

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AYRANIN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Aysel KÖKSOY

Anabilim Dalı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ

Programı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ

MAYIS 2003

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AYRANIN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Aysel KÖKSOY
506001402

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 5 Mayıs 2003
Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Mayıs 2003

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Meral KILIÇ
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Özgül EVRANUZ (İ.T.Ü)
Doç. Dr. Seniha GÜNER (İ.T.Ü)

MAYIS 2003

ÖNSÖZ

Fermente bir süt ürünü olan ayranın görülen en önemli kalite kusurları serum ayrılması ve kıvamındaki değişkenliklerdir. Bu çalışmada ayranın kalite kusurlarının önlenmesi amacıyla farklı tür ve konsantrasyonda stabilizör kullanımı araştırılmıştır. Kalite kusurlarının önlenmesinde ayranın alışlagelmiş tadının korunması hedeflenmiştir. Ayrıca ayran örneklerinin reolojik özellikleri reometre kullanılarak belirlenmiştir.

Yüksek lisans tez çalışmam sırasında beni yönlendiren, yardımlarını ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç.Dr. Meral KILIÇ'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca eğitimim sırasında emeği geçen tüm hocalarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam sırasında kullandığım katkı maddelerini temin etmemde yardımcı olan INCOM Doğal Katkı Maddeleri A.Ş. (Mersin)'ye ve Yılmaz Kimya (İstanbul)'ya teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında manevi desteklerini gördüğüm arkadaşlarım ve duysal panellerime katılarak çalışmama katkıda bulunan başta Ar. Gör. Dilek ARDUZLAR olmak üzere Gıda Mühendisliği Bölümü araştırma görevlilerine teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmam sırasında ve tüm hayatım boyunca bana maddi, manevi desteklerinden dolayı ve gösterdikleri anlayıştan dolayı sevgili anneme, babama, ablama ve kardeşime sonsuz teşekkür ederim.

Mayıs 2003

Aysel KÖKSOY

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	4
2.1. Ayran	4
2.1.1. Tanımı ve özellikleri	4
2.1.2. Üretim prosesi	5
2.1.3. Başlıca kalite kriterleri	6
2.1.3.1. Serum ayrılması	6
2.1.3.2. Kıvam	7
2.1.4. Kaliteye etki eden faktörler	7
2.1.5. Kalite kusurlarını önleme metotları	9
2.2. Stabilizörler	9
2.2.1. Stabilizörlerin kullanım alanları	10
2.2.2. Stabilizörlerin sınıflandırılması	11
2.2.3. Süt ürünlerinde kullanılabilecek stabilizörler	12
2.2.3.1. Pektin	12
2.2.3.2. Jelatin	17
2.2.3.3. Galaktomannanlar	18
2.2.3.4. Karragenan	21
2.2.3.5. Karboksimetilselüloz	23
2.2.3.6. Sodyum aljinat	24
2.2.3.7. Gam arabik	26
2.2.3.8. Agar	26
2.3. Ekso polisakkarit (EPS) Üreten Kültür Kullanımı	26
2.3.1. EPS'lerin özellikleri ve fonksiyonallikleri	27
2.4. Reoloji	29
2.4.1. Reolojik özellikleri etkileyen faktörler	30
2.4.2. Reolojik davranış çeşitleri	30
2.4.2.1. Newtonyen akış davranışı	31
2.4.2.2. Newtonyen olmayan akış davranışı	31
2.4.3. Reolojik modeller	33
2.4.4. Çeşitli süt ürünlerinin reolojik davranışları	34
2.4.5. Stabilizörlerin reolojik davranışları	35

3. MATERYAL VE METOT	37
3.1. Materyal	37
3.2. Metot	38
3.2.1. Analizi yapılan örneklerin hazırlanması	38
3.2.1.1. Geleneksel yöntemle ayran üretimi	39
3.2.1.2. Endüstriyel yöntemle ayran üretimi	39
3.2.1.3. Stabilizör çözeltilerin hazırlanması	39
3.2.1.4. Stabilizör içeren ayranların hazırlanması	40
3.3. Uygulamalı Analizler	40
3.3.1. Kimyasal özellikler	40
3.3.2. Serum ayrılması	40
3.3.3. Reolojik özellikler	40
3.3.3.1. Piyasadan temin edilen ticari ayran örneklerinin reolojik özellikleri	41
3.3.3.2. Farklı su ve tuz konsantrasyonlarında hazırlanan geleneksel ayranların reolojik özellikleri	41
3.3.3.3. Farklı stabilizörlerin sulu çözeltilerinin ve stabilizör içeren ayranların reolojik özellikleri	42
3.3.4. Duyusal analizler	42
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	43
4.1. Piyasada Satılan Farklı Ticari Ayranların Özellikleri	43
4.1.1. Kimyasal özellikler	43
4.1.2. Serum ayrılması	44
4.1.3. Reolojik özellikler	45
4.1.4. Duyusal özellikler	47
4.2. Farklı Konsantrasyonlarda Su ve Tuz İçeren Ayranların Özellikleri	47
4.2.1. Kimyasal özellikler	47
4.2.2. Serum ayrılması	48
4.2.3. Reolojik özellikler	49
4.3. Farklı Stabilizörlerin Sulu Çözeltilerinin Reolojik Özellikleri	53
4.4. Farklı Konsantrasyonda ve Farklı Stabilizör İçeren Ayranların Özellikleri	57
4.4.1. Fiziksel özellikler	57
4.4.2. Reolojik özellikler	61
4.4.3. Duyusal özellikler	65
4.5. Kültür Kullanılarak Ayran Üretimi	66
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	69
KAYNAKLAR	71
EKLER	76
ÖZGEÇMİŞ	78

KISALTMALAR

TGKY	: Türk Gıda Kodeks Yönetmeliği
KOB	: Koloni Oluşturan Birim
EPS	: Eksopolisakkarit
CAC	: Uluslararası Gıda Kodeks Komisyonu
LAB	: Laktik Asit Bakterileri
GDL	: Glukonadeltalakton

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Ayranın ürün özellikleri	5
Tablo 2.2. Ticari önemi olan hidrokolloidlerin sınıflandırılması	11
Tablo 3.1. Ayran üretiminde kullanılan yoğurdun etiket bilgileri.....	37
Tablo 3.2. Çalışmada kullanılan stabilizörlerin bazı özellikleri	38
Tablo 3.3. Reolojik analizde kullanılan sensörlerin boyutları	41
Tablo 4.1. Piyasada satılan farklı ticari markaya ait ayranların kimyasal özellikleri	43
Tablo 4.2. Piyasada satılan farklı ticari markaya ait ayranlarda depolama boyunca görülen serum ayrılması	44
Tablo 4.3. Piyasada satılan farklı ticari markaya ait ayranların reolojik özellikleri	46
Tablo 4.4. Piyasada satılan farklı ticari markaya ait ayranların duyu analizi sonuçları	47
Tablo 4.5. Yoğurda farklı oranda su ve tuz eklenerek hazırlanan ayranların kimyasal özellikleri	48
Tablo 4.6. Yoğurda farklı oranda su ve tuz eklenerek hazırlanan ayranlarda depolama boyunca görülen serum ayrılması	49
Tablo 4.7. Yoğurda farklı oranda su ve tuz eklenerek hazırlanan ayranların reolojik özellikleri	52
Tablo 4.8. Farklı stabilizörlerin sulu çözeltilerinin reolojik özellikleri.....	56
Tablo 4.9. Stabilizör içeren ayranların yapısal özellikleri.....	58
Tablo 4.10. Stabilizör içeren ayranların depolama boyunca ölçülen özellikleri	59
Tablo 4.11. Stabilizör içeren ve katkısız ayranların reolojik özellikleri	63
Tablo 4.12. Stabilizör içeren ayranların 4°C’de 15 gün depolama sonrasında belirlenen reolojik özellikleri	64
Tablo 4.13. Stabilizör içeren ayranların duyu analizi sonuçları	65
Tablo 4.14. Ayran üretiminde kültür kullanımı	67
Tablo 4.15. Çalışmada kullanılan kültürler ve stabilizör fiyatları	68

