy, 1996).

Peynir benzeri ürünlerde nişasta ve karagenan gibi gamlar kullanılmaktadır. Nişastanın ve türevlerinin tek başına veya diğer hidrokolloidler ile beraber kullanımı ve oluşan ürünlerin yapısal özelliklerinin incelenmesi ile ilgili birçok araştırma bulunmaktadır.

2.1.3 Nişasta

Nişasta bitkilerin depoladığı bir polisakkarittir ve buğday tanesinin endospermde bulunur (Hung ve diğ., 2006). Nişastanın temel bileşenleri amiloz ve amilopektindir (Hung ve diğ., 2006). Amiloz α -(1,4) bağlı D-glikopiranozil ünitelerinden oluşan lineer bir molekül olmasına rağmen az miktarda α -(1,6) bağları içerir (Hung ve diğ., 2006). Amiloz/amilopektin oranı nişastaya göre değişiklik göstermektedir,

nişastadaki tipik amiloz ve amilopektin oranları sırasıyla %25-28 ve %72-75'dir (Hung, ve diğ., 2006).

Nişastada jelatinizasyon granül içerisindeki moleküler düzenin bozulması ve geri dönüşümü olmayan, granüllerin şişmesi, kristal yapının bozulması, bütünlüğün kaybı ve nişastanın çözünür duruma geçmesi gibi tersinmez değişikliklerin meydana gelmesidir (Thomas ve Atwell, 1999). Jelatinizasyon sıcaklık aralığı nişasta konsantrasyonuna, analiz koşullarına, granül tipine ve granüllerdeki heterojenliğe, jelatinizasyon ise sıcaklığa ve neme bağlıdır (Thomas ve Atwell, 1999). Jelatinizasyon esnasında granül büyüklükleri ve viskozite artar ancak bütün granüller aynı anda şişmez ve bu değişikliklerin meydana gelmeye başladığı sıcaklığa jelatinizasyon sıcaklığı denir (Thomas ve Atwell, 1999). Nişasta su içerisinde ısıtıldığında, polimer zincirleri arasındaki hidrojen bağları kırılır ve granül zayıflar, ilk şişme granülün amorf bölgesinde meydana gelir çünkü bu bölgede hidrojen bağları daha azdır ve buradaki polimerler çözünmeye daha müsaittirler (Thomas ve Atwell, 1999). Isıtma arttıkça daha fazla granül şişer ve çözünür hale geçer böylece ortamın viskozitesindeki artış daha fazla olur ve viskozitenin maksimum seviyeye ulaştığı noktada, nişastanın tamamen macun kıvamında olduğu düşünülür (Thomas ve Atwell, 1999). Granüllerin çözünmesi ve polimerlerin çözünür hale geçmesi sonucu doğal nişastalarda, ısıtmanın artması ile beraber viskozite düşmektedir (Thomas ve Atwell, 1999). Isıtma devam ettikçe daha küçük olan lineer amiloz moleküllerinin ardından amilopektin molekülleri çözünür ve granülden dışarı çıkar, granüller parçalanır ve yapısal bütünlük bozulur (Thomas ve Atwell, 1999).

Amilopektin ve amilozun jelatinizasyon sonucundaki davranışları farklıdır. Isıtmanın başlangıcında vaksımsı mısır nişasta amiloza göre daha yüksek viskoziteye sahiptir ve ısıtma devam ettikçe viskozite düşer ancak soğutulunca yapı bütün, yapışkan ve viskoelastik bir hal alır, jel oluşmaz (Thomas ve Atwell, 1999). Amiloz miktarı arttıkça, başlangıç viskozitesinin düşmesine rağmen ısıtma esnasındaki viskozite düşüşü daha azdır, soğutulduktan sonra ise kesilebilir bir jel meydana gelir (Thomas ve Atwell, 1999). Nişastadaki amiloz miktarı arttıkça jelin dilimlenebilirliği ve kesilebilirliği artmaktadır (Thomas ve Atwell, 1999).

Çözünmüş nişasta polimerleri ve geride kalan çözünmeyen granül kalıntıları ısıtıldıktan sonra tekrar birleşme ve yapı oluşturma eğilimine sahiptirler, bu değişim

bayatlama olarak adlandırılabilir (Thomas ve Atwell, 1999). İlk aşamalarda iki ya da daha fazla nişasta zinciri daha düzenli bölgeler halini alan basit birleşim noktaları oluşturur ve uygun şartlar altında kristal bir düzen elde edilebilir (Thomas ve Atwell, 1999). Amiloz molekülleri, bayatlamaya daha müsaittirler ve zaman içerisinde daha bütün ve su salmaya müsait hale geçerler (Thomas ve Atwell, 1999).

Ortamda bulunabilecek asit, bağları hidrolize etmekte ve granülün moleküler bütünlüğünü bozduğu için, viskozite üzerinde negatif etkiye sahip olan düşük pH ısıtmanın ilk aşamalarında jelatinizasyona yardımcı olsa da, daha sonra nişasta yıkımı gözlenir (Thomas ve Atwell, 1999).

2.1.4 Karagenan

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 polisakkarit ailesidir ve 3 temel fraksiyonu bulunmaktadır; kapa (κ), iyota (ι) ve lambda (λ) (Imeson, 2000).

3,6-anhidro-D-galaktoz varlığına ve sülfat grubu sayısı ve pozisyonuna göre yapısı değişiklik gösterir (Imeson, 2000). İyota ve kappa arasındaki temel farklılık 1,4-bağlı 3,6-anhidro-D-galaktoz-2-sülfat üzerindeki sülfat sayısıdır ve bu farklılık potasyuma olan hassasiyeti değiştirir (Glicksman, 1983). Sülfat sayısı arttıkça potasyuma duyarlılık azalır ve jel özellikleri zayıflar (Glicksman, 1983). C₂'ler %80'i sülfatlanmışsa, iyota karagenanda olduğu gibi kalsiyum hassasiyeti baskın olmaya başlar (Glicksman, 1983).

Karagenan çözeltileri ısıtıldıktan sonra, 40–60°C arasındaki sıcaklıklara soğutulduklarında jel oluştururlar (Imeson, 2000). Jelin oluşma sıcaklığı ortamdaki katyon konsantrasyonuna bağlıdır (Imeson, 2000). Karagenanın kappa ve iyota tipleri ısıtılıp soğutulduktan sonra geri dönüşümlü jel oluşturur. Erime sıcaklığının üzerinde karagenan polimerleri serbest zincirler halinde çözeltide bulunurlar ve soğutuldukları takdirde 3 boyutlu polimer oluştururlar (Glicksman, 1983). Oluşan bu jelin bağlantı noktalarını ikili sarmallar meydana getirir ve soğumaya devam edildikçe, bu bağlantı noktaları birleşerek 3 boyutlu jel yapısını oluşturur (Glicksman, 1983).

Sülfatların sayısı, tipi ve pozisyonu jel özelliklerini etkileyen faktörler arasındadır, sülfat gruplarının ikili sarmal yapının oluşmasını engellemesinden ötürü sülfat grubu sayısı arttıkça jel kuvveti azalmaktadır (Glicksman, 1983). İyota yapısında ise daha fazla karbonda sülfat grupları bulunmaktadır (Glicksman, 1983). κ-karagenan potasyum iyonu varlığında elastik ve güçlü jeller oluştururken kalsiyum iyonu varlığında daha kırılğan ve su salmaya müsait jeller oluşturur, ι-karagenan ise kalsiyum iyonu varlığında elastik ve su salması düşük jeller oluşturur (Glicksman, 1983). Bu jeller jelatin jellerine benzerdir ancak erime noktaları ve jelleşme noktaları jelatine göre daha yüksektir (Glicksman, 1983).

Tablo 2.1: Karagenan Özellikleri (Glicksman, 1983; Imeson, 2000)

	Kappa	Iyota	Lambda
Ester sülfatı	%25-30	%28-35	%32-39
Suda çözünürlük	70°C üzerinde	70°C üzerinde	Çözünür
Jelleşme durumu	Jel oluşturur	Jel oluşturur	Jel oluşturmaz
Katyonların jelleşmeye etkileri	K ⁺ ile güçlü jel	Ca ⁺⁺ ile güçlü jel	Jel oluşturmaz
Jel özellikleri	Kırılğan ve sert jel	Elastik jel	Jel oluşturmaz
Tuza dayanıklılık	İyi	İyi	Kötü
Nişasta ile sinerji	Hayır	Evet	Hayır

Karagenanlar yüksek sıcaklıklarda, yüksek pH'da oldukça stabildirler ancak düşük pH'da stabiliteleri düşer (Glicksman, 1983). pH düştükçe karagenan polimerleri hidroliz olduğu için jel oluşturma özellikleri azalır ve viskozite düşer, ancak jel bir kere oluşunca düşük pH'larda dahi hidroliz olamayacağından, jel stabildir (Glicksman, 1983).

2.1.4.1 Karagenan ve protein etkileşimleri

Sülfat grubu bulunan polisakkaritler negatif yüklüdürler ve protein gibi bazı pozitif yüklü moleküllerle kompleks oluşturabilirler (Glicksman, 1983). Proteinin izoelektrik noktasının üzerinde, bulunan metal iyonları proteinin negatif yüklü karboksil grubuyla polisakkaritin negatif yüklü ester sülfatı arasında köprü oluşturabilirler (Glicksman, 1983). Ancak izoelektrik noktanın altındaki pH'larda polisakkaritin ester sülfatı ile proteinin pozitif yüklü amino grubu arasında benzer

bir elektrostatik ilişki görülür (kazeinin izoelektrik noktası $\text{pH} = 4.6$) (Glicksman, 1983).

Alfa kazein ve beta kazein, kappa kazein tarafından stabilize edilmektedir (Glicksman, 1983). Bu stabilizasyon sağlanmazsa kazein kalsiyum iyonları ile reaksiyona girerek birleşir ve çöker (Glicksman, 1983). Karagenan özellikle κ -karagenan kazeinle reaksiyona girerek κ -kazein görevini görür ve kazeini stabilize eder (Glicksman, 1983).

κ -Kazein ve karagenanın etkileşimi pH 'dan oldukça etkilenmektedir. pH 'nın 6,5'den 8'e yükselmesiyle karagenan ile κ -kazein arasındaki etkileşim azalmakta, bu da jel özelliklerinde zayıflamaya neden olmaktadır (Xu ve diğ., 1992). Daha yüksek pH 'larda κ -kazein negatif yüklü olacağı için, negatif yüklü karagenan ile etkileşimi azalmaktadır (Xu ve diğ., 1992). Ortamdaki kalsiyumun karagenan üzerindeki sülfatları nötralize etmesi sonucu itici güçler azalır, jelleşmeyi takiben sarmal yapı oluşumu ve dolayısıyla jel sertliği artar (Xu ve diğ., 1992).

Karagenan zinciri ve kazein misellerinin çeperi arasında elektrostatik bir çekim bulunmaktadır (Martin ve diğ., 2006). Kazein ve karagenan jellerinde, κ -karagenanın jelleşmesi ve ağ yapısı oluşturması ve κ -karagenanın kazein miseli üzerine bağlanması sonucu oluşan etkileşimler söz konusudur (Martin ve diğ., 2006). κ -Karagenan kazein miseline sadece heliks formunda bağlanabilmektedir, bu yüzden kazein misellerinin bulunması karagenanın kendi arasında yapı oluşturmaya engel olmaktadır (Martin ve diğ., 2006).

Peynirdeki yağın %60'ı yerine 3 farklı yağ ikamesi ilavesi denenmiştir. Karagenan içeren yağ ikamesi, protein bazlıya göre yapısal özelliklerde daha iyi bir sonuç vermiştir (Ma ve diğ., 1997)

2.1.5 Peynirin yapısal özellikleri

Farklı peynirlerin bileşimlerine ve üretim yöntemlerine bağlı olarak farklı yapısal özellikleri vardır. Enstrümental olarak ölçülen ve duyuşal özelliklerle ilişkilendirilebilen sertlik ('hardness'), iç yapışkanlık ('cohesiveness'), esneklik ('springness') ve çiğnenebilirlik ('chewiness') peynir dokusunu tanımlamak için kullanılmaktadır (Gunesekaran ve Ak, 2003). Bunların yanında Mozzarella gibi sert

peynirlerde eriyebilirlik kaliteyi etkileyen önemli bir fiziksel özelliktir (Gunesekaran ve Ak, 2003).

Mozzarella ve Kaşar gibi bazı peynirlerde eriyebilirlik önemli bir yapısal özelliktir. Peynirde erimenin mekanizması protein ağ yapısındaki değişikliklerle açıklanmaktadır. Sütten yapılmış doğal peynir üç boyutlu para-kazeinattan meydana gelen bir ağ yapısına sahiptir ve bu yapının bütünlüğü proteinler arasındaki çapraz bağlarla sağlanmaktadır (Fox ve diğ., 2000). Nem ve yağın içinde ayrı ayrı veya birleşmiş kitleler halinde hapsoldüğü ağ yapısı bir bütün olarak gevşek ve yarı tok bir sünger andırmaktadır (Fox ve diğ., 2000). Para-kazeinat ağ yapısının bütünlüğü çeşitli hidrofobik ve elektrostatik çekimler gibi iç ve dış bağlarla sağlanmaktadır ve sıcaklığın yükselmesi, pH'nın düşük olması sebebiyle ($\text{pH} < 7$) para-kazeinat ağ yapısında kısmen hidrasyon, birleşme ve büzülme görülmektedir (Fox ve diğ., 2000).

Peynir yapısında gerçek anlamda eriyen tek bileşen yağdır, ancak sıcaklığın artması ile beraber protein-protein bağlarının gevşemesi sonucunda proteinlerin oluşturduğu yapı yumuşar ve akar (Udayarajan ve Lucey, 2005). Enerji aldıkça büzülmenin meydana geldiği peynir jelinde, makroskopik seviyede su ve yağı ayrılır, moleküler seviyede ise protein-protein etkileşimlerinde değişiklikler meydana gelir (Udayarajan ve Lucey, 2005). Sıcaklık 40°C'nin üzerinde olduğunda protein ağ yapısındaki bağların sayısı ve gücü azalır ve kazein misellerinin katı yapısı değişerek elastik durumdan viskoz akışkan bir duruma geçer (Udayarajan ve Lucey, 2005). Bu değişim sırasında peynirdeki bazı bağlar, diğerlerine göre daha çabuk zayıflar veya kırılır ve sıcaklığın artması ile beraber hidrofobik etkileşimler önem kazanır (70°C'e kadar), kazein partikülleri arasındaki temas bölgesi de azalır ve partikül içi bağlar güçlenir (Udayarajan ve Lucey, 2005). Partiküllerin temas bölgelerindeki azalma ve bunun yanında hidrojen bağlarındaki düşüş, protein ağ yapısını zayıflatır (Udayarajan ve Lucey, 2005).