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Ayran üretim prosesi	5
Şekil 2.2. Pektinin kimyasal yapısı	13
Şekil 2.3. Jelatinin kimyasal yapısı	17
Şekil 2.4. Guar gamın kimyasal yapısı	19
Şekil 2.5. Keçi boynuzu gamının kimyasal yapısı	21
Şekil 2.6. Karragenanın kimyasal yapısı	22
Şekil 2.7. Karboksimetilselülozun kimyasal yapısı	23
Şekil 2.8. Aljinatların kimyasal yapısı	25
Şekil 2.9. Viskoz davranış şekillerinin sınıflandırılması	30
Şekil 2.10. Newtonyen akış davranış için viskozitenin kayma hızı ile değişimi	31
Şekil 2.11. Psödoplastik davranış için görünen viskozitenin kayma hızı ile değişimi	32
Şekil 2.12. Tiksotropik davranış gösteren maddelerin kayma stresi ile kayma hızı değişimi	33
Şekil 4.1. Piyasada satılan farklı ticari markaya ait ayranların görünen viskozitesinin kayma hızı ile değişimi	45
Şekil 4.2. Piyasada satılan farklı ticari markaya ait ayranların kayma stresinin kayma hızı ile değişimi	45
Şekil 4.3. Farklı konsantrasyonlarda su ve tuz içeren ayranların görünen viskozitesinin kayma hızı ile değişimi	50
Şekil 4.4. Farklı konsantrasyonlarda su ve tuz içeren ayranların kayma stresi kayma hızı ile değişimi	51
Şekil 4.5. Farklı stabilizörlerin %0,25 konsantrasyonundaki sulu çözeltilerinin görünen viskozitesinin kayma hızı ile değişimi	54
Şekil 4.6. Farklı stabilizörlerin %0,25 konsantrasyonundaki sulu çözeltilerinin kayma stresinin kayma hızı ile değişimi	55
Şekil 4.7. Stabilizör içeren ve katkısız ayranların görünen viskozitesinin kayma hızı ile değişimi	61
Şekil 4.8. Stabilizör içeren ve katkısız ayranların kayma stresinin kayma hızı ile değişimi	62

SEMBOL LİSTESİ

σ	: Kayma stresi
σ_0	: Yıkılma stresi
K	: Kıvam katsayısı
γ	: Kayma hızı
n	: Akış davranış indeksi

AYRANIN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

ÖZET

Ayran fermente bir süt ürünü olup geleneksel bir içeceğimizdir. Üretim yöntemine bağlı olarak hammaddesi süt veya yoğurttur. Bu yüzden ayranın kalite özellikleri süt ve yoğurt kalitesine bağlıdır. Ayranın en önemli kalite kusurları serum ayrılması ve viskozite değişkenlikleridir. Bu çalışmanın amacı, ayranın farklı tip ve konsantrasyonda stabilizör ilave edilerek ayranın yapısal özelliklerinin iyileştirilmesidir. Çalışmada hazırlanan ayranların kimyasal özellikleri, serum ayrılması ve reolojik özellikleri ölçülmüştür. Ayranın reolojik özellikleri silindirik sensör sistemi kullanılarak reometre ile 10°C’de ve 0,13-300 s⁻¹ kayma hızı aralığında ölçülmüştür.

Çalışmada öncelikle piyasadan temin edilen beş farklı ticari ayran örneğinin kimyasal analizleri yapılarak kuru madde ve tuz içeriği belirlenmiştir. Kimyasal analizlerden elde edilen sonuçlara göre piyasada satılan ayranların kuru maddelerinin % 50 su içeren ayranlara tekabül ettiği tespit edilmiştir. Depolamanın 15.gününe kadar ticari ayranlarda serum ayrılmasının arttığı tespit edilmiştir. Reolojik ölçümlerde farklı ticari ayranların viskozitelerinin değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Fakat duyu analizlerde viskozitedeki değişkenliklerin algılanamadığı belirlenmiştir.

İkinci aşamada, farklı tuz ve kuru madde de ayran örnekleri hazırlanmıştır. Kuru maddenin artması ile serum ayrılmasının azaldığı ve viskozitenin arttığı belirlenmiştir. Depolamanın 15. gününde en yüksek serum ayrılmasına ve en düşük viskoziteye sahip %50 su ve %1 tuz içeren ayranların yapısal özelliklerinin iyileştirilmesine çalışılmıştır.

Üçüncü aşamada, ayranın kalite kusurlarının önlenmesi amacıyla farklı stabilizörlerin etkileri incelenmiştir. Ayranın karboksimetilselülozun faz ayrılmasına neden olduğu, κ -karragenan, sodyum aljinat, düşük metoksilli pektin ve agar pıhtı oluşumuna neden olduğundan denemelerden çıkarılmıştır. Gam arabiğin viskozite ve serum ayrılması üzerine etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Stabilizörlerden guar gam ve keçi boynuzu gamı %0,25 ve yüksek metoksilli pektin ve jelatin %0,5 oranında ayranı ilave edildiğinde alışlagelmiş ayran tadından farklı bir tat hissedilmiştir. Bu yüzden stabilizör konsantrasyonları guar gam ve keçi boynuzu için %0,1 yüksek metoksilli pektin ve jelatin için %0,25’e düşürülmüştür.

Stabilizör içeren ayranların tümü Newtonyen olmayan, kayma incelmesine sahip, tiksotropik akış davranışı göstermiştir. En yüksek viskozite ve kıvam katsayısı guar gam içeren ayranlarda tespit edilmiştir. Ancak duyu değerlendirmelerde guar gamın ağızda kaygan ve yağmsı bir his bıraktığı saptanmıştır. Yüksek metoksilli pektin ve jelatinin ayranın tat ve kokusunu etkiledikleri saptanmıştır. Keçi boynuzu gamı ve guar gam serum ayrılmasını önemsiz sayılabilecek düzeye düşürmüştür. Keçi boynuzu gamı, %0,1 konsantrasyonda kullanıldığında, ayranın yapısal

özelliklerini iyileştirdiği ve tat ve kokusunu değıştirmediği için ayran üretiminde stabilizör olarak tavsiye edilmektedir.

IMPROVEMENT OF TEXTURAL PROPERTIES OF AYRAN

SUMMARY

Ayran is a fermented milk product which is a traditional Turkish drink. Depending on the production methods, the main ingredients are milk or yogurt. Therefore the quality characteristics of ayran are related to yogurt and milk which is used in the production. The main quality defects in ayran are the serum separation and variability in viscosity. The aim of this study was to improve the textural properties of ayran using different types and concentrations of stabilizers. Chemical properties, serum separation and rheological properties of ayrans prepared were measured. Rheological parameters of ayran were determined by using a rheometer with concentric cylinder sensor system at a temperature of 10°C and at a shear rate range of 0,13-300 s⁻¹.

In the first part of the study, five different commercial ayran samples were obtained from a local retail market. They were subjected chemical analysis to determine dry matter and salt content. The amount of water added to yogurt was determined as 50% for ayran production by the chemical analysis. Serum separation in commercial ayrans continued to increase during storage for 15 days at 4°C. Rheological measurements showed that the viscosities of commercial ayrans were different but differences in viscosity was not perceived in the sensory analysis.

In the second stage of the study, ayran samples were prepared with different salt and dry matter content. Serum separation decreased and viscosity of ayran samples increased with increasing dry matter. Ayran containing 50% water and 1% salt showed maximum serum separation after 15 days of storage and lowest viscosity. Therefore, ayran which was produced by adding 50% water and 1% salt concentrations were found suitable in the studies for improvement of textural properties of ayran.

In the third stage of study, use of different types and concentrations of stabilizers for prevention of quality defects in ayran was investigated. Carboxymethylcellulose caused high amount of serum separation and κ-carrageenan, sodium alginate, low methoxyl pectin and agar caused aggregation in ayran. Therefore, these stabilizers were eliminated from the study. Gum arabic had no effect on viscosity and serum separation in ayran. Adding 0,25% guar gum, 0,25% locust bean gum, 0,5% gelatin and 0,5% high methoxyl pectin to ayran led to undesirable flavor different from the natural ayran flavor. So the concentrations of stabilizers decreased to 0,1% for guar gum and locust bean gum and 0,25% for high methoxyl pectin and gelatin.

Ayran with stabilizers exhibited non-Newtonian behaviour with pseudoplasticity and thixotropy. Guar gum provided the highest viscosity and consistency coefficient in ayran. However, guar gum was found to cause an oily mouthfeel not suitable for ayran in the sensory analysis. High methoxyl pectin and gelatin adversely affected the taste and odor of ayran. Locust bean gum at a concentration of 0,1% is

recommended as a stabilizer in ayran manufacture since it improved the textural properties without affecting the taste and odor.

1. GİRİŞ

Ayran fermente bir st rn olup geleneksel bir ieimizdir. Fermente st ürünleri saēlık açısından olumlu etkileri nedeniyle dnya apında yaygın olarak tketilmektedir (Lucey ve Singh, 1998). lkemizde ayran hammaddesi olan süt ve yoēurdun besleyici unsurlarını yapısında taēıdığı için özellikle yaz aylarında yaygın olarak tüketilmektedir. Ayran hammaddesi olan yoēurdun bileēiminde bulunan kalsiyum ve fosfor nedeniyle kemik ve diēlerin geliēimine yardımcı olmaktadır. Yoēurtta bulunan laktik asit bakterilerinin (LAB) antikanserojen etkiye sahip olması nedeniyle kanser baēlangıcını ve tümör geliēimini nlediēi ve kolesterol miktarının azalmasında etkili olduēu belirtilmektedir. Radyasyonun saēlığa zararlı etkileri yoēurt ve ayran tüketimi ile önlenebilmektedir (aēlar ve akmakı, 1999).

lkemizde yıllık ayran üretimi artıē göstermekte olup Devlet Planlama Teēkilatı'nın Sekizinci Beē Yıllık Kalkınma Planında belirtilen istatistiklere göre 1998 yılında 44.363 ton ayran retilmiētir (Anon., 2001a).

Ayran, retim prosesine baēlı olarak yoēurda su katılarak veya kuru maddesi ayarlanan süte yoēurt kültürü ilave edilerek üretilmektedir. Bu sebeple üretim prosesine baēlı olarak hammaddesi yoēurt veya süt olup ayranın karakteristik özellikleri yoēurt ve sütten etkilenmektedir (Atamer ve diē., 1999a; Kuyruklu yıldı, 2001).

Ayran gibi fermente süt ürünlerinde görülen en önemli kalite kusurları serum ayrılması ve viskozitedeki deēiēkenliklerdir (Harwalkar ve Kalab, 1986; Velez-Ruiz ve Canovas, 1997; Keogh ve O'Kennedy, 1998; Atamer ve diē., 1999a; Lucey, 2002). Serum ayrılması sıvı fazın jel fazından ayrılması (Harwalkar ve Kalab, 1986) veya deēiēik büyüklükteki kazein partiküllerinin yerçekimi kuvveti ile çökmesi (Gülümser, 1986) şeklinde tanımlanmaktadır. Viskozite ise kıvamı belirleyen bir özelliktir. Serum ayrılması ayranın besleyici özelliklerinde azalmaya neden olmazken tüketiciler tarafından beēenilirliēinde etkili olmaktadır (Gülümser, 1986).

Yoğurt gibi asitli süt ürünlerinde görülen serum ayrılmasına düşük kuru madde, yüksek inkübasyon sıcaklığı, hızlı asidifikasyon, jel oluşumu ve sonrasında hızlı karıştırma gibi proses ve depolama koşulları (Keogh ve O’Kennedy, 1998; Lucey ve Singh, 1998) sebep olmaktadır. Ayranın stabiliteyi sağlayıcı en önemli bileşenler proteinlerdir. Ayran üretiminde, karıştırma işlemi ile yoğurt jelinin kırılması, asitlik gelişimi ve varsa ısı işlem nedeniyle proteinler kolloidal niteliklerini kaybederek çökmekte ve serum ayrılmasına sebep olmaktadır (Atamer ve diğ., 1999b).

Ayran gibi asidik süt ürünlerinde kalite kusurlarının önlemesi amacıyla toplam kuru madde artırılabilir, stabilizörler ilave edilebilir (Harwalkar ve Kalab, 1986; Benezech ve Maingonnat, 1994; Velez-Ruiz ve Canovas, 1997; Keogh ve O’Kennedy, 1998; Lucey, 2002), proses koşulları ve uygulanan inkübasyon sıcaklığı değiştirilebilir (Velez-Ruiz ve Canovas, 1997) ve rop oluşturan kültürler kullanılabilir (Harwalkar ve Kalab, 1986).

Gıda içerisinde iki veya daha fazla birbiri ile karışmayan maddelerin dağılmasını sağlayan maddeler olarak tanımlanan stabilizörler, fermente süt ürünlerinde yüksek su tutma kapasiteleri nedeniyle viskoziteyi arttırmak ve serum ayrılmasını azaltmak amacıyla kullanılmaktadır (Anon., 1992; Atamer ve diğ., 1999a; Tamime ve Robinson, 1999; Duboc ve Mollet, 2001).

Fermente süt ürünlerinde yapının düzenlenmesi amacıyla nişasta, pektin, jelatin (Fizman ve diğ.,1999), karagenanlar, keçi boynuzu gamı (“locust bean gum”) ve guar gam gibi stabilizörler kullanılabilir (Kruif ve Tuinier, 2001). Asidik süt ürünlerinde kazein partiküllerinin stabilizasyonu propilen glikol aljinat, karboksimetilselüloz ve pektin gibi karboksilli stabilizörlerle gerçekleştirilebilirken asitli süt içeceklerinde yüksek metoksilli pektinin tercih edildiği bildirilmiştir (Amice-Quemeneur ve diğ., 1995; Dickinson, 1998; Lucey ve diğ., 1999).