Peynirin eriyebilirliği bileşenlerine, proteoliz derecesine ve üretim yöntemlerine göre değişiklik göstermektedir (Ruegg ve diğ., 1990). Süt yağının erime sıcaklığının üzerinde olduğu sıcaklıklarda, süte uygulanan homojenizasyon işleminin, sütten üretilen tam yağlı ve düşük yağlı peynirler üzerinde erimeyi azaltıcı etki gösterdiği bildirilmektedir (Van Hekken ve diğ., 2007). Az sayıdaki, büyük yağ

damlacıklarının yoğun kazein ağ yapısının içinde ayrı ayrı olduğu ve ısı işlem ile protein ağ yapısını bozacak etkinlikte olmadıkları için düşük yağ oranına sahip peynirlerin tam yağlı peynirlere göre daha az eridiğini bildirmişlerdir (Van Hekken ve diğ., 2007). Proteinler yağ globülleri üzerini kaplayarak emülsiyon oluşturma eğiliminde olduğu için ve bu ikili kompleks yapıda protein üniteleri olarak davranır böylece polimer ağ yapısının oluşması için yardımcı olur (Xu ve diğ., 1992). Buradaki kritik faktör homojenizasyondur ve bu işlem ile yağ damlacıkları yapının aralarına girecek duruma gelebilmektedir (Xu ve diğ., 1992).

Peynirin ağ yapısı proteinlerden meydana geldiği için kalsiyum ve pH kazeinlerin su tutma kapasitelerini değiştirdiği için eriyebilirlik üzerinde etkili parametrelerdir (Ruegg ve diğ., 1990). Yüksek pH eriyebilirliği azaltırken, kalsiyumun kazeine bağlanması ile eriyebilirliğin azaldığı bildirilmiştir (Ruegg ve diğ., 1990).

2.1.6 Peynir benzeri ürünlerin yapısal özellikleri

Peynirin bileşiminde ve üretiminde yapılan değişiklikler peynirin yapısal özelliklerini etkilemektedir. Bu nedenle peynir benzeri ürünlerin üretiminde öncelikle yapısal özelliklerin sağlanması hedeflenmektedir.

Peynir benzeri ürünler hakkında bugüne kadar yapılan çalışmalar daha çok toplam yağ içeriğinin azaltılması veya doymuş yağ oranı düşük yağlar kullanarak yağla ilgili özelliklerinin değiştirilmesi üzerinedir. Bu amaçla peynirdeki hayvansal yağ yerine bitkisel kaynaklı yağ kullanımı denenmiş veya yağ ikamesi olarak kullanılabilecek maddeler araştırılmıştır.

Protein bazlı (Simplese D-100 ve Dairy-Lo) ve karbonhidrat bazlı (Raftiline) ticari yağ ikameleri ile üretilen düşük yağlı Kaşar peynirinin doku, eriyebilirlik ve duyuşsal özellikleri, yapılan bir çalışmada incelenmiştir (Koca ve Metin, 2004). Yağ ikamelerinin genel olarak sertlik, esneklik ve yapışkanlığı azalttığı, iç yapışkanlığı artırdığı bildirilmiştir (Koca ve Metin, 2004). Simplese D-100'ün ve Raftiline HP'nin düşük yağlı Kaşar peynirinin dokusal ve duyuşsal özelliklerini geliştirdiği ve peynirde kullanılabileceği bildirilmiştir (Koca ve Metin, 2004).

Hsieh (1993) yaptığı bir çalışmada eritme peynir üretiminde peynir altı suyu proteini, kazeinat, jelatin, yumurta beyazı ve soya proteini izolatu kullanımını denemiştir. Soya proteini içeren jellerin diğer jellere göre daha yumuşak bir yapı

oluşturduğu, yumurta beyazının ise heterojenliğe neden olduğu bildirilmiştir (Hsieh, 1993). Protein ile zenginleştirilen tüm eritme peynir örneklerinde ısıtma sırasında su kaybının engellendiği ve su tutma kapasitesinin arttığı, peynir altı suyu proteini ve kazeinatın peynirin viskoelastik özelliklerini değiştirdiği ancak ağ yapısının dayanıklılığında soya proteinleri gibi bir artışa neden olmadıkları görülmüştür (Hsieh, 1993).

Peynirin dokusal özelliklerini etkileyen bileşenlerden biri de eritme peynirinde kullanılan eritme tuzudur. Kullanılan tuz miktarına ve cinsine bağlı olarak peynirin dokusal özelliklerinin değiştiği bildirilmiş, bunun temel nedeni olarak tuzların emülsiyon oluşturma özellikleri bakımından gösterdiği farklılık gösterilmiştir (Awad ve diğ., 2002). Düşük oranda emülsifiye edilmiş bir peynir yapısı yumuşak ve daha yüksek eriyebilirliğe sahipken, yüksek oranda emülsifiye edilmiş bir yapının daha sert, sıkı ve kesilebilir olduğu bildirilmiştir (Awad ve diğ., 2002).

Peynirdeki nem miktarı sertliği azaltırken, yağ miktarındaki artışın esnekliği, protein miktarındaki artışın ise elastikliği iç yapışkanlığı artırdığı bildirilmiştir (Bhaskaracharya ve Shah, 1999). Protein sıkı ve yoğun bir yapı oluşturduğu için miktarı arttıkça eritme peyniri daha sert ve bütün bir yapıya sahip olmakta, yağ ve nem yumuşatıcı bir etki yarattığı ve viskoelastik özellikleri düşürdüğü için yapının daha yumuşak olmasına neden olmaktadır (Dimitrelli ve Thomareis, 2007).

Emülsifiye edici maddeler ve kanola yağı kullanılarak üretilen peynir yapısının kontrole göre daha az elastik ve deformasyonlara daha dayanıksız olduğu yapılan bir çalışmada görülmüştür (Lobato-Calleros ve diğ., 2003). Kontrol peynirdeki kazein-yağ globülleri ve kazein-kazein arasındaki bağların zayıflığı elastikiyetteki azalma ile ilişkilendirilmiştir (Lobato-Calleros ve diğ., 2003).

2.1.6.1 Düşük proteinli peynir benzeri ürünlerin yapısal özellikleri

Peynirde yapının oluşumu ve kendine özgü özelliklerini sağlayan en önemli bileşen proteindir. Protein diğer bileşenlerle birlikte peynir yapısını oluşturmakta ve yağ ile beraber erimeyi sağlamaktadır. Peynir benzeri düşük protein içeren ürünlerde protein yerine nişasta kullanılmaktadır. Nişasta kullanım oranına bağlı olarak yapısal özellikleri değişmekte, erimeyi azaltmakta veya engellemektedir.

Düşük proteinli peynir benzeri ürün üretimi birçok patentin de araştırma konusunu oluşturmuştur. Zallie ve diğ. (1988) bir patentte kazein yerine endo- α -1,6-D-glukanohidrolaz enzimi ile kısmen veya tamamen parçalanmış prejelatinize vaksımsı mısır nişastası, patates ve tapioka nişastası, çapraz bağlı nişasta ve nişasta türevleri kullanılmıştır. Nişastaların tek başına kazeinin tamamı yerine kullanıldığı ürünlerin jel özelliklerinin ve eriyebilirliklerinin peynire benzerliklerinin düşük olduğu, enzim ile muamele edilmiş vaksımsı nişastanın oktenil suksinik asit kullanılarak elde edilen mısır nişastası veya vaksımsı mısır nişastası ester türevleriyle beraber kullanıldığı ürünlerin eriyebilirlik ve jel özelliklerinin ise peynire benzediği bildirilmiştir (Zallie, 1988). Bir patentte granüler okside edilmiş, çapraz bağlı, asit ile hidrolize edilmiş nişasta veya nişasta karışımları ve hidrokolloid karışımları, peynir benzeri ürün yapısı oluşturmak amacıyla kullanılmış ancak eriyebilirliğin sağlanması için bu karışımdan kullanılması gereken en yüksek oranın %3-5 olması gerektiği bildirilmiştir (Finnie ve Olsen, 1996). Başka bir patentte ise eriyebilir bir peynir benzeri ürün yapısı elde edilmesi amacıyla rennet kazein yerine granüler hidroksipropilen yüksek amiloz oranına (%40) sahip nişasta (%64 veya 70), jelatin (% 26 veya 30) ve düşük metoksilli pektin (%10 veya 0) kullanıldığı, bu bileşenlere ilave olarak karagenan kullanıldığında peynirin eriyebilirliğinin azaldığı bildirilmektedir (Yoder ve diğ., 1996).

Toplam peynir içeriğinin %3'ü kadar nişasta içeren peynir benzeri bir ürün 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 veya mısır nişastası denenmiş ve nişasta içeren tüm peynirlerde erime ve bütünlüğün azaldığı görülmüştür (Mounsey ve O'Riordan, 2001). Vaksımsı mısır nişastası, sertliği azaltırken diğer nişastalı peynirlerde sertliğin kontrolden daha yüksek olduğu görülmüştür (Mounsey ve O'Riordan, 2001).

En yüksek eriyebilirlik mısır nişastası ile üretilen üründe, daha sonra sırasıyla patates, vaksımsı mısır, buğday ve pirinç nişastası içeren peynirlerde görülmüştür (Mounsey ve O'Riordan, 2001). Eriyebilirlikteki azalmayı jelatinize olmuş nişasta granüllerinin suyu bağlaması sonucunda protein ağındaki su kaybı olması ve buna bağlı olarak da hidrofobik protein-protein etkileşimlerinin artması ile açıklanmışlardır (Mounsey ve O'Riordan, 2001).

Mounsey ve O’Riordan (2001) pirinç nişastası hariç, nişasta içeren bütün peynirlerin kontrole göre daha az iç yapışkanlığa sahip olduğunu ve bunun peynirlerdeki protein miktarının düşük olmasına ve nişastanın fiziksel olarak protein ağ yapısını bölmesine ve bütünlüğünü azaltmasına bağlamışlardır. Pirinç nişastası içeren peynirin ağ yapısındaki bozulmanın az olmasının nedeni ise diğer nişasta türlerine göre daha küçük granüllere sahip olması ile açıklanmıştır ve bunlara ek olarak yüksek amilozlu nişasta içeren peynirlerin kontrole ve vaksımsı nişasta içeren örneklerle göre daha bütün olduğu bulunmuştur (Mounsey ve O’Riordan, 2001).

Başka bir çalışmada, %3 oranında farklı amiloz içeriğine sahip (%2.5, %15, veya %28) doğal nişastalar ile prejelatinize çapraz bağlı ve stabilize edilmiş farklı nişasta tipleri kullanılmıştır (Mounsey ve O’Riordan, 2007b). Vaksımsı nişasta kullanılan örneklerde, sıcaklığın artmasıyla meydana gelen değişiklikler kontrolü andırırsa da oda sıcaklığında bu tip peynirlerin kontrolden daha yumuşak ve daha az bütün olduğu gözlenmiştir (Mounsey ve O’Riordan, 2007b). Vaksımsı nişastalar daha büyük granüllere sahip olduğu ve protein ağ yapısının sürekliliğini bozduğu için, oda sıcaklığında yüksek amilozlu nişastalar kontrole daha yakın bir yapı oluşturmuşlardır (Mounsey ve O’Riordan, 2007b). Bu özelliğinden ötürü, yapı göz önünde bulundurulduğunda peynir benzeri ürünlerin üretiminde, belli bir orana kadar protein ikamesi olarak yüksek amilozlu nişastaların tercih edilebileceğini bildirmişlerdir (Mounsey ve O’Riordan, 2001).

Eriyebilirlik söz konusu olduğunda ise, vaksımsı pirinç nişastası kullanılarak üretilen örneklerin kontrole benzer bir eriyebilirliğe sahip olduğu, yüksek amilozlu nişastalar içeren peynir benzeri ürünlerin eriyebilirliklerinde azalma olduğu bildirilmiştir (Mounsey ve O’Riordan, 2007b). Yüksek amiloz oranına sahip nişastaların eriyebilirliği engelleyici etkilerinin nedeni geri dönüşümsüz olarak jelleşmeleri ve kristalleşmeleridir, ve bu kristalleşme özelliklerinden ötürü ürünün sertliğinin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır (Mounsey ve O’Riordan, 2007b).

Peynir benzeri ürünlerde rennet kazein yerine artan oranlarda (% 15, 25, 35, 45, 100) buğday nişastasının kullanımının eriyebilirliği azalttığı bulunmuştur (Mounsey ve O’Riordan, 2007a). Nişastanın rennet kazeinin tamamı yerine kullanıldığı üründe ise, erimenin gerçekleşmediği bildirilmiştir (Mounsey ve O’Riordan, 2007a). Mikroskoopik incelemelerde, nişasta ile protein arasında herhangi bir ortak yapı

oluşumu görülmemiş, her iki bileşenin kendi aralarında yapı oluşturduğu bulunmuştur (Mounsey ve O’Riordan, 2007a).

2.2 Fenilketonüri hastalığı ve peynir tüketimi

Fenilketonüri hastalığı fenilalanin hidroksilaz enzimi eksikliğinden kaynaklanan kalıtsal bir hastalıktır (Özalp, 2000). Bu enzimin eksikliğinde kanda ve diğer vücut sıvılarında fenilalanin ve metabolitleri artar ve giderek artan ve biriken fenilalanin beyin dokusuna toksik etki gösterir (Özalp, 2000). Erken tedavi edilmediğinde ve düşük fenilalanin içeren diyet takip edilmediğinde zekâ geriliğine ve oturma yürüme gibi bazı hareketlerin gerçekleştirilmesinde güçlüğü, otistik davranışlara neden olur (Özalp, 2000). Fenilketonüri, hastalığın biyokimyasal fenotipine ve bireyde bulunan enzim aktivitesine göre primer, sekonder ve yalancı pozitivite olarak 3 gruba ayrılabilir (Özalp, 2000).