Stabilizör kullanımının tadı olumsuz olarak etkileyebileceği veya katkısız ve doğal ürünleri tercih eden tüketiciler tarafından tercih edilmediği durumlarda (Duboc ve Mollet, 2001), fermentasyonda eksopolisakkarit (EPS) üretebilme yeteneğine sahip LAB kullanılmaktadır (Tegatz ve Morris, 1990; Beal ve diğ., 1999; Kruif ve Tuinier, 2001; Duboc ve Mollet, 2001; Ruas-Madiedo ve diğ., 2002). EPS üreten kültürler sütte rop olarak adlandırılan yapışkan veya ipliksi yapı oluşumuna neden

olmaktadırlar (Teggatz ve Morris, 1990; Hassan ve diğ., 1996). EPS'ler doğal stabilizör olarak değerlendirilmekte (Teggatz ve Morris, 1990) ve çok düşük konsantrasyonlarda bile etkili olmaktadırlar ancak EPS üretiminde genetik stabilitenin sağlanması endüstriyel üretimde önemli bir problem olmaktadır (Duboc ve Mollet, 2001).

Reoloji, sıvıların akışkanlığı ve maddelerin deformasyonu ile ilgilenen bir bilim dalıdır (Borwankar, 1992; Velez-Ruiz ve Canovas, 1997; Bourne, 2002). Süt endüstrisinde reolojik özelliklere, ürün kalite kontrolünde, proses ve ekipmanların tasarlanmasında, yeni süt ürünlerinin geliştirilmesinde ve kaliteyi etkileyen yapısal stabilitenin açıklanmasında ihtiyaç duyulmaktadır (Velez-Ruiz ve Canovas, 1997).

Yoğurdun karakteristiklerine ait literatürde çok miktarda çalışma mevcutken laktik içecekler gibi fermente süt ürünlerinin reolojik özelliklerini açıklayan sınırlı sayıda literatür mevcuttur. Ayrıca geleneksel bir ürünümüz olan ayranın yapısal özellikleri üzerine yapılan çalışmaların da yetersiz olduğu görülmektedir. Bu çalışmada, ayranın yapısal stabilitesini etkileyen serum ayrılması ve viskozitedeki değişkenliklerin önlenmesi amacıyla stabilizör kullanımı denenmiş ve stabilizörlerin ayranın reolojik ve duyuşal özelliklerine etkileri belirlenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Ayran

2.1.1. Tanımı ve özellikleri

Ayran, yoğurda su katılarak veya kuru maddesi ayarlanan süte yoğurt kültürü ilave edilerek içilebilir kıvamda hazırlanan fermente bir süt ürünü (Anon., 2001b) olup ülkemize özgü geleneksel bir içeceğimizdir.

Dünya’da çeşitli ülkelerde de ayrana benzer ürünler üretilmekte olup bu ürünler düşük viskoziteli yoğurt olarak sınıflandırılan yoğurt içeceği “drinking yogurt” veya laktik içecekler “lactic beverages” olarak adlandırılmaktadır (Tamime ve Robinson, 1999; Penna ve diğ., 2001). Ayranın aksine bu ürünlerin üretiminde meyve suyu veya püresi ve stabilizör olarak adlandırılan yasal düzenlemelerle izin verilen katkı maddeleri ilave edilebilmektedir (Atamer ve diğ., 1999a; Penna ve diğ., 2001).

Ayranın raf ömrü üreticiler tarafından buzdolabı sıcaklığında, 10-15 gün olarak bildirilmektedir. Isıl işlem uygulayarak ayranın raf ömrünü oda sıcaklığında 60 güne kadar uzatmak mümkündür. Dayanıklı ayran olarak adlandırılan bu üründe ayrandan farklı olarak ısıl işlemin yapıyı etkilemesini önlemek amacıyla stabilizör ilave edilmektedir (Atamer ve diğ., 1999a). Dayanıklı ayranın şu anda ülkemizde üretimi yapılmamaktadır.

Ayran tam yağlı, yarım yağlı ve yağsız olmak üzere üç farklı tipte üretilmekte olup sırasıyla içermesi gereken yağ miktarları en az %1,5; %0,8 ve en fazla %0,15 şeklindedir (TSE, 1982).

Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği (TGKY) Fermente Sütler Tebliği’ne göre ayranın ürün özellikleri Tablo 2.1.’de verilmiştir.

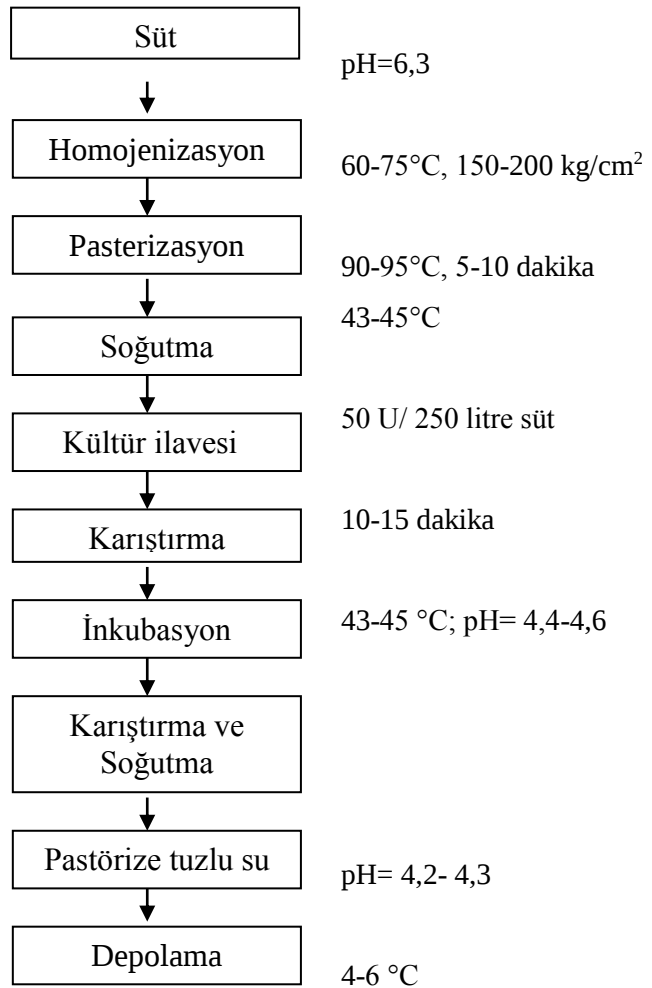
Tablo 2.1. Ayranın ürün özellikleri (Anon., 2001b).

Bileşen	TGKY (En az)
Süt proteini (Ağırlıkça %)	2,8
Titrasyon asitliği (%Laktik asit)	0,6
Yağsız kuru madde (%)	6
Yoğunluk (g/ml)	Belirtilmemiş
NaCl (%)	Belirtilmemiş
Toplam spesifik mikroorganizma (KOB) ¹	10 ⁶

¹: Koloni Oluşturan Birim

2.1.2. Üretim prosesi

Ayran geleneksel olarak belirli oranlarda su ve tuz ilavesiyle yoğurttan veya endüstriyel olarak starter kültürler kullanılarak süttten üretilebilmektedir (Atamer ve diğ., 1999a; Kuyrukluıldız, 2001).



Şekil 2.1. Ayran üretim prosesi

Şekil 2.1.'de verilen ayran üretim prosesine göre istenilen kıvama göre %30-50 arasında su süte veya yoğurda katılabilmektedir (Kuyrukluıldız, 2001). Katılacak tuz oranının TSE 3810'a göre en fazla %1 olması gerektiği belirtilirken Fermente Sütler Tebliği'nde katılacak tuz oranı ile ilgili herhangi bir kısıtlama getirilmemiştir (TSE, 1982; Anon., 2001b).

Ayran üretim prosesinde su ve tuz karışımı, proses düzenine göre ve kültür tuza duyarlı değilse süte fermentasyondan önce ilave edilebilmektedir. Su ve tuz karışımının fermentasyondan sonra elde edilen viskoz pıhtıya ilave edilmesi durumunda ise hızlı soğutma sağlanmakta ve asitlik gelişimi yavaşlatılmaktadır. Üretim düzenine göre suyun bir kısmının fermentasyondan önce ve bir kısmının da tuzla beraber fermentasyondan sonra eklenmesi de mümkündür (Kuyrukluıldız, 2001).

2.1.3. Başlıca kalite kriterleri

Ayranın kalitesi üretimde hammadde olarak kullanılan süt ve yoğurt kalitesinden etkilenmektedir (Atamer ve diğ., 1999a).

Yoğurt ve kültürlü süt ürünlerinde serum ayrılması (Harwalkar ve Kalab, 1986; Velez-Ruiz ve Canovas, 1997; Keogh ve O'Kennedy, 1998; Lucey, 2002) ve kıvam kaliteyi etkileyen iki önemli parametredir (Velez-Ruiz ve Canovas, 1997; Keogh ve O'Kennedy, 1998).

2.1.3.1. Serum ayrılması

Serum ayrılması sıvı fazın jel fazından ayrılması olarak (Harwalkar ve Kalab, 1986) veya değişik büyüklükteki kazein partiküllerinin yerçekimi kuvveti ile çökmesi şeklinde tanımlanmaktadır (Gülümser, 1986).

Bir çok asidik süt ürününün pH'larının düşük olması nedeniyle kazein molekülleri çökerek depolama boyunca serum ayrılması görülmektedir (Amice-Quemeneur ve diğ., 1995). Geleneksel yöntemle üretilen ayranın serum ayrılması kaçınılmaz olup serum ayrılması üzerinde etkili en önemli süt bileşeni proteinlerdir (Atamer ve diğ., 1999a).

Yoğurt gibi asitli süt ürünlerinde görülen serum ayrılmasında etkili başlıca faktörler;

1. Düşük kuru madde (Harwalkar ve Kalab, 1986; Lucey ve Singh, 1998; Lucey, 2001).
2. Protein ve iyon miktarlarındaki mevsimsel değişiklikler (Keogh ve O’Kennedy, 1998)
3. Yüksek inkübasyon sıcaklığı,
4. Hızlı asidifikasyon,
5. Jelin hızlı karıştırması,
6. Düşük miktarda asit üretimi (Lucey ve Singh, 1998)
7. Depolama koşulları (Keogh ve O’Kennedy, 1998) verilebilmektedir.

2.1.3.2. Kıvam

Yoğurt gibi fermente süt ürünlerinin en önemli kalite kriteri kıvamdır (Awadhwal ve Singh, 1985; Benezech ve Maingonnat, 1994; Penna ve diğ., 2001). Kıvam viskozite ile ifade edilmekte ve viskozite sıvıların akmaya karşı gösterdikleri direnç olarak tanımlanmaktadır (Bourne, 2002).

2.1.4. Kaliteye etki eden faktörler

Laktik içeceklerin kalite özelliklerini etkileyen faktörler hakkında sınırlı sayıda çalışma mevcutken yoğurt üzerine yapılmış bir çok çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle, bu bölümde daha çok yoğurt üzerine yapılan çalışmalar özetlenecektir.

Toplam kuru madde miktarı arttıkça jel sıkılığı ve viskozite artmaktadır (Lucey ve Singh, 1998). Harwalkar ve Kalab (1986) yoğurdun kuru maddesinin %10’dan %30’a çıkarılması ile serum ayrılmasının azaldığını belirtmişlerdir. Yoğurdun kuru maddesinin artırılması suyun buharlaştırılarak uzaklaştırılması, süt tozu katılması ve ayrıca daha pahalı ve yeni teknikler olan ters osmoz ve ultrafiltrasyon teknikleri ile gerçekleştirilebilmektedir (Güven, 1998).

Na-kazeinatla zenginleştirilen yoğurtların viskozitesinin ve sıkılığının yüksek olduğu bildirilmektedir (Lucey ve Singh, 1998). Rohm ve Schmid (1993) yoğurda Na-kazeinat ilavesi ile yoğurdun düşük kayma hızlarında yüksek viskoziteye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ultrafiltrasyon tekniğinin uygulanması ve Na-kazeinat ilave edilmesi yoğurdun yüksek viskoziteli olmasına neden olurken Na-kazeinat

ilavesi ile istenilen ağız tadının sağlanamaması dolayısıyla kullanımı uygun değildir (Tamime ve Robinson, 1999).

Depolama sırasında serum ayrılmasını azaltmak, kıvamı ve beyazlığı arttırmak amacıyla yoğurt homojenize edilmektedir (Lucey ve Singh, 1998). Kıvamı arttırmada proetinlerden sonra en etkili bileşen yağdır. Keogh ve O’Kennedy (1998) homojenize edilen süttten yapılan yoğurtta, yağ protein kaplı yağ küreciği haline geldiğinden yağın serum ayrılmasını azalttığını bildirmişlerdir. Fiszman ve diğ. (1999) yağın yoğurttaki serum ayrılmasının önlenmede etkili olduğunu belirtilirken benzer etkinin yoğurt içeceğinde olduğu Foley ve Mulcahy (1989) tarafından bildirilmiştir.

Foley ve Mulcahy (1989) yağsız uzun ömürlü yoğurt içeceğin de ısıl işlemden önce homojenizasyonun ısıl işlemden sonra homojenizasyon göre daha az serum ayrılmasına neden olduğunu bildirmişlerdir.

Yoğurt üretiminde yapıyı geliştirmek amacıyla süte ısıl işlem (90-95°C, 5-10 dk) uygulanmaktadır (Schmidt ve diğ., 1985; Benezech ve Maingonnat, 1994). Yüksek sıcaklığa ısıtılmayan sütlerden yapılan yoğurtlarda aşırı serum ayrılması görülmektedir (Lucey, 2001). Lucey ve Singh (1998) ısıtılmamış sütlerden yapılan asit süt jellerinin gevşek olduklarını belirtmişlerdir. Isıtılmış süttten yapılan yoğurt yapısının daha sıkı ve serum ayrılmasına daha dayanıklı olduğu belirtilmektedir (Harwalkar ve Kalab, 1986; Velez-Ruiz ve Canovas, 1997).

Düşük sıcaklık/uzun süre (tankta ısıtma, 85°C/10-40 dk) ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yoğurtların yüksek sıcaklık/kısa süre (UHT, 140°C/2-8 s) ısıl işlem uygulanmış sütlerden elde edilen yoğurtlara göre daha yüksek viskoziteye sahip olduğu bulunmuştur (Parnell-Clunies ve diğ., 1986). Ayrıca Schmidt ve diğ. (1985) tankta ısıtılan süttten üretilen yoğurtların UHT işlemi uygulanan süttten üretilenlere göre daha sıkı yapı ve daha yüksek serum ayrılması gösterdiklerini bildirmişlerdir.