Fenilalanin, fenilalanin hidroksilaz enzimi etkisi sonucunda karaciğerde tirozine dönüşmektedir ve bu enzimdeki herhangi bir mutasyon enzimin etkisiz hale gelmesine veya etkinliğinin azalmasına yol açmaktadır (Neyzi ve Ertuğrul, 2002). Fenilalanince kısıtlı diyet uygulamasının amacı beyin hasarını önlemek ve vücut sıvılarındaki fenilalanin ve metabolitlerini azaltmaktır (Neyzi ve Ertuğrul, 2002). Fenilalanin elzem bir aminoasit olduğu için hastanın enzim aktivitesinin izin verdiği sürece kandaki fenilalanin seviyesi risk yaratmayacak sınırlarda tutularak fenilalanin alımına izin verilmektedir ve fenilalaninden aşırı yoksun tedavi hızlı büyüyen süt çocuklarında ölümle bile sonuçlanabilmektedir (Neyzi ve Ertuğrul, 2002). Erken tanı ve tedavi, fenilalaninin geri dönüşümsüz hasarlarını önlemek için şarttır, bu sebeple tedaviye yaşamın ilk 20 günü içinde başlamalı ve tedavi yaşam boyu sürdürülmelidir (Neyzi ve Ertuğrul, 2002). Diyet tedavisi ilk 8-10 yıl boyunca sıkı bir şekilde devam etmelidir, bunun nedeni beyin dokusunun gelişme hızının bu dönemde en yüksek seviyede olmasıdır (Neyzi ve Ertuğrul, 2002). Düzenli takip edilmiş ve diyetinden sapmamış çocuklar yaşlılarına benzer büyüme evresi ve gelişim gösterirler. Beklenen zeka potansiyeline ulaşırlar (Özalp, 2000). Her yaşta kan fenilalanin seviyesinin takibi yapılmalıdır aksi takdirde birey çocukluk çağlarında uygun diyeti takip etmiş olsa bile ileriki yaşlarda fenilalanin seviyesindeki yükselme beyinin bazı

fonksiyonlarına bağılı becerilerde geri dönüşümlü kötüleşmelere neden olur (Neyzi ve Ertuğrul, 2002).

Ülkemize bu hastalığın görülme sıklığı oldukça yüksektir (Tablo 2.2). Her yıl Türkiye’de 250–300 çocuk fenilketonüri rahatsızlığı ile doğmaktadır ve her yıl 20–25 kişiden birinin bu hastalığı taşıyor olması ve ülkemizdeki akraba evlilikleri oranının fazla olması, bu hastalığın ülkemizde diğer ülkelere göre saha sık görülüyor olmasının nedenleri arasında yer almaktadır (Özalp, 2000).

Tablo 2.2: Türkiye ve Diğer Ülkelerde Fenilketonüri Görülme Sıklığı (Özalp, 2000)

Ülke	Sıklık
Türkiye	1 / 4500
U.S.A	1 / 13000
U.K	1 / 10000
Almanya	1 / 9000
İrlanda	1 / 6110
İtalya	1 / 7000
Fransa	1 / 18800
Çin	1 / 20000
Japonya	1 / 60000
Finlandiya	< 1 / 71000

Süt ve süt ürünleri protein, kalsiyum ve fosfor açısından zengin gıdalardır. Fenilketonüri hastaları, özellikle çocuklar, bu ürünleri tüketemedikleri için gerekli kalsiyum ve fosforu alamamaktadırlar. Ayrıca diyet kısıtlaması sebebiyle yaşlılarına kıyasla ruhsal sıkıntılar yaşamaktadırlar (Seçkin, 2007). Peynir fenilalanin içeriği yüksek bir gıda ürünü olduğundan bu kişiler için tüketimi sağlık açısından sakıncalıdır. Günlük alınması izin verilen maksimum fenilalanin miktarı yaşa ve kiloya göre değişmektedir (Tablo 2.3).

Tablo 2.3: Fenilketonüri Hastaları İçin Günlük Alınabilecek En Yüksek Fenilalanin Miktarı

Yaş (ay)	Fenilalanin (mg/kg/gün) (Linder, 1991)	Ortalama Ağırlık (kg) (CDC, 2000)	Alınabilecek Fenilalanin (mg/gün)
7-9	44	8,5	374
10-12	33	9,5	314
13-24	25	11	275
25-36	24	13	312
37-48	20	15	300
49-72	18	18	324
73-96	17	24	408
97-120	15	30	450

Kaşar peynirine benzer bir yapıya sahip olan Mozzarella peynirinin 100 g'ında 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, bu da günlük alınabilecek en yüksek fenilalanin miktarını yaklaşık olarak karşılamaktadır.

Ancak sert peynir eriyebilirlik özelliği ile pizza, tost ve makarna gibi yiyeceklerde kullanılabilmekte, bu şekilde gıda çeşitliliği sağlanmaktadır. Bu nedenle bu tüketici grubu için protein içeriği düşük peynir benzeri ürünlere ihtiyaç vardır. Amerika Birleşik Devletlerinde ve Avrupa Ülkelerinde bu tip peynirler ticari olarak üretilmekte ancak yüksek nişasta içeriğinden dolayı eriyebilirliğin sağlanamadığı belirtilmektedir.

Peynir benzeri ürünlerin bileşimlerinin değiştirilebilir olması, tedavi veya takip için diyet uygulaması gerektiren bazı rahatsızlıklara yönelik üretilebilmelerini de mümkün kılmaktadır. Bu çalışmada amaç, fenilketonüri rahatsızlığına sahip tüketicilere yönelik protein içeriği azaltılmış sert peynir benzeri bir ürün yapısının geliştirilmesidir. Sert peynir türü olarak ülkemizde yaygınlıkla tüketilen Kaşar peyniri hedef alınmıştır. Çalışmada, protein yerine farklı bileşenlerin kullanımı denenerek Kaşar peynirine benzer sertlikte ve eriyebilirlikte bir peynir yapısının geliştirilmesi araştırılmıştır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1 Materyal

Peynir benzeri ürünün üretiminde ana bileşenler olarak rennet kazein (Maysa Gıda San. Tic. A.Ş., İstanbul), tereyağı, buğday nişastası (Hasal Tarım San. Tic. Ltd. Şti., İzmir) ve distile su kullanılmıştır. Sert ve eriyebilir bir yapının oluşturulması için Na-aljinat (Inkom A.Ş., Mersin), propilen glikol aljinat (Inkom A.Ş., Mersin), düşük metoksilli pektin (Inkom A.Ş., Mersin), agar (Inkom A.Ş., Mersin), ı-karagenan (Inkom A.Ş., Mersin), jelatin (Yılmaz Kimya San. ve Tic. A.Ş., İstanbul), κ-karagenan (Inkom A.Ş., Mersin) ve vaksımsı mısır nişastası (Cerestar, Cargill Tarım ve Gıda San. Tic. A.Ş., Bursa) kullanımı denenmiştir. Nişastanın parçalanması için küf kökenli α -amilaz enzimi (Fungamyl® 1600 SG, Novozymes, Polen Gıda, İstanbul) kullanılmıştır. Rennet kazeinin çözündürülmesi için trisodyum sitrat (Trend Gıda San. ve Tic. Ltd. Şti., İstanbul) ve disodyum fosfat (Tunçkaya Ltd. Şti., İstanbul) tuzları kullanılmıştır.

Hazırlanan örneklerin yapısal özelliklerinin Kaşar peynirinin özellikleri ile karşılaştırılması amacıyla 5 farklı markaya ait 8 adet Kaşar peyniri bir marketten alınmıştır. Peynirler ölçümleri yapılabilecek kadar 4°C’de muhafaza edilmiştir.

3.2 Metod

Çalışmada, peynir benzeri ürünlerin üretiminde %25 oranında kullanılan rennet kazein %5 oranında olacak şekilde azaltılarak düşük proteinli sert ve eriyebilir bir peynir yapısının elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu yapının oluşturulması için öncelikle ön denemeler yapılarak gerekli bileşenler belirlenmiştir. Ön denemelerde istenen yapının sağlanması için çeşitli hidrokolloidlerin kullanımı ve α -amilaz enzimi ile nişastanın parçalanması yolları denenmiştir. Son olarak Kaşar peynirine benzer sertlik ve eriyebilirlikte bir yapının elde edilmesi için belirlenen bileşenlerin ve enzimin optimum miktarları tespit edilmiştir.

3.2.1 Ön denemeler

3.2.1.1 Bileşenlerin belirlenmesi

Örneklerin hazırlanmasında peynir benzeri ürünlerin üretiminde kullanılan ana bileşenler ve üretim yöntemi esas alınmıştır (Mounsey ve O’Riordan 1999; 2001; 2007a; 2007b; 2008; Fox ve diğ., 2000).

Rennet kazein (%5), buğday nişastası (%25), tereyağı (%20), disodyum fosfat (%0,098), trisodyum sitrat (%0,22) ve distile su (%49,7) kullanılmıştır. Hidrokolloidlerin kullanıldığı örneklerde hidrokolloidler buğday nişastasının bir kısmı yerine formüldeki toplam kuru madde miktarı sabit olacak şekilde eklenmiştir.

Rennet kazein (son karışımda %5), kullanılacak suyun bir kısmı (%5), trisodyum sitrat (%0,22) ve disodyum fosfat (%0,098) tuzları eklenerek 2 dk karıştırılmıştır. Tereyağı (%20) eritilerek 40°C’ye getirilmiş ve rennet kazein karışımı ile karıştırılmıştır. Nişasta (%25) ve suyun bir kısmı (%30) 1 dk karıştırılmıştır. Son olarak rennet kazein karışımı, nişasta karışımı, hidrokolloidler ve geriye kalan su birleştirilerek 3 dk karıştırılmıştır. Örnekler su banyosunda 80°C’ye getirilmiş ve bu sıcaklıkta 20 dk bekletilmiştir. Su banyosundan çıkarılan örnekler buzlu su ile soğutulurak 4°C’de saklanmıştır. Üretimden bir gün sonra örneklerde eriyebilirlik ölçülmüş ve yapısal özellikler görsel olarak incelenmiştir.

3.2.1.2 Enzim çalışmaları

Ön denemelerde eriyebilir bir yapının elde edilmesi için nişastanın parçalanması gerektiği görülmüştür. Bir patentte vaksımsı nişasta pullulonaz enzimi kullanılarak parçalandığında eriyebilen peynir benzeri bir yapının elde edilebildiği bildirilmiştir (Zallie, 1988). Bu çalışmada ise, daha yaygınlıkla kullanılan ve kolay bulunabilinen buğday nişastası ve α -amilaz enzimi kullanılması tercih edilmiştir. Nişastanın parçalanması için gereken minimum enzim miktarı, sıcaklık ve süre ön denemelerle belirlenmiştir. Enzimin aktivitesi 60-80°C arasındaki sıcaklıklarda reolojik ölçümler yapılarak elastikiyet katsayısındaki (G') azalma ile belirlenmiştir (Ek A).

Küf kaynaklı α -amilaz enziminin çözünür nişasta üzerine aktif olduğu sıcaklıklar ve etkisiz hale geldiği sıcaklıkların 50–60°C olduğu, maksimum aktivasyon seviyesinin hemen ardından aktivitesinde belirgin bir düşüş meydana geldiği bildirilmiştir (Kumar ve diğ., 2006). Bu çalışmada kullanılan enzimin nişasta ısı işlem ile

özünür hale getirilmiş nişasta üzerinde 60–80°C arasında aktif olduğu belirlenmiştir (Ek A). Sıcaklık 65°C olduğunda nişasta jelleşmiş olduğu, enzimin yeterli derecede ve kontrol edilebilir bir hızda çalıştığı gözlemlendiğinden bu sıcaklık seçilmiştir. Onbeş dakikalık bir sürenin enzim aktivitesini göstermesi için yeterli olduğu ve üretim süresinde kabul edilebilir bir uzamaya neden olacağından bu sıcaklık seçilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre üretim yöntemine nişastanın parçalanması için 65°C’de 15 dk’lık bir ısıtılma uygulaması eklenmiştir.

Enzim aktivitesinin ölçölmesi için yapılan çalışmalarda 10 gr buğday nişastası 15 ml su ile oda sıcaklığında 2 dk karıştırılmış ve bu karışımdan alınan örneğin reometrede sabit sıcaklıkta süreye bağlı G’(elastikiyet katsayısı) değişimleri gözlenmiştir. Ölçümler sırasında C35/2° Ti sensör kullanılmış, %0,01 deformasyonda (viskoelastik bölgede olduğu belirlenmiştir), 0,1 Hz frekansta ve 50, 60, 65, 70, 80°C sıcaklıklarda, 30 dk bekletilerek karışımın jel özellikleri belirlenmiştir.

3.2.2 Bileşimin optimizasyonu

Son ürün formölünün oluşturulması amacıyla tepki yüzey metodu kullanılarak optimizasyon yapılmıştır. Ön denemelerle belirlenen bileşenlerin kullanılabilirlik sınır miktarlarına göre üç faktörlü, 3 bloklu ve her faktörden beş seviye olmak üzere deneme deseni oluşturulmuştur. Merkez nokta 6 kez tekrar edilecek şekilde deneme deseninde yer almıştır (Tablo 3.1).

Deneme desenine göre belirlenen formöllerde örnek karışımları hazırlanmıştır. Örnek karışımları ön denemelerdeki gibi hazırlandıktan sonra su banyosunda 65°C’de 15 dk bekletilmiştir. Su banyosundan alınan örnekler 1 dk karıştırılarak buharlı ısıtıcıya konulmuşlardır. Buharlı ısıtıcıda 85°C’de 5 dk bekletilmiş, 1 dk karıştırılmış ve 5 dk daha buharlı ısıtıcıda bırakılmıştır. Buharlı ısıtıcıdan alınan örnekler buzlu su ile soğutularak 4°C’de bekletilmiştir. Üretimden bir gün sonra örneklerin eriyebilirlik ve sertlik değerleri ölçölmüştür.

Tablo 3.1: Tepki Yüzey Deneme Deseni

Örnek Numarası	Blok	Bileşen A	Bileşen B	Bileşen C
1	1	-1.000	-1.000	-1.000
2	1	1.000	1.000	-1.000
3	1	1.000	-1.000	1.000
4	1	-1.000	1.000	1.000
5	1	0.000	0.000	0.000
6	1	0.000	0.000	0.000
7	2	1.000	-1.000	-1.000
8	2	-1.000	1.000	-1.000
9	2	-1.000	-1.000	1.000
10	2	1.000	1.000	1.000
11	2	0.000	0.000	0.000
12	2	0.000	0.000	0.000
13	3	-1.633	0.000	0.000
14	3	1.633	0.000	0.000
15	3	0.000	-1.633	0.000
16	3	0.000	1.633	0.000
17	3	0.000	0.000	-1.633
18	3	0.000	0.000	1.633
19	3	0.000	0.000	0.000
20	3	0.000	0.000	0.000

3.2.3 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. Örnekler, oda sıcaklığına ($20\pm1^{\circ}\text{C}$) gelmeleri için kapalı cam petrilerde bekletilmiştir. Örnekler önceden ısıtılmış etüve yerleştirilerek, 100°C 'de 15 dk tutulmuşlardır. Birbirini 2,5mm aralıklarla izleyen eş merkezli dairelerden oluşacak şekilde ölçeklendirilmiş bir ölçüm kağıdı kullanılmıştır (Ek B). Ölçüm kağıdı petri kabının altına yerleştirilerek eriyen kütlenin 6 noktasından eriyebilirlik alanının yarıçapı ölçülmüştür. Değerler ölçüm kağıdında yer alan puan skalasına göre bildirilmiştir. Ölçümler iki kere tekrar edilmiştir.