Foley ve Mulcahy (1989) uzun ömürlü yoğurt içeceğinde ısıl işlemin uzun süreli (5-60 dk, 85°C) veya yüksek sıcaklıkta (70-90°C) yapılmasının viskoziteyi düşürdüğünü ve serum ayrılmasını azalttığını gözlemlemişlerdir. Ancak Lucey ve diğ. (1999) yağsız süt tozundan ürettikleri asitli süt içeceğinde ısıl işlemin derecesinin artırılmasının serum ayrılmasına etki etmediğini bildirmişlerdir.

Fermente süt ürünlerinde uygun kültür seçilerek istenilen viskozitede ürünler elde edilmektedir. Optimum inkübasyon süresi, sıcaklık ve kullanılan kültüre baēlı olarak deēiřiklik göstermektedir. Uzun süre düşük sıcaklıkta inkübasyon koagülasyona neden olduēundan görünen viskoziteyi düşürmektedir. 45°C’de inkübasyon ile rop oluşturan kültürler rop oluşturmayanlardan daha iyi sonuç vermektedir. Kazein moleküllerinin partikül byklēu arttıkça viskozite düşmektedir (Benezech ve Maingonnat, 1994).

2.1.5. Kalite kusurlarını nleme metodları

1. Toplam kuru madde artırılabilir,
2. Stabilizör olarak adlandırılan katkı maddeleri ilave edilebilir (Harwalkar ve Kalab, 1986; Benezech ve Maingonnat,1994; Velez-Ruiz ve Canovas, 1997; Keogh ve O’Kennedy, 1998; Lucey, 2002).
3. Proses koşulları deēiřtirilebilir (Velez-Ruiz ve Canovas, 1997).
 - a) Süt homojenize edilebilir veya ısıtılabilir (Benezech ve Maingonnat,1994; Lucey, 2002; Harwalkar ve Kalab, 1986).
 - b) Inkübasyon scaklıēı ve inokulum düzeyi ayarlanabilir
 - d) Rop oluşturan kültürler kullanılabilir (Harwalkar ve Kalab, 1986)

2.2. Stabilizörler

Gıdalar genellikle birden fazla bileşenli kompleks sistemler olup optimum yapısal stabilitenin saēlanması proteinler, polisakkaritler ve bunların etkileşimi rol oynamaktadır (Beaulieu ve diē., 2001; Hemar ve diē., 2002). Proteinler köpük oluşturucu ve stabilite saēlayıcı zelliēinde iken polisakkaritler kıvam verici ve su tutucu olarak kullanılmaktadır (Hemar ve diē., 2002; Dickinson, 2003). Hidrokolloid olarak adlandırılan stabilizörler viskozite artırıcı, jelleştirici ve stabilize edici fonksiyonlara sahip yüksek molekül aēırlıklı polisakkaritleri içeren biopolimerlerdir (Garti ve Reichman, 1993).

Stabilizörler Uluslararası Gıda Kodeks Komisyonu (CAC) tarafından “gıda içerisinde iki veya daha fazla birbiri ile karışmayan maddelerin düzenli bir şekilde dağılmasını sağlayan maddeler” olarak tanımlanmaktadır (Altuğ, 2001).

Stabilizörler katıldıkları ortamın pH’sı ve sıcaklığına göre yapıyı etkilemektedirler. Süt ürünlerinde stabilizörler yapılarında bulunan negatif yüklü gruplar ve bileşimlerinde bulunan iyonların kalsiyum iyonlarını bağlama gücü sayesinde, süt bileşenleri ile kendi molekülleri arasında bir ağ yapısı oluşturmaktadırlar (Atamer ve diğ., 1999a).

Gıdalara ilave edilebilecek stabilizörlerin sağlık açısından hiç bir sakınca taşımaması, nötral tatta, ısı değişimlere karşı duyarsız olması ve kolayca çözünebilir olması, katıldıkları üründe istenilen yapıyı sağlaması ve maliyetlerinin düşük olması gerekmektedir (Güven ve Hayaloğlu, 2001). Ksantan, karragenan, pektin, nişasta ve jelatin gibi stabilizörler fonksiyonel özellikleri nedeniyle gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Marcotte ve diğ., 2001).

Yoğurtta meydana gelen serum ayrılması yüksek metoksilli pektin, jelatin, nişasta, serum protein konsantresi ve çeşitli gıamlar ilave edilerek giderilebilir (Lucey, 2001; Lucey, 2002). Karıştırılmış yoğurtlarda yapısal bozuklukları kontrol etmek ve serum ayrılmasını önlemek amacıyla stabilizör kullanılmakta, set tipi yoğurtlarda ise stabilizör kullanılmamaktadır (Lucey ve Singh, 1998).

Dayanıklı ayran üretiminde, stabilizörler protein stabilizasyonunu sağlarken, ısı işlem ise bakteri sayısında azalma sağlamakta ve böylece depolama süresince asitlik gelişimi ve serum ayrılması önlenmektedir (Atamer ve diğ., 1999a).

2.2.1. Stabilizörlerin kullanım alanları

1. Stabilizörler fermente süt ürünlerinde yüksek su tutma kapasiteleri nedeniyle kıvam ve viskoziteyi arttırmak, serum ayrılmasını azaltmak (Anon., 1992; Atamer ve diğ., 1999a; Tamime ve Robinson, 1999; Duboc ve Mollet, 2001).
2. Jel oluşturmak (Anon., 1992).
3. Uzun ömürlü sıvı süt ürünlerinde üretim ve depolama süresince stabiliteyi sağlamak ve korumak (Anon., 1992).

4. Gıdanın fiziksel stabilitesini artırarak ve ağız tadı özelliklerini geliştirerek gıdanın tüketici tarafından beğenilirliğini arttırmak (Marcotte ve diğ., 2001).
5. Meyveli yoğurt üretiminde meyve ilavesi ile düşen kıvamı artırmak ve stabilizasyonu sağlanmak (Basak ve Ramaswamy, 1994).
6. Yağ ve şeker ikame maddesi olarak düşük kalorili ürünlerde istenilen ağız tadı ve reolojik özellikleri sağlamak (Lo ve diğ., 1996; Tamime ve Robinson, 1999; Yanes ve diğ., 2002a; Yanes ve diğ., 2002b).
7. Reolojik özellikleri ve viskoziteyi düzenlemek amacıyla kullanılmaktadır (Zorba, 2001).

2.2.2. Stabilizörlerin sınıflandırılması

Hidrokolloid terimi bitkilerden, deniz yosunlarından elde edilen polisakkaritleri, bitki sıvıntılarında elde edilen gamları, nişasta veya selülozun enzimatik veya kimyasal olarak modifiye edilmesi ile elde edilen gamları içermektedir (Dickinson, 2003). Elde edildikleri kaynaklara göre hidrokolloidlerin sınıflandırılması Tablo 2.2’de gösterilmiştir (Williams ve Phillips, 2000).

Tablo 2.2. Ticari önemi olan hidrokolloidlerin sınıflandırılması (Williams ve Phillips, 2000).

BİTKİ KAYNAKLI	
Ağaç	Selüloz
Ağaç sıvıntıları	Gam arabik
Bitkiler	Nişasta, pektin
Çekirdekler	Guar gam, keçi boynuzu gamı
MİKROBİYAL KAYNAKLI	Ksantan, dextran
Alg Kaynaklı	
Kırmızı deniz yosunları	Agar, karragenan
Kahverengi deniz yosunları	Alginat
HAYVANSAL KAYNAKLI	Jelatin

Stabilizörlerin kullanım oranları yasal düzenlemelerle belirlenmektedir (Lucey ve Singh, 1998). Optimum orandan fazla stabilizör kullanımı tat ve aromayı olumsuz yönde etkilemekte ve protein agregasyonundan kaynaklanan pıhtılı yapıya sebep olmaktadır. Optimum orandan az stabilizör kullanımı ise istenilen etki elde

edilememektedir (Atamer ve diğ., 1999a). Stabilizörler genellikle %0,1-0,5 konsantrasyonlarında kullanılmaktadır (Lo ve diğ., 1996).

2.2.3. Süt ürünlerinde kullanılabilecek stabilizörler

Süt ürünlerinde yapının düzenlenmesi amacıyla nişasta, pektin, jelatin (Fizman ve diğ.,1999), karragenan, keçi boynuzu gamı, guar gam, pektin gibi stabilizörler kullanılabilmektedir (Kruif ve Tuinier, 2001).

Stabilizör kullanımı sütte bulunan kuru madde miktarı ile de ilgilidir. Kuru madde miktarı ile kullanılacak stabilizör miktarı arasında ters orantı mevcuttur (Güven, 1998; Tamime ve Robinson, 1999; Duboc ve Mollet, 2001).

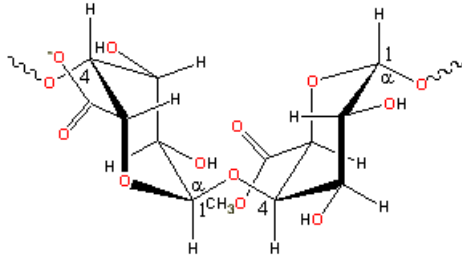
Yoğurt içeceğinde ve meyveli ürünlerde süspansiyonu stabilize etmek için agar agar bazlı stabilizörler %0,25 düzeyinde katılabilmektedir (Tamime ve Robinson, 1999).

Yoğurt üretiminde, %0,02-0,7 pektin ve bazı modifiye nişastalar, %0,05-0,6 agar-agar, keçi boynuzu gamı, guar gam, aljinat, jelatin, karragenan, karboksimetilselüloz, %1-2 bazı nişasta türevleri, %0,1-0,5 guar gam (asidik süt ürünleri) kullanılabilmektedir (Tamime ve Robinson, 1999).

Kazein partikül dispersiyonlarının asidik koşullarda stabilizasyonu propilen glikol aljinat, karboksimetilselüloz ve pektin gibi karboksilli hidrokolloidlerle gerçekleştirilebilir. Bu anyonik polisakkaritler kolloidal partiküllere yapışır. Asit süt içeceklerinde tercih edilen hidrokolloid yüksek metoksilli pektindir (Amice-Quemeneur ve diğ., 1995; Dickinson, 1998; Lucey ve diğ., 1999). Yüksek metoksilli pektin karboksil gruplarının az olması sebebiyle düşük yüke sahiptir ve düşük metoksilli pektine göre proteinlerle daha az elektrostatik etkileşimlere girer (Dickinson, 1998).

2.2.3.1. Pektin

Pektin, kısmen metoksil grupları ile esterleşmiş galakturonik asit moleküllerinden oluşan lineer bir polisakkarittir (Beaulieu ve diğ., 2001; Ötleş ve Pire, 1999).



Şekil 2.2. Pektinin kimyasal yapısı (Anon., 2003)

Şekil 2.2.'de kimyasal yapısı gösterilen pektin bitki köklerinde, yapraklarında ve meyvelerinde suda çözünmeyen protopektin şeklinde bulunurken, özellikle narenciye kabuklarından, elma atıkları ve şeker pancarından elde edilmektedir (Güven ve Hayaloğlu, 2001). Pektin soğukta ve asitte çözünebilen, iyonik bir stabilizördür. Gıdalarda jelleştirme, kıvam verme emülsifiye etme ve stabilite sağlamak amacıyla kullanılmaktadır (Anon., 1992; Dickinson, 2003). FAO/WHO tarafında günlük alım miktarı hakkında herhangi bir sınır bulunmayan doğal katkı maddesi olarak tüketimine izin verilen bir katkı maddesidir (Anon., 1992). TGKY'ine göre de pektin ve jelatin katkı maddesi olarak değerlendirilmemektedir (Anon.,1977). Pektin pH'sı 4,5 olan yoğurt içeceklerinde önerilen bir hidrokolloiddir (Wang ve diğ., 2000).

Pektinler sudaki çözünürlüklerine göre suda çözünebilir ve çözünemeyen pektin olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Suda çözünebilirlik polimerizasyon derecesine ve metoksil gruplarının sayı ve dağılımına bağlı olarak değişmektedir. Çözelti pH'sı, sıcaklık ve çözünenin konsantrasyonu çözünürlükte etkili olmasına rağmen, genellikle çözünürlük molekül ağırlığı düştükçe ve esterleşmiş karboksil grupları artıkça artmaktadır (Thakur ve diğ., 1997).

Pektinler metoksil oranına göre iki sınıfa ayrılmaktadırlar. Karbonil gruplarının %50'sinden fazlası esterleşmiş pektinler yüksek metoksilli, %50'sinden azı esterleşmiş pektinler düşük metoksilli pektin olarak adlandırılmaktadırlar (Anon., 1992; Beaulieu ve diğ., 2001). Jel oluşturma yeteneği molekül büyüklüğü ve metoksillenme derecesine bağlı olarak değişmektedir (Thakur ve diğ., 1997).

Üretimde kullanılacak pektin seçimi, üründe istenilen yapı, pH, proses sıcaklığı, iyon ve proteinlerin varlığı ve istenilen raf ömrü gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Thakur ve diğ., 1997).

Yüksek metoksilli pektin

Yüksek metoksilli pektinler asit jeli oluştururken, düşük metoksilli pektinler kalsiyum jeli oluşturmaktadır (Thakur ve diğ., 1997).

Yüksek metoksilli pektinler toplam çözünebilir katı miktarı %55'den büyük, pH'nın 3'ün altında olduğu (Anon., 1992) asidik koşullarda ve yüksek şeker içeriğinde jel oluşturlar (Dickinson, 2003).

Yüksek metoksilli pektin jellerindeki şekerin görevi, birleşme bölgelerindeki ester metil grupları arasındaki hidrofobik etkileşimi artırarak jeli stabilize etmektir. Şekerin etkisi şeker moleküllerinin geometrisine ve komşu su molekülleri arasındaki etkileşime bağlıdır. Jeller hidrofobik bağlar ve hidrojen bağları ile stabilize edilmektedir (Thakur ve diğ., 1997).

Yüksek metoksilli pektin düşük pH'larda kazein kaplı emülsiyonların stabilitesinde de etkilidir. Kazein dispersiyonlarının etkili stabilizasyonu pH 3,7-4,2 aralığında gerçekleşmektedir. Bu pH'da kazein ve pektin optimum zıt yüke sahiptir (Dickinson, 1998).

Düşük metoksilli pektin

Düşük metoksilli pektinler ise geniş çözünebilen kurumadde ve pH aralığında ve süt ve meyvelerde doğal olarak bulunan kalsiyum iyonları varlığında (Thakur ve diğ., 1997; Beaulieu ve diğ., 2001; Dickinson, 2003) molekülleri arasında çapraz bağlanmalar meydana getirerek çözelti kıvamını artırmaktadır (Beaulieu ve diğ., 2001). Düşük metoksilli pektinlerin pH 2,5-6,5 arasında jelleştirilecek ürünlerde kullanımı önerilmektedir (Güven ve Hayaloğlu, 2001).