3.2.4 Dokusal özelliklerin ölçümü

Örneklerin dokusal özelliklerinin ölçümü için Nexygen Tekstür Analiz Cihazı 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 ($20\pm 1^{\circ}\text{C}$) 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, kafa hızı 100 mm/dk ve sıkıştırma oranı %50 olacak şekilde ölçülmüştür. Ölçümler iki kere tekrar edilmiştir.

3.2.4.1 İstatistiksel analiz

Tepki Yüzey Optimizasyon Analizi için Minitab® (Windows Release 14, Minitab Inc., USA) programı kullanılmıştır. Bileşenlerin sertlik ve eriyebilirlik üzerine etkileri 0,05 önem düzeyinde değerlendirilmiştir (Ek C). Çoklu tepki optimizasyonu yöntemi kullanılarak optimizasyon yapılmıştır.

Optimizasyonda sertlik '1' ve eriyebilirlik '2' önem düzeyinde ve hedefe yaklaşma eğilimi ('weight') 0,1 olarak seçilmiştir (Ek D). Kaşar peynirlerinin ölçülen sertlik ve eriyebilirlik değerlerinin ortalamaları hedef değerler olarak belirlenmiş, bunların en düşük ve en yüksek değerleri ise kabul edilebilir sınır değerler olarak kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

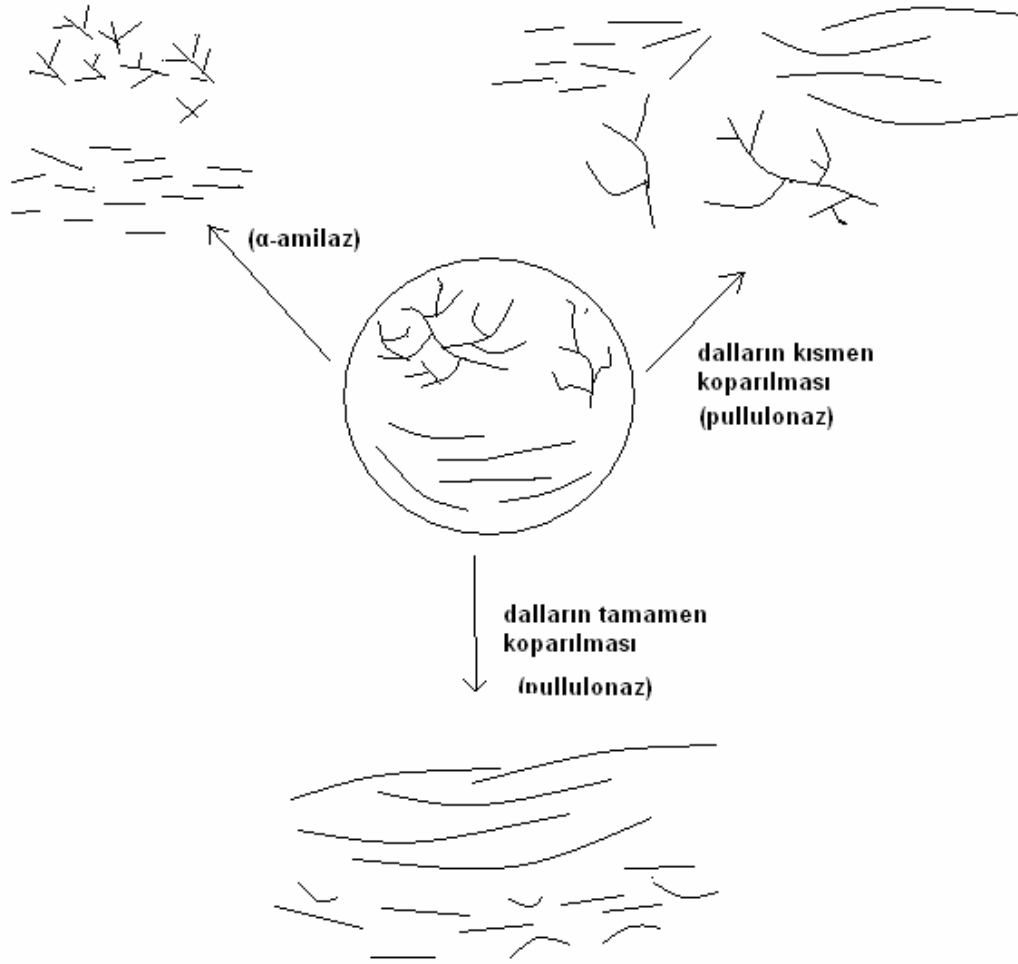
4.1 Ön Denemeler

4.1.1 Bileşenlerin belirlenmesi

Bu çalışmada, fenilketonüri hastalarına yönelik protein oranı düşük ve Kaşar peynirine benzer yapısal özelliklerde bir ürün yapısının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Peynir benzeri ürünlerde protein olarak rennet kazein %25 oranında kullanılmaktadır. Çalışmada rennet kazeinin bir kısmının yerine buğday nişastası kullanıldığında rennet kazein oranı %5'e düşürülmüştür. Buğday nişastası kullanıldığında sert olan ancak erimeyen bir yapı elde edilmiştir. Bu bulgu daha önce nişasta ile yapılan çalışmalarda, nişastanın artırılması ile eriyebilirliğin azaldığı ve kazeinin tamamı yerine kullanıldığında eriyebilirliğin olmadığı bulgusuyla benzerlik göstermektedir (Mounsey ve O'Riordan, 2007a). Eriyebilirliğin sağlanması amacıyla çeşitli hidrokolloidlerin kullanımı denenmiştir. Jelatin ısıyla (35–40°C) tersinir bir jel meydana getirdiği için (Ledward, 2000), formülasyona düşük miktarda jelatin eklenmiştir. Jelatin protein yapısında olduğu için (Ledward, 2000), fenilalanin içermektedir ve kullanılabilecek miktar kısıtlıdır. Yapılan denemelerde düşük oranda jelatin eklenmesinin peynirde erime sağlamadığı saptanmıştır. Aynı şekilde κ - ve ι -karagenan kullanıldığında da erime sağlanamamıştır. Nişastanın sürekli fazı oluşturduğu ve bu nedenle erimenin sağlanması için nişastanın eriyebilir hale getirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Doğal buğday nişastası sıcaklıkla tersinmez olarak jelleştiği (Thomas ve Atwell, 1999) ve bunun daha çok içerdiği amilozun kristalleşmesinden kaynaklandığı daha önce yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Mounsey ve O'Riordan, 2007a).

Bir patentte, vaksımsı mısır nişastası pullulonaz enzimi kullanılarak parçalandığında veya bu parçalanmış nişasta diğer modifiye nişastalarla karşılaştırıldığında eriyebilen peynir benzeri bir yapının elde edilebildiği bildirilmiştir (Zallie, 1988). Bu çalışmada da benzer bir yöntem kullanılmış ancak daha kolay bulunabilen ve yaygınlıkla kullanılan buğday nişastası ve α -amilaz enzimi tercih edilmiştir.

Bahsedilen patentte enzim yoluyla nişastanın içerdiği amilopektin moleküllerinde α -1,6 bağları kırılmakta ve bu şekilde düz zincirli parçalanmış nişasta molekülleri oluşturulmaktadır. Elde edilen yapının eriyebilirliğini veya akışkanlığını gevşek amilopektin jeli sağlarken sertliğini oluşturulan düz zincirli parçalanmış nişasta molekülleri sağlamaktadır. Bu çalışmada ise, buğday nişastasındaki α -1,4 bağları kırılarak parçalı bir jel yapısı elde edilmiştir (Şekil 4.1). Daha sonra bu yapının hidrokolloidler kullanılarak bütünleştirilmesi ve sertleştirilmesi yoluna gidilmiştir.



Şekil 4.1: Nişastanın Enzim ile Parçalanması (Thomas ve Atwell, 1999)

Parçalanmış buğday nişastası ile elde edilen yapının bütünleştirilmesi ve sertleştirilmesi amacıyla jel yapılarının sert olduğu daha önce tespit edilen ι -karagenan, κ -karagenan, Na-aljinat, propilen glikol aljinat, düşük metoksilli pektin ve agarın ilavesi denenmiştir. Sadece ι -karagenan ve κ -karagenan, jelatin ile beraber kullanıldıklarında örneklerde erime gözlenmiştir (Tablo 4.1). ι -Karagenan ile üretilen peynir benzeri ürün daha fazla erimesine rağmen daha yumuşak bir yapı

meydana getirdiği için tercih edilmemiştir. κ -Karagenanlı örnekler daha sert ve kesilebilir olduğu için κ -karagenan kullanılmasına karar verilmiştir.

Tablo 4.1: Farklı Bileşenlerin ve Bileşenlerin Miktarlarının Peynir Benzeri Ürün Yapısına Etkileri

Örnek ^a	Eriyebilirlik (puan)	Görünüm ^b
%25 buğday nişastası	- ^c	yumuşak dilimlenemez
%24 buğday nişastası + %1 jelatin	- ^c	çok yumuşak dilimlenemez
%22 buğday nişastası + %3 vaksımsı mısır nişastası	- ^c	yumuşak dilimlenemez
%24 buğday nişastası + %1 ι -karagenan	2,3	yumuşak dilimlenebilir
%23 buğday nişastası + %2 κ -karagenan	0	sert dilimlenebilir
%20 buğday nişastası + %5 κ -karagenan	0	çok sert elastik değil
%20 buğday nişastası + %3 vaksımsı mısır nişastası + %2 κ -karagenan	3,3	sert bütün jel
%18 buğday nişastası + %5 vaksımsı mısır nişastası + %2 κ -karagenan	3,3	orta sertlikte partiküllü yapı
%15 buğday nişastası + %5 vaksımsı mısır nişastası + %5 κ -karagenan	0	sert partiküllü yapı
%23 buğday nişastası + %1 jelatin + %1 κ -karagenan	1,9	orta sertlikte partiküllü yapı
%22 buğday nişastası + %1 jelatin + %2 κ -karagenan	2,4	sert partiküllü yapı
%22 buğday nişastası + %1 ι -karragenan + %2 κ -karragenan	0	orta sertlikte bütün yapı
%22 buğday nişastası + %2 ι -karragenan + %1 κ -karragenan	0	orts sertlikte bütün yapı

^a Örneklerde %20 tereyağı, %5 rennet kazein, %0,98 disodyum fosfat, %22 trisodyum sitrat ve %50 su bulunmaktadır.

^b Örnekler görsel olarak incelenmiştir.

^c Yapı oluşmadığı için eriyebilirlik ölçülememiştir.

Elde edilen eriyebilen yapının sert ancak partiküllü olduğu gözlenmiştir. Vaksımsı mısır nişastası ile yapılan denemelerde, vaksımsı mısır nişastasının tek başına oluşturduğu yapı jölemsi, yapışkan ve elastiktir. Literatürde de amilopektin jellerinin yumuşak, su tutma kapasitesi yüksek, elastik ve yapışkan jeller oluşturduğu bildirilmektedir (Thomas ve Atwell, 1999). Bu nedenle partiküllü yapının iyileştirilmesi amacıyla düşük oranda vaksımsı mısır nişastası kullanılmıştır. Denemeler sonucunda parçalanmış nişasta κ -karagenan ve mısır nişastası ile beraber kullanılarak sert, kesilebilir ve aynı zamanda eriyebilen bir yapı elde edilmiştir (Tablo 4.1). Vaksımsı mısır nişastası kullanılan örneklerde eriyebilirlik artmış, yapı daha yumuşak olmuştur. Bu bulgu daha önce yapılan çalışmalarda bulgulara benzerlik göstermektedir (Mounsey ve O’Riordan, 2007b).

Ön denemeler ile asıl denemeler için gerekli bileşenler ve bunların sınır oranları belirlenmiştir. Örneklerde κ -karagenan %2 oranında kullanılmadığı takdirde yapı kabul edilebilir bir sertliğe sahip olmamaktadır. Ayrıca yapının kesilebilir ve dilimlenebilir olması için κ -karagenan kullanımına gerek duyulmaktadır. Kullanılan κ -karagenan miktarı arttıkça erime azalmaktadır ve κ -karagenan %5 oranında kullanıldığında üründe eriyebilirlik engellenmiştir. Vaksımsı mısır nişastası ve jelatinin kullanılmadığı örnekler erimemiştir.

4.2 Optimizasyon

Optimizasyonda hedef alınan eriyebilirlik ve sertlik değerlerini belirlemek amacı ile piyasada bulunan beş Kaşar peyniri markasından 5 adet tam yağlı ve 3 adet düşük yağlı olmak üzere peynir örneklerinin eriyebilirlik ve sertlik değerleri saptanmıştır (Tablo 4.2). Kullanılan ürün formülünde yağ oranı %20 olduğundan örnekler yağ oranı açısından tam yağlı (~%25) ve düşük yağlı (~%15) peynirlerin arasında yer almaktadır. Bu nedenle tüm Kaşar peynirlerinin sertlik ve eriyebilirlik değerlerinin ortalamaları alınarak, değerler hedef olarak kullanılmıştır.

Tablo 4.2: Ticari Kaşar Peynirlerinin Sertlik ve Eriyebilirlik Değerleri

Peynir	Sertlik (N)	Eriyebilirlik (puan)
A	13,5	7
B	26,6	7
C	39,6	6
D	39,7	7
E	17,5	7
B_düşük yağlı	24,4	7
D_düşük yağlı	30,8	7
E_düşük yağlı	31,5	6
Ortalama	27,9	7

Ön denemelerde kullanılması öngörülen α -amilaz, κ -karagenan ve vaksımsı mısır nişastası bileşenlerinin optimum oranları tepki yüzey metodu ile belirlenmiştir. Ön denemelerde bileşenlerin kullanılabilecek sınır değerleri α -amilaz için %0,005-0.1, κ -karagenan için %1-4 ve vaksımsı mısır nişastası için %1-7 olarak belirlenmiştir. Bu aralıklar kullanılarak tepki yüzey metoduna göre belirlenen deneme desenine

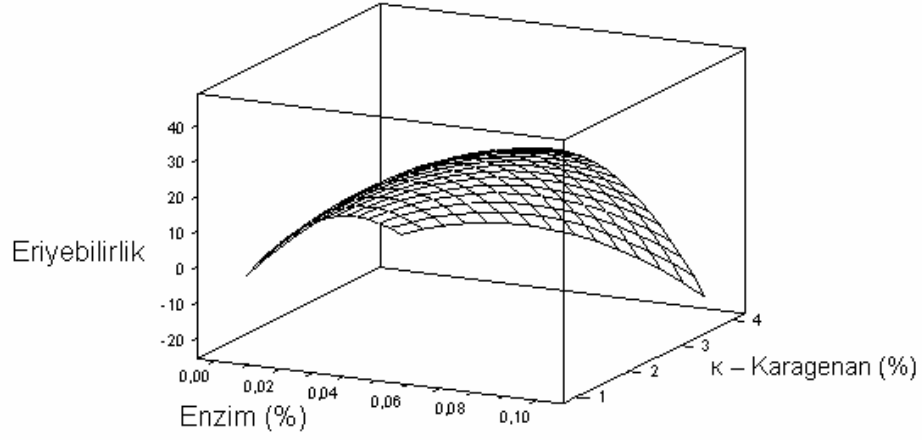
uygun olarak örnekler hazırlanmış ve bunların eriyebilirlik ve sertlik değerleri ölçülmüştür (Tablo 4.3).

Tablo 4.3: Tepki Yüzey Deneme Deseni Sonucu Eriyebilirlik ve Sertlik

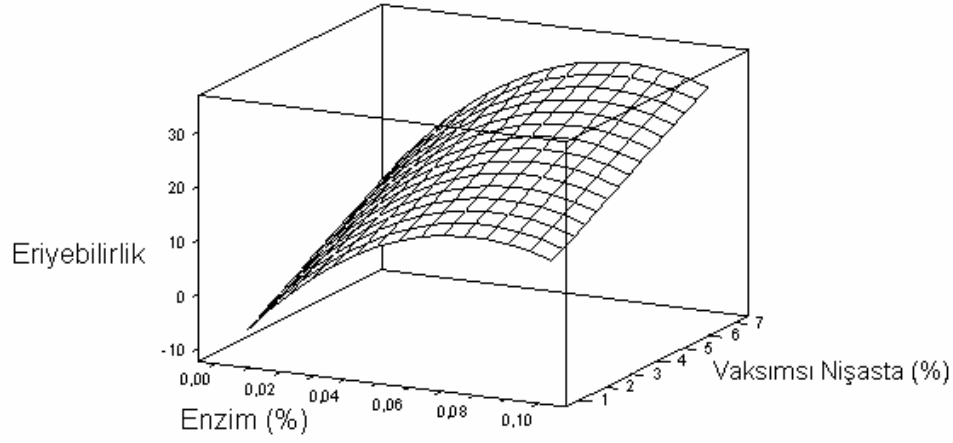
Örnek numarası	Enzim ^a (Ağırlıkça%)	κ -Karagenan (Ağırlıkça%)	Vaksımsı mısır nişastası (Ağırlıkça%)	Eriyebilirlik (puan)	Sertlik (N)
1	0,023	1,58	2,16	3	12,0
2	0,082	3,42	2,16	0	39,5
3	0,082	1,58	5,84	7	10,3
4	0,023	3,42	5,84	0	46,6
5	0,053	2,50	4,00	4	30,8
6	0,053	2,50	4,00	5	28,8
7	0,082	1,58	2,16	5	11,1
8	0,023	3,42	2,16	0	44,0
9	0,023	1,58	5,84	5	12,4
10	0,082	3,42	5,84	0	42,6
11	0,053	2,50	4,00	5	26,1
12	0,053	2,50	4,00	5	31,2
13	0,005	2,50	4,00	0	32,8
14	0,100	2,50	4,00	5	36,6
15	0,053	1,00	4,00	5	4,9
16	0,053	4,00	4,00	0	53,1
17	0,053	2,50	1,00	4	28,8
18	0,053	2,50	7,00	6	27,3
19	0,053	2,50	4,00	4	28,3
20	0,053	2,50	4,00	4	26,5

^a Enzim oranı 20 g buğday nişastası içeren formül için verilmiştir. Toplam kuru madde miktarı sabit tutularak kullanılacak buğday nişastası miktarı hesaplanmıştır. Örneklerde kullanılacak enzim miktarı içerdiği buğday nişastası miktarına göre ayarlanmıştır.

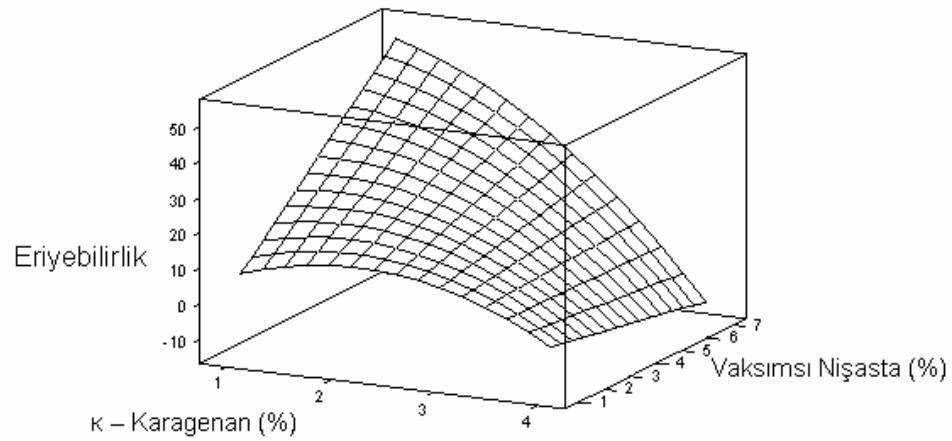
İstatistiksel analiz sonucunda kullanılan modelin sertlik verilerinin açıklanması için uygun olduğu ancak eriyebilirliğin açıklanması için uygun olmadığı gözlenmiştir. eriyebilirlik yerine eriyebilirliğin karesi kullanıldığında modelin uygun olduğu gözlemlendiğinden, analizlerde bu ifade kullanılmıştır. Eriyebilirliğin karesi üzerinde her üç bileşenin de etkisinin olduğu görülmüştür (Şekil 4.2; Şekil 4.3; Şekil 4.4). Nişastayı parçalamak için kullanılan α -amilaz enzimi ve vaksımsı mısır nişastası oranları arttıkça eriyebilirliğin karesi artarken, κ -karagenan oranı arttıkça bu değer azalmaktadır.



Şekil 4.2: Enzim ve κ -Karagenan'ın Eriyebilirliğin Karesi Üzerine Etkileri



Şekil 4.3: Enzim ve Vaksımsı Mısır Nişastasının Eriyebilirliğin Karesi Üzerine Etkileri



Şekil 4.4: κ -Karagenan ve Vaksımsı Mısır Nişastasının Eriyebilirliğin Karesi Üzerine Etkileri

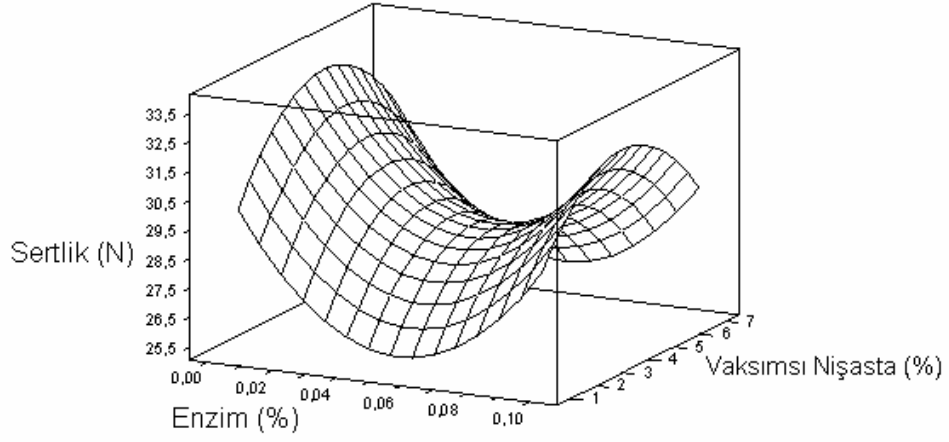
κ -Karagenan ile enzim arasında eriyebilirlik açısından etkileşim bulunmuştur (Ek C). κ -Karagenanın düşük miktarlarında, eriyebilirlik enzim miktarına bağlı olarak

artarken, κ -karagenanın yüksek miktarlarında enzim miktarının artışının eriyebilirlik üzerinde artırıcı bir etkisi görülmemiştir (Şekil 4.2).

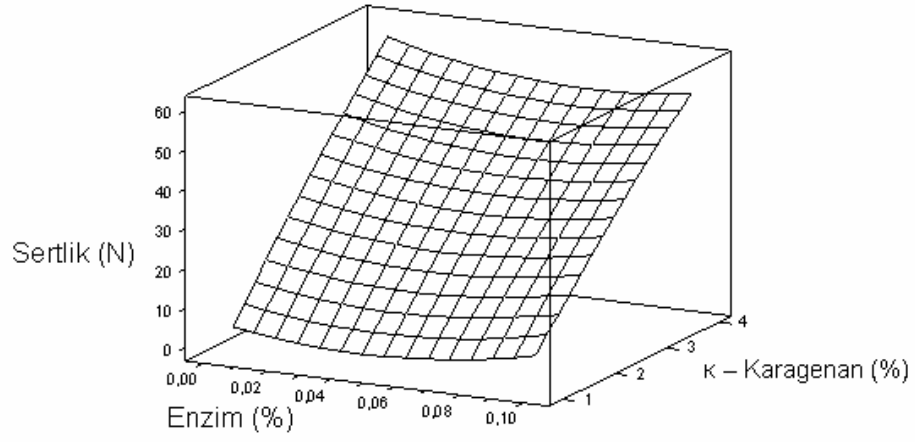
κ -Karagenan ile vaksımsı mısır nişastası arasında eriyebilirlik açısından etkileşim bulunmaktadır (Ek C). κ -Karagenanın düşük miktarlarında, eriyebilirlik vaksımsı mısır nişastasının miktarına bağlı olarak artarken, κ -karagenan yüksek miktarlarında vaksımsı mısır nişastasının eriyebilirlik üzerine artırıcı bir etkisi görülmemiştir (Şekil 4.4). κ -Karagenanın yüksek konsantrasyonlarda eriyebilirlik üzerindeki etkisinin enzim ve vaksımsı mısır nişastasına göre daha fazla olması bu bileşenlerin eriyebilirliğe etkilerini azaltmıştır. Ayrıca enzimin eriyebilirlik üzerine lineer etkisinin yanında kuadratik etkisinin de olduğu saptanmıştır.

Vaksımsı nişastanın kullanımının eriyebilirliği artırıcı etkisi (Mounsey ve O’Riordan, 2007b) ve enzimin artması ile elde edilen küçük moleküllü nişasta fraksiyonlarının daha zayıf jel oluşturmaları eriyebilirliğin artmasının nedenleri olarak düşünülebilir. Funami ve diğ., (1998) tarafından yapılan bir çalışmada, karagenan çözeltisinin sıcaklıkla tersinir jel oluşturma özelliklerini konsantrasyona bağlı olarak incelenmiş, karagenan konsantrasyonu arttıkça, jel özelliklerindeki değişimin sıcaklığa olan bağlılığının azaldığını ancak tamamen kaybolmadığını bildirmiştir. κ -Karagenan oranının artması ile eriyebilirliğin azalması bu çalışma ile benzerlik göstermektedir.

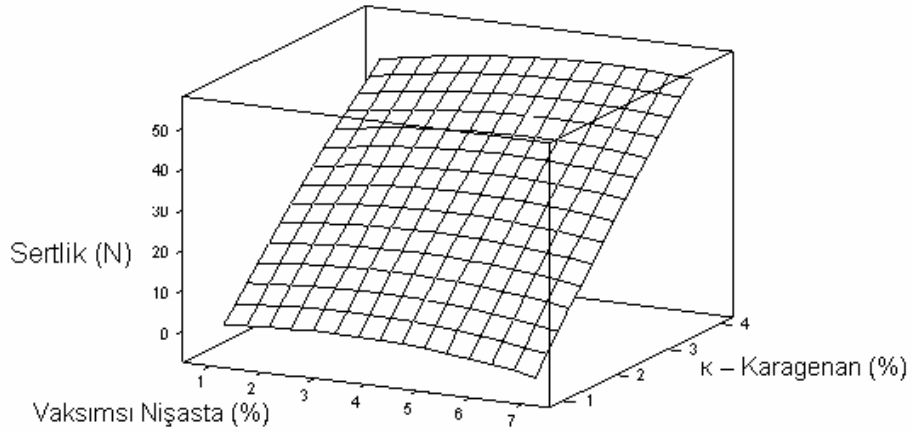
Sertlik üzerine sadece κ -karagenan oranının etkili olduğu ve κ -karagenan oranı arttıkça sertliğin arttığı bulunmuştur (Şekil 4.5; Şekil 4.6; Şekil 4.7). Enzim ve vaksımsı mısır nişastasının sertliğe etki etmedikleri saptanmıştır. Ancak elde edilen bu sonuçlardan farklı olarak vaksımsı nişastanın peynir benzeri ürünlerin sertliklerini düşürdüğü literatürde bildirilmiş (Mounsey ve O’Riordan 2001; 2007b) ve bu çalışmadaki ön denemelerde de bu eğilim görülmüştür. Optimizasyon çalışmalarında sertlik üzerine enzim ve vaksımsı mısır nişastası miktarının ve etkisinin saptanamamasının sebebi çalışılan aralıkta bu özellik üzerinde κ -karagenanın baskın bir bileşen olmasından ve bu iki faktörün etkilerinin görülmesini engellemesinden kaynaklanabilir.