Düşük metoksilli pektin jelleri kimyasal olarak sıcaklık ve neme, yüksek metoksilli pektin jellerinden daha duyarlıdır. Düşük metoksilli pektin jellerinde pH'nın yüksek istenmesinin nedeni sadece dissosiyasyon olmuş karbonil gruplarının tuz köprüleri oluşturabilmesi olarak açıklanabilmektedir (Thakur ve diğ., 1997).

Yapılan çalışmalarda düşük metoksilli pektinin meyveli yoğurtlarda yumuşak bir jel yapısı ve düzgün meyve dağılımını sağlarken (Güven ve Hayaloğlu, 2001), yüksek metoksilli pektinin protein stabilizörü olarak düşük pH'lı kültürlü süt ürünlerinde ısı uygulaması yapıldığında kullanıldığı bildirilmektedir (Anon., 1992).

Pektinin etki mekanizması

Düşük pH'lı süt sistemlerinde, anyonik pektin molekülleri ilk olarak kalsiyum iyonları ile etkileşmektedirler. Bu etkileşim sonucunda kalsiyum iyonları sebebiyle pektin molekülleri pozitif yük kazanmaktadır. Pozitif yüklü hale gelen pektin kazein miselleri ile birleşir ve miseller pozitif yük kazanarak birbirini iterler ve çökelti oluşumu önlenir. Bu olay iyonik stabilizasyon olarak bilinmektedir (Anon., 1992; Atamer ve diğ., 1999a).

Kazein molekülleri arasında çok yüksek molekül ağırlıklı pektin moleküllerinin bulunması sterik stabilizasyon olarak bilinen ikinci tür stabilizasyona neden olmaktadır. Sterik stabilizasyon ısı uygulaması sırasında önemli iken iyonik stabilizasyon uzun süreli depolamada önem kazanmaktadır (Anon., 1992). Sütün ısı işlem görmesi pektin partiküllerinin bağlanmasında etkili değildir (Lucey ve diğ., 1999).

Kalsiyumu bağlaması sonucunda süt ile stabilize jel oluşturmaya rağmen pektin kazein miselleri ile nötral pH'da kompleks oluşturmaz. Pektin ve kazein partiküllerinin kompleksleşmesi asitli süt içeceklerinin sterik stabilizasyonunda kullanılmaktadır (Dickinson, 1998).

Pektinin kullanım oranı

Pektinin kullanım miktarı istenilen jelleşme derecesine bağlı olup %1 veya daha azdır (Güven ve Hayaloğlu, 2001). Çeşitli fermente ürünlerde pektin kullanım oranı %0,02-0,7 arasında değişmektedir (Atamer ve diğ., 1999a).

Atamer ve diğ. (1999)'nin dayanıklı ayran üzerine yaptıkları çalışmada, geleneksel yöntemle ve %0,2; 0,4; 0,6 ve 0,8 oranlarında pektin ilave edilen ayranlar üretilip 60 gün boyunca depolanmışlardır. Depolama boyunca geleneksel yöntemle üretilen ayranların kıvamının düşük olduğu ve serum ayrılmasının gözlemlendiği belirtilmiştir. %0,2 oranında pektin ilaveli örneklerde serum ayrılması ölçülemeyecek kadar düşük olduğu, pektin miktarı arttıkça serum ayrılmasının önlenildiği ve viskozitenin arttığı görülmüştür. Örneklerin beğenilme sırası % 0,6; 0,8; 0,4; 0,2 oranında pektin katkılı örnekler olarak değişmiştir. Dayanıklı ayran üretiminde, pektin kullanım oranlarının pH ve laktik asit içerikleri üzerine etkisinin önemsiz olduğu, fakat depolamanın farklı dönemlerinde titrasyon asitliği, tirozin, asetaldehit ve viskozite değerleri

üzerindeki etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir. Dayanıklı ayran üretiminde duyusal özelliklerde olumsuzluğa neden olmadan kullanılabilecek pektin miktarının %0,2-0,8 olduğu belirtilmiştir.

Foley ve Mulcahy (1989) %5 şeker ilave edilerek üretilen yoğurt içeceğinde serum ayrılmasını önlemede pektinin, propilen glikol aljinat ve karboksimetilselülozdan daha etkili olduğunu bulmuşlardır. Süt proteini yüzdesi cinsinden %20'ye kadar pektin katıldığında serum ayrılmasının önlendiği görülmüştür. Artan depolama sıcaklığı koşullarında serum ayrılmasının arttığı ve yağ oranı %2,3'e arttırıldığında ise serum ayrılmasının azaldığı saptanmıştır. Isı uygulanmış ve pektinle stabilize edilmiş yoğurt içeceğinin 20 haftalık depolama süresine sahip olduğu görülmüştür. Ürünlerin viskozitesi artan stabilizör miktarı ile artarken depolama boyunca azalmıştır. Serum ayrılmasında etki derecesi sırasıyla pektin, propilen glikol aljinat ve karboksimetilselüloz şeklindedir. Viskozite açısından kıyaslandığında en yüksek viskoziteye sırasıyla karboksimetilselüloz, propilen glikol aljinat ve pektinin sahip olduğu bulunmuştur. 65°C'de ısıtma işlemi uygulaması sonrasında 2 hafta depolama sonucunda karboksimetilselüloz ilaveli örneklerde büyük çökeltiler meydana geldiği görülmüştür.

Amice-Quemeneur ve diğ. (1995) bakteriyel fermentasyon veya glukonodeltalakton (GDL) ile asitlendirmiş asidik süt içeceklerinin viskozitelerinin pektin ilavesiyle arttığını bildirmişlerdir. İçeceklerde kazein partiküllerinin agregasyonu sebebi ile bir kaç saat içinde çökelme görülmüştür. Çalışmada stabilize edilmemiş laktik içeceklerin tiksotropikliği yüksek bulunmuştur. Her iki asidifikasyon yöntemi ile % 0,4 pektin ilavesi ile asidik süt içeceklerinin raf ömrü bir kaç haftaya kadar uzatılmış ve serum ayrılmasının olmadığı görülmüştür. Pektin ilavesi tiksotropikliği azaltırken görünen viskozitede artışa sebep olmuştur. Pektinle stabilize edilmiş içeceklerin viskozitesi 25 mPa.s⁻¹ olarak bulunmuştur.

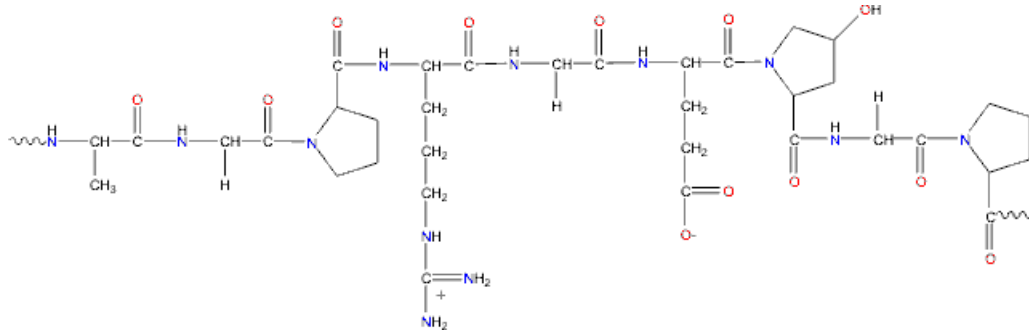
Lucey ve