Şekil 4.5: Enzim ve Vaksimsı Mısır Nişastasının Sertlik Üzerine Etkileri

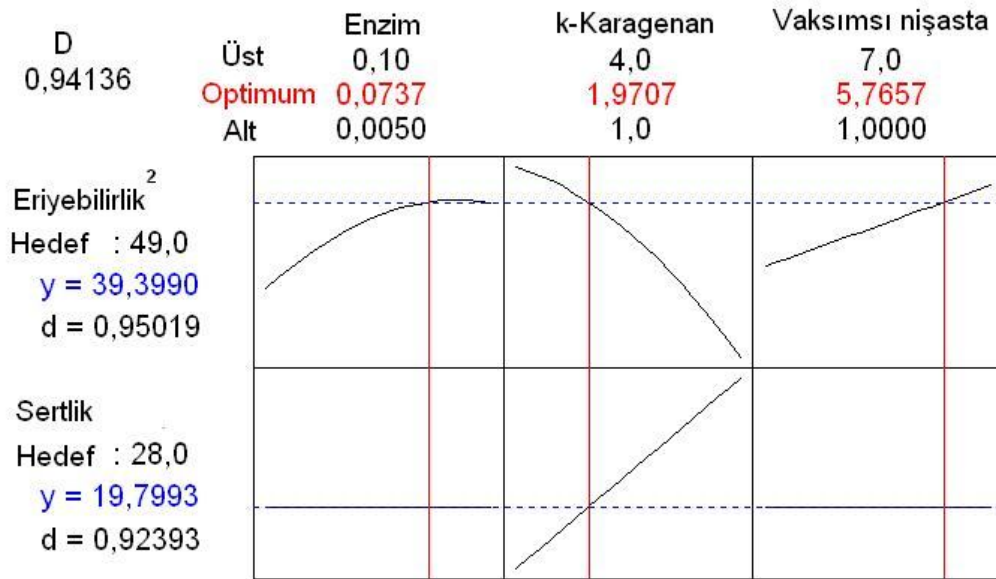


Şekil 4.6: Enzim ve κ -Karagenanın Sertlik Üzerine Etkileri

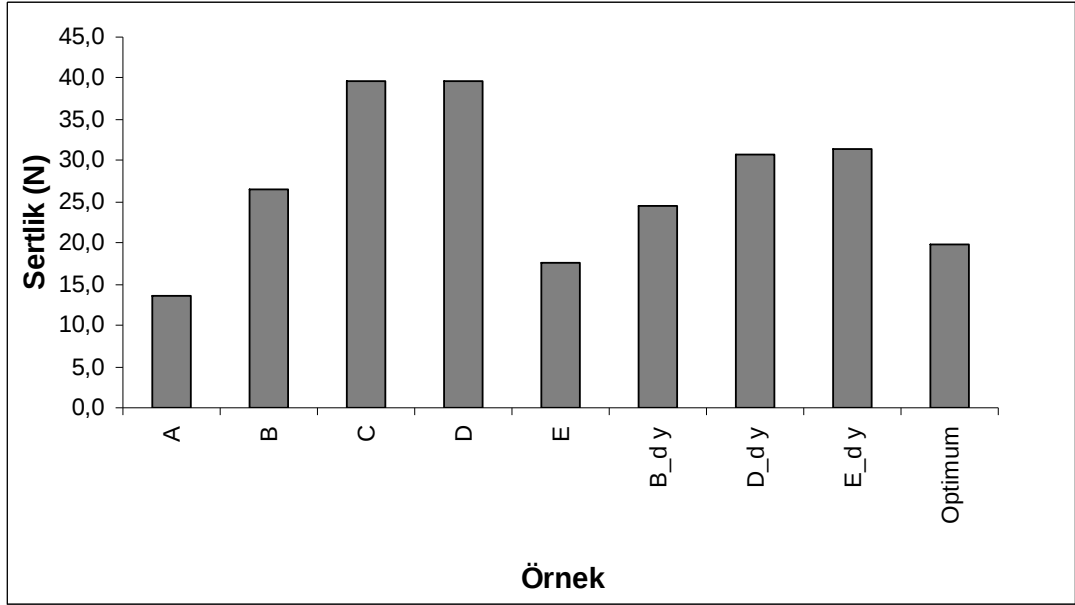


Şekil 4.7: Vaksimsı Nişasta ve κ -Karagenan'ın Sertlik Üzerine Etkileri

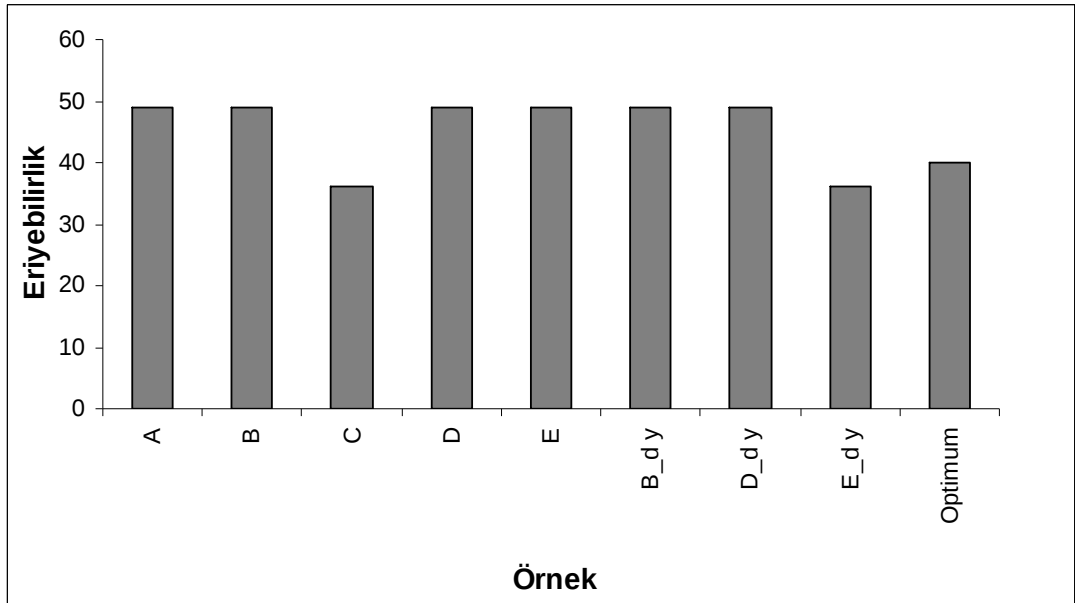
Hedeflenen eriyebilirlik ve sertlik değerlerine ulaşmak amacıyla yapılan optimizasyon sonucunda, kullanılması gereken enzim miktarı 0,0737 g / 20 g nişasta, κ-karagenan miktarı %1,97 ve vaksımsı mısır nişastası miktarı %5,77 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.8). Bu bileşenler ile yapılan peynir benzeri ürünün sertliğinin 19,8 N, eriyebilirliğinin karesinin ise 39,4 olması beklenmektedir. Elde edilecek ürün ile hedeflenen eriyebilirliğe %95, sertliğe ise %92 oranında ulaşılmış olunacağı tahmin edilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, eriyebilirlik ve sertlik parametreleri göz önünde bulundurulursa, Kaşar peynirine %94 oranında benzer bir ürün elde edileceği tahmin edilmiştir. İstatistiksel analiz sonucunda belirlenen optimum formül ile elde edilecek ürünün eriyebilirlik ve sertlik değerleri Kaşar peynirinin değerlerine benzemektedir (Şekil 4.9; Şekil 4.10).



Şekil 4.8: Optimizasyon Sonucu Elde Edilen Formül (d: Özelliğin istenilirliği, D: Toplam istenilirlik, y: Özelliğin tahmin edilen değeri, Opt: Bileşenler için tahmin edilen optimum %oran)



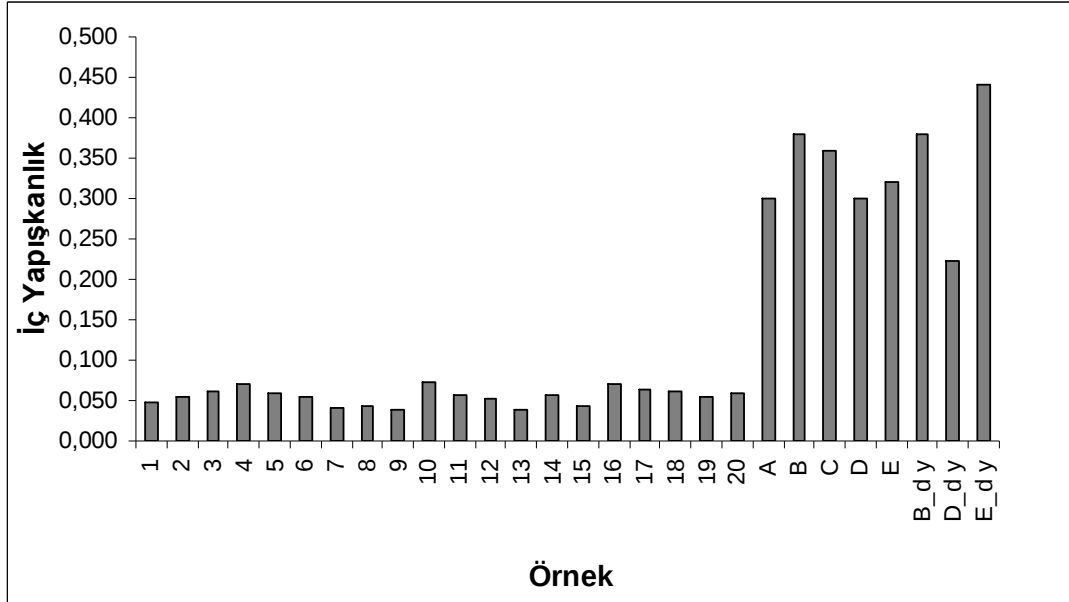
Şekil 4.9: Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Geliştirilen Optimum Formüle Göre Üretilen Üründe Sertlik (dy: düşük yağlı)



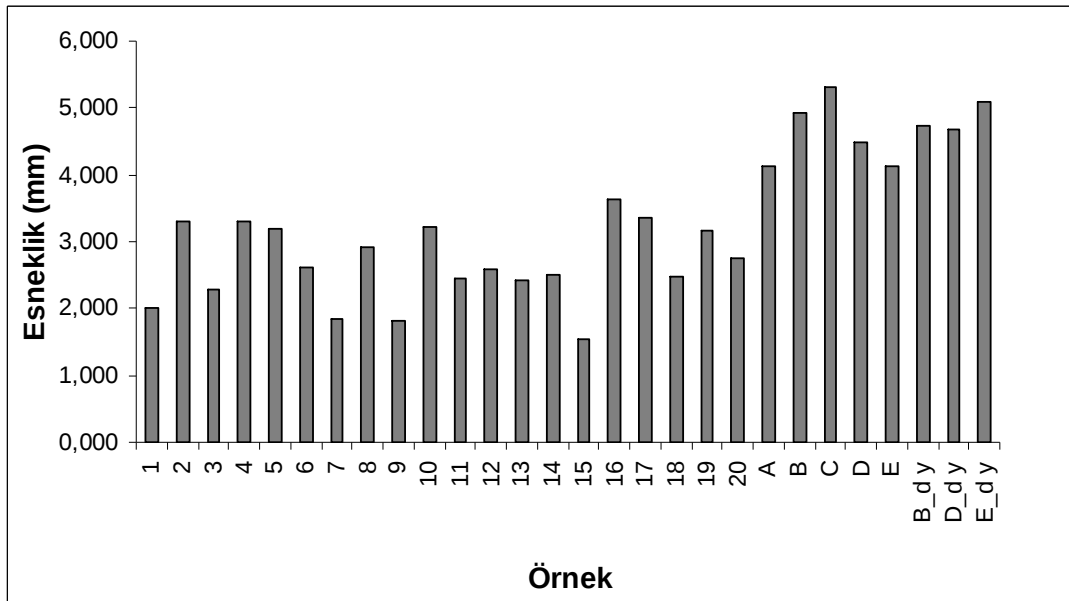
Şekil 4.10: Ticari Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Geliştirilen Optimum Formüle Göre Üretilen Üründe Eriyebilirlik (dy: düşük yağlı)

Deneme desenine göre üretilen örneklerin bütünlük, çiğnenebilirlik ve esneklik gibi sertlik dışındaki dokusal özellikleri de ölçülmüş ancak bu özellikler açısından Kaşar peynirine benzemedikleri görülmüştür (Şekil 4.11; Şekil 4.12; Şekil 4.13). Elde edilen peynir benzeri ürünün protein ağ yapısına sahip olmaması ve yapının heterojen olması elde edilen ürünün bazı dokusal parametreler yönünden peynire benzerliğinin düşük olmasına neden olmaktadır. Nişasta ve proteinin ortak yapı

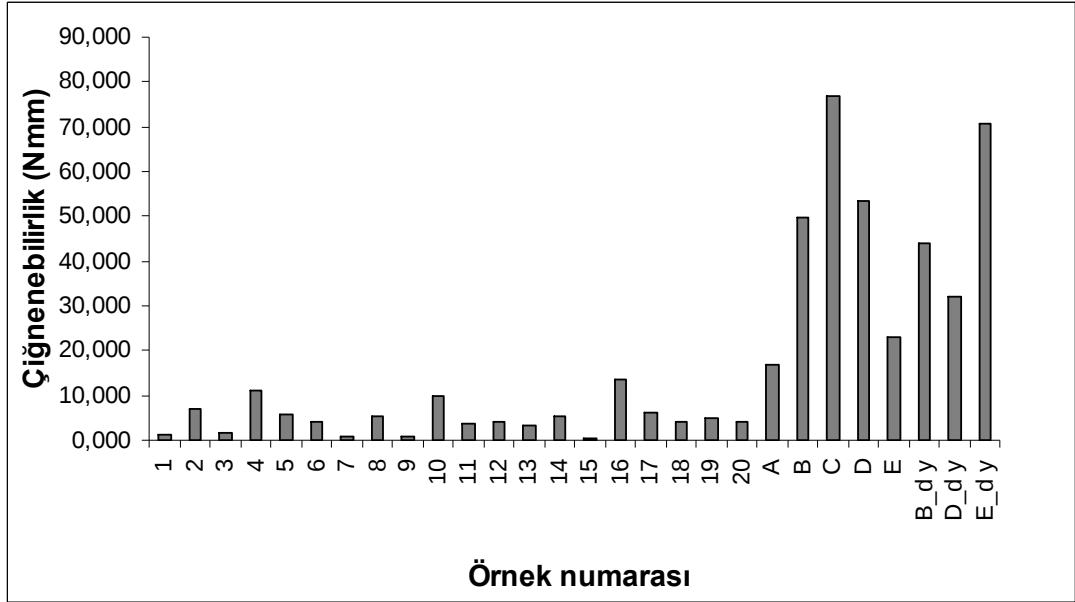
oluşturmadığı, her ikisinin de kendi arasında jel oluşturduğu daha önceki çalışmalarda da bildirilmiştir (Mounsey ve O’Riordan, 2008). Bu özelliğin yapıdaki heterojenliğe katkıda bulunduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.11: Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Deneme Deseni Örneklerinde İç Yapışkanlık (dy: düşük yağlı)



Şekil 4.12: Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Deneme Deseni Örneklerinde Esneklik (dy: düşük yağlı)



Şekil 4.13: Ticari Kaşar Peynirlerinde ve Deneme Deseni Örneklerinde Çığnenebilirlik (dy: düşük yağlı)

Dimitrelli ve Thomasareis (2007) ticari Mozzarella peynirleri ile yaptığı dokusal analiz çalışmasında peynirlerin bileşimlerini dokusal parametreler ile ilişkilendirmişlerdir. Bütünlük ve esnekliğin protein miktarına bağlı olduğu, bu parametrelerin yapının deformasyonlara karşı dayanıklılığını, yapıdaki bağların sayısını ve gücünü ifade ettiği bildirilmiştir (Dimitrelli ve Thomasareis, 2007). Bu çalışmada geliştirilen üründe yapıya hakim bileşenin hidrolize edilmiş nişasta olması, yapının birden fazla hidrokolloidden meydana gelmiş olması ve bu hidrokolloidlerin ortak bir yapı oluşturmaması, bu dokusal parametrelerin peynir benzeri ürünlerde ticari peynirlere göre düşük çıkmasının nedenleri olarak düşünülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, fenilalanin açısından kısıtlı diyet uygulaması gereken fenilketonüri hastalarının tüketimine yönelik protein içeriği düşük, eriyebilen ve sert peynir benzeri ürün yapısı geliştirilmiştir. Formüldeki bileşenlerin belirlenmesi amacıyla çeşitli hidrokolloidlerle yapılan ön denemelerle κ -karagenan, buğday nişastası ve vaksımsı mısır nişastası kullanımına karar verilmiştir. Eriyebilirliğin sağlanması amacıyla, nişasta α -amilaz enzimi kullanılarak parçalanmıştır. Nişasta, κ -karagenan ve vaksımsı mısır nişastası, peynirde %25 oranında bulunan rennet kazeinin bir kısmının yerine kullanılarak, %5 oranında protein içeren eriyebilir ve sert bir peynir yapısı elde edilmiştir. Sertlik ve eriyebilirlik özellikleri açısından Kaşar peynirine benzer bir yapının oluşturulması için gereken bileşenlerin oranları optimizasyon analizi sonucunda saptanmıştır. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda κ -karagenanın yapının eriyebilirliğini azalttığı, vaksımsı mısır nişastasının ve enzimin ise artırdığı gözlenmiştir. κ -Karagenan miktarının artırılmasının yapının sertliğini artırdığı bulunmuştur. Eriyebilirlik üzerinde κ -Karagenan ile enzim ve κ -Karagenan ile vaksımsı nişasta arasındaki etkileşimin etkili olduğu saptanmıştır. Bileşimde uygun oranda buğday nişastası, κ -karagenan, vaksımsı mısır nişastası ve α -amilaz enzimi kullanıldığında Kaşar peynirine eriyebilirlikte %95 ve sertlikte %92 oranlarda benzer bir peynir yapısı elde edilecektir.

Belirlenen formüle göre üretilecek peynir benzeri bir üründe sertlik ve eriyebilirlik özellikleri açısından hedeflenen Kaşar peynirine benzerlik sağlanacağı tahmin edilmiştir. Ancak tepki yüzey deneme deseninde yer alan tüm örneklerin bütünlük, esneklik ve çiğnenebilirlik özellikleri açısından Kaşar peynirine benzemedikleri görülmüştür. Ayrıca geliştirilen yapıda peynir benzeri bir üründe bulunması gereken tuz, asit ve aroma bileşenleri yoktur. Peynir benzeri bir ürünün geliştirilmesinin tamamlanması için bu bileşenlerin eklenmesi ile ilgili çalışmalar yapılması gerekmektedir. Bu bileşenlerin eklenmesi ile ilgili çalışmaların da yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- 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.
- Awad, R.A., Abdel-Hamid, L.B. ve El-Shabrawy, S.A.,** 2002. Texture and microstructure of block type processed cheese with formulated emulsifying salt mixtures, *Lebensmittel- Wissenschaft und Technologie*, **35**, 54-61.
- Bachmann, H.P.,** 2001. Cheese analogues: A review, *International Dairy Journal*, **11**, 505-515.
- Bhaskaracharya, R.K. ve Shah, N.P.,** 1999. Texture evaluation of commercial Mozzarella cheeses, *The Australian Journal of Dairy Technology*, **54**, 36-40.
- CDC,** 2000. Growth charts. National Center for Health Statistics ve National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion. <http://www.cdc.gov/growthcharts>, May 30, 2000.
- 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.
- FAO,** 2004. Report of the 36th session of the codex commitee on food additives and contaminants, Joint FAO/WHO Food Standards Programme CODEX Alimentarius Commision, ftp://ftp.fao.org/codex/alinorm04/al04_12e.pdf, December 10, 2007.
- Finnie, K.J. ve Olsen, R.L.,** 1996. Imitation cheese composition and products containing starch, *United States Patent*, No: 5807601 dated 09.09.1996.

- 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 curdlan gels in a model reduced fat pork sausage, *Journal of Food Science*, **63**, 575-579.
- Glicksman, M., 1983.** Food Hydrocolloids, pp. 83-111, 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*, Eds. Fox, P.F., Elsevier Academic Pres, Boston, MA.
- Gunasekaran, S., Ak, M.M., 2003.** *Cheese rheology and texture*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Hsieh, Y.L., Yun, J.J. ve Rao, M.A., 1993.** Rheological properties of mozzarella cheese filled with dairy, egg, soy proteins, and gelatin, *Journal of Food Science*, **58**, 1001-1004.
- Hung, P.V., Maeda, T. ve Morita, N., 2006.** Waxy and high-amylose wheat starches and flours-characteristics, function and application, *Trends in Food Science and Technology*, **17**, 448-456.
- 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.
- Kailasapathy, K., 1996.** Polysaccharide ingredients in dairy product applications: Increase in cheese yields, *Food Australia*, **48**, 458-461.
- Koca, N. ve Metin, M., 2004.** Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheeses produced by using fat replacers, *International Dairy Journal*, **14**, 365-373.
- Kosikowski, F.V. ve Mistry, V.V., 1997.** *Cheese and Fermented Milk Foods*, pp. 454-466, F.V. Kosikowski, L.L.C., Connecticut.

- Kumar, R.S.S., Vishwanath, K.S., Singh, S.A. ve Appu Rao, A.G., 2006.** Entrapment of α -amylase in alginate beads: Single step protocol for purification and thermal stabilization, *Process Biochemistry*, **41**, 2282-2288.
- Ledward, D.A., 2000.** Gelatin, in *Handbook of Food Hydrocolloids*, pp: 67-87, Eds. Phillips, G.O. ve Williams, P.A., Woodhead Publishing Ltd, UK.
- Linder, M.C., 1991.** Nutritional and metabolism of proteins, in *Nutritional Biochemistry and Metabolism*, pp: 105, Eds. Linder, M.C., Appleton & Lange,
- Lobato-Calleros, C., Valazquez-Varela, J., Sanchez-Garcia, J. ve Vernon-Carter, E.J., 2003.** Dynamic rheological of Mexican Manchego cheese-like products containing canola oil and emulsifier blends, *Food Research International*, **36**, 81-90.
- Ma, L, Drake, M.A., Barbosa-Canovas, G.V. ve Swanson, B.G., 1997.** Rheology and full-fat and low-fat cheddar cheese as related to type of fat mimetic, *Journal of Food Science*, **62**, 748-752.
- Martin, A.H., Goff, H.D., Smith, A. ve Dalglish, D.G., 2006.** Immobilization of casein micelles for probing their structure and interactions with polysaccharides scanning electron microscopy, *Food Hydrocolloids*, **20**, 817-824.
- Mounsey, J.S. ve O’Riordan, E.D., 1999.** Empirical and dynamic rheological data correlation to characterize melt characteristics of imitation cheese, *Journal of Food Science*, **64**, 701-703.
- 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

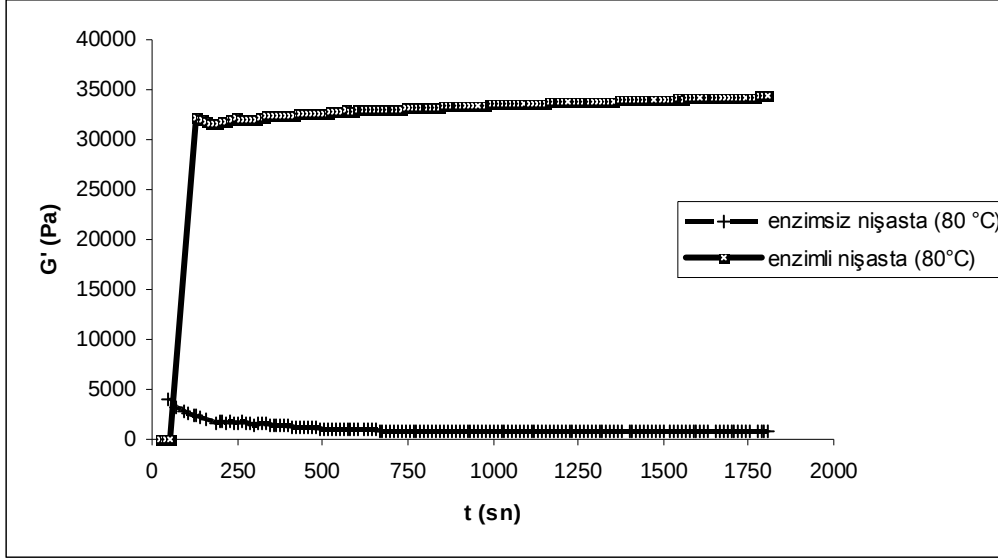
- Mounsey, J.S. ve O’Riordan, E.D.**, 2008. Influence of pre-gelatinised maize starch on the rheology, microstructure and processing of imitation cheese, *Journal of Food Engineering*, **84**, 57-64.
- Neyzi, O ve Ertuğrul, T.**, 2002. *Pediatric*, ss. 662-665, Nobel Tıp Kitabevleri, Türkiye.
- Özalp, İ.**, 2000. Yenidoğanda fenilketonüri ve hiperfenilalaninmilerin taranması, *Katkı Pediatric Dergisi*, **21**, 175-184.
- Ruegg, M., Eberhard, P., Popplewell, L.M. ve Peleg, M.**, 1990. Melting properties of cheese, *Bulletin of the IDF* 268.
- Seçkin, Y.**, 2007. Fenilketonürlü çocukların pisko-pedagojik sorunları ve çözümleri, *IX. Uluslararası Katılımlı Beslenme ve Metabolizma Kongresi*, İstanbul, 22-25 Ekim
- Shirashoji , N., Jaeggi, J.J. ve Lucey, J.A.**, 2006. Effect of trisodium citrate concentration and cooking time on the physicochemical properties of pasteurized process cheese, *Journal of Dairy Science*, **89**, 15-27.
- Thomas, D.J. ve Atwell, W.A.**, 1999. *Starches*, pp. 1-31, Eagen Press, Minnesota, USA.
- Udayarajan, C.T. ve Lucey, J.A.**, 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.
- 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.

Yoder, D., Chang, S.G., Xu, A. ve Domoras, T., 1996. Caseinate replacement composition for imitation cheese and process for making imitation cheese, *United States Patent*, No: 5486375 dated 23.01.1996.

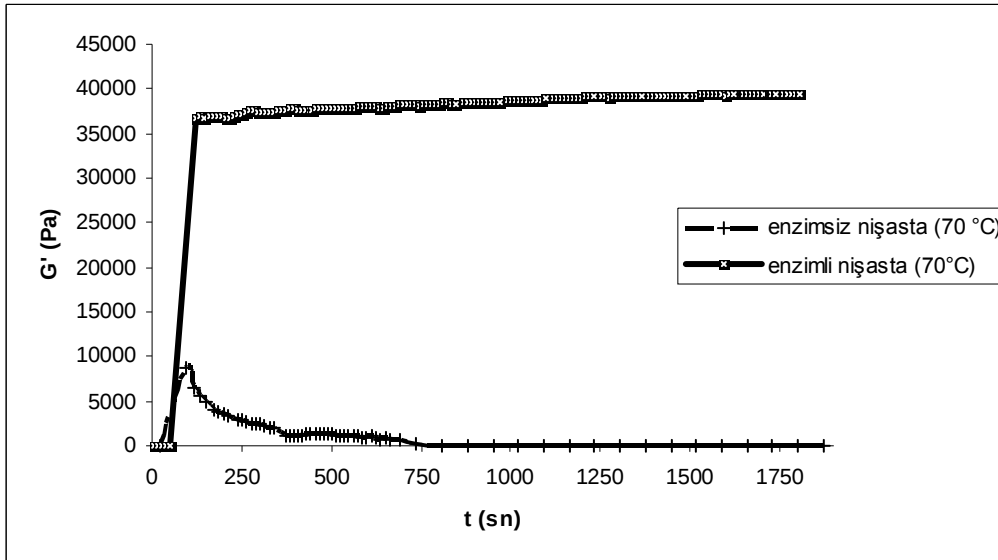
Zallie, J.P. ve Chung-Wai, C., 1988. Hydrolized starch, *United States Patent*, No: 4937091 dated 14.10.1988.

EKLER

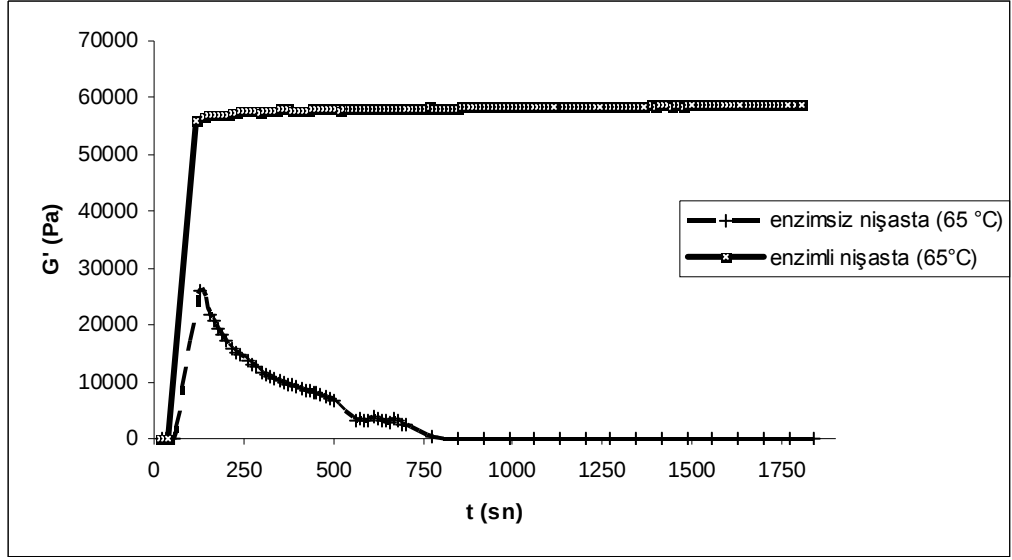
Ek A



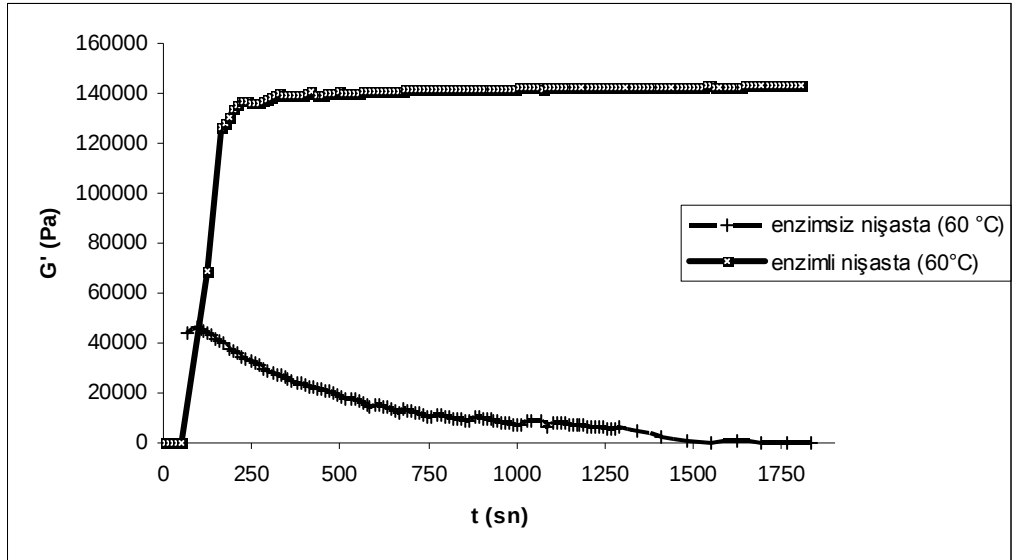
Şekil A.1: α -Amilaz Enzimi Eklenmiş ve Eklenmemiş Buğday Nişastasının 80°C’de Davranışı



Şekil A.2: α -Amilaz Enzimi Eklenmiş ve Eklenmemiş Buğday Nişastasının 70°C’de Davranışı

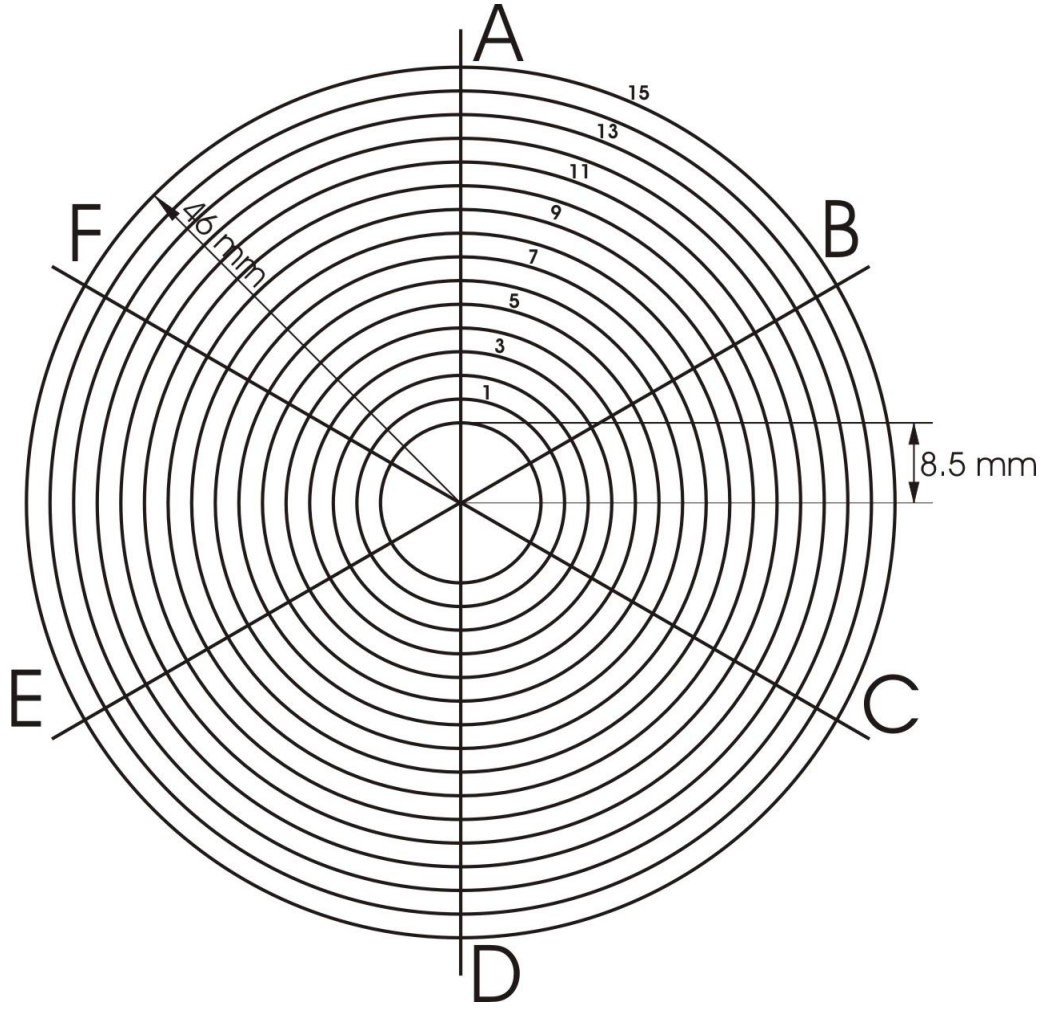


Şekil A.3: α -Amilaz Enzimi Eklenmiş ve Eklenmemiş Buğday Nişastasının 65°C’de Davranışı



Şekil A.4: α -Amilaz Enzimi Eklenmiş ve Eklenmemiş Buğday Nişastasının 60°C’de Davranışı

Ek B



Şekil B.1: Eriyebilirlik Ölçüm Skalası

Ek C

Tablo C.1: Eriyebilirlik Üzerine Bileşen Etkilerinin Değerlendirilmesi

Terim	Katsayı	Std Sapma	t	P
Sabit	4,542	0,393	11,556	<0,001
Enzim	0,912	0,265	3,447	0,006
Karagenan	-2,112	0,265	-7,980	<0,001
Vaksımsı nişastası	0,545	0,265	2,059	0,067
EnzimxEnzim	-0,909	0,266	-3,416	0,007
KaragenanxKaragenan	-0,909	0,266	-3,416	0,007
Vaksımsı nişastaxVaksımsı nişasta	0,029	0,266	0,108	0,916
EnzimxKaragenan	-0,500	0,342	-1,463	0,174
EnzimxVaksımsı nişasta	0,000	0,342	0,000	1,000
KaragenanxVaksımsı nişasta	-0,500	0,342	-1,463	0,174

Tablo C.2: Eriyebilirlik İçin Varyans Analizi

Kaynak	SK	KTK	Ayarlı KT	Ayarlı OT	F	P
Regresyon	9	99,2	99,2	11,0	11,80	<0,001
Lineer	3	74,6	74,6	24,9	26,60	<0,001
Kare	3	20,7	20,7	6,9	7,37	0,007
İnteraksiyon	3	4,0	4,0	1,3	1,43	0,292
Artık Hata	10	9,3	9,3	0,9		
Uygunluk Hatası	5	7,8	7,8	1,6	5,23	0,047
Saf Hata	5	1,5	1,5	0,3		
Toplam	19	108,6				

Tablo C.3: Sertlik Üzerine Bileşen Etkilerinin Değerlendirilmesi

Terim	Katsayı	Std Sapma	t	P
Sabit	28,833	1,2123	23,784	<0,001
Enzim	-0,397	0,8164	-0,486	0,637
Karagenan	15,421	0,8164	18,89	<0,001
Vaksımsı nişastası	0,214	0,8164	0,262	0,799
EnzimxEnzim	1,47	0,8203	1,792	0,103
KaragenanxKaragenan	-0,668	0,8203	-0,814	0,435
Vaksımsı nişastaxVaksımsı nişasta	-1,024	0,8203	-1,248	0,24
EnzimxKaragenan	-0,687	1,0539	-0,652	0,529
EnzimxVaksımsı nişasta	-0,087	1,0539	-0,083	0,935
KaragenanxVaksımsı nişasta	0,762	1,0539	0,723	0,486

Tablo C.4: Sertlik İçin Varyans Analizi

Kaynak	SK	KTK	Ayarlı KT	Ayarlı OT	F	P
Regresyon	9	3233,8	3233,8	359,3	40,44	<0,001
Lineer	3	3173,4	3173,4	1057,8	119,04	<0,001
Kare	3	51,9	51,9	17,3	1,95	0,186
İnteraksiyon	3	8,5	8,5	2,8	0,32	0,812
Artık Hata	10	88,9	88,9	8,9		
Uygunluk Hatası	5	66,5	66,5	13,3	2,97	0,129
Saf Hata	5	22,4	22,4	4,5		
Toplam	19	3322,7				

Tablo C.5: Eriyebilirliğin Karesi Üzerine Bileşen Etkilerinin Değerlendirilmesi

Terim	Katsayı	Std Sapma	t	P
Sabit	20,690	2,202	9,396	<0,001
Enzim	6,060	1,483	4,088	0,002
Karagenan	-11,160	1,483	-7,528	<0,001
Vaksımsı nişastası	5,450	1,483	3,675	0,004
EnzimxEnzim	-3,710	1,490	-2,488	0,032
KaragenanxKaragenan	-3,710	1,490	-2,488	0,032
Vaksımsı nişastaxVaksımsı nişasta	1,360	1,490	0,910	0,384
EnzimxKaragenan	-5,000	1,914	-2,612	0,026
EnzimxVaksımsı nişasta	1,000	1,914	0,522	0,613
KaragenanxVaksımsı nişasta	-5,000	1,914	-2,612	0,026

Tablo C.6: Eriyebilirliğin Karesi İçin Varyans Analizi

Kaynak	SK	KTK	Ayarlı KT	Ayarlı OT	F	P
Regresyon	9	3339,4	3339,4	371,1	12,66	<0,001
Lineer	3	2547,1	2547,1	849,0	28,96	<0,001
Kare	3	384,3	384,3	128,1	4,37	0,033
İnteraksiyon	3	408,0	408,0	136,0	4,64	0,028
Artık Hata	10	293,1	293,1	29,3		
Uygunluk Hatası	5	171,6	171,6	34,3	1,41	0,357
Saf Hata	5	121,5	121,5	24,3		
Toplam	19	3632,6				

Tablo C.7: Sertlik Formülünün Belirlenmesi İçin Bileşen Etkilerinin Değerlendirilmesi

Terim	Katsayı	Std Sapma	t	P
Sabit	28,680	0,650	44,146	<0,001
Karagenan	15,420	0,796	19,377	<0,001

Tablo C.8: Sertlik Formülünün Belirlenmesi İçin Varyans Analizi

Kaynak	SK	KTK	Ayarlı KT	Ayarlı OT	F	P
Regresyon	1	3170,7	3170,7	3170,7	375,48	<0,001
Lineer	1	3170,7	3170,7	3170,7	375,48	<0,001
Artık Hata	18	152,0	152,0	8,4		
Uygunluk Hatası	3	29,9	29,9	10,0	1,22	0,336
Saf Hata	15	122,1	122,1	8,1		
Toplam	19	3322,7				

Tablo C.9: Eriyebilirlik*Eriyebilirlik Formülünün Belirlenmesi İçin Bileşen Etkilerinin Değerlendirilmesi

Terim	Katsayı	Std Sapma	t	P
Sabit	21,720	1,815	11,970	0
Enzim	6,060	1,426	4,251	0,001
Karagenan	-11,160	1,426	-7,827	0
Vaksımsı nişastası	5,450	1,426	3,821	0,002
EnzimxEnzim	-3,800	1,429	-2,661	0,021
KaragenanxKaragenan	-3,800	1,429	-2,661	0,021
EnzimxKaragenan	-5,000	1,841	-2,716	0,019
KaragenanxVaksımsı nişasta	-5,000	1,841	-2,716	0,019

Tablo C.10: Eriyebilirlik*Eriyebilirlik Formülünün Belirlenmesi İçin Varyans Analizi

Kaynak	SK	KTK	Ayarlı KT	Ayarlı OT	F	P
Regresyon	7	3307,1	3307,1	472,5	17,42	0
Lineer	3	2547,1	2547,1	849,0	31,31	0
Kare	2	360,1	360,1	180,0	6,64	0,011
İnteraksiyon	2	400,0	400,0	200,0	7,38	0,008
Artık Hata	12	325,4	325,4	27,1		
Uygunluk Hatası	7	203,9	203,9	29,1	1,20	0,436
Saf Hata	5	121,5	121,5	24,3		
Toplam	19	3632,5				

Ek D

Tablo D.11: Optimizasyon Sonucu Belirlenen Formül

	Enzim (%)	κ-Karagenan (%)	Vaksımsı nişasta (%)
Başlangıç noktası	0,072	1,90	5,20
Optimum çözüm	0,074	1,97	5,77

Tablo D.12: Optimizasyon Parametreleri ve Tahmin Edilen Değerler

Parametreler	Eriyebilirlik x Eriyebilirlik	Sertlik (N)
Alt değer	25	13
Hedef	49	28
Üst değer	64	40
Hedefe yaklaşım	0,1	0,1
Önem düzeyi	2	1
Tahmin edilen sonuçlar	39,4	19,8
Tercih edilebilirlik	0,95	0,92

ÖZGEÇMİŞ

M. Burcu Kızılöz 1981 yılında İstanbul’da doğdu. İlköğrenimini Bostancı 23 Nisan Zehra Hanım İlkokulu’nda tamamladıktan sonra ortaokul ve lise tahsilini Kadıköy Anadolu Lisesi’nde yapmıştır. 2000 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümünü kazanmış ve lisans derecesini 2004 yılında elde etmiştir. Bir sene süresince özel bir şirkette çalıştıktan sonra 2005 yılı sonunda yüksek lisans eğitimine başlamıştır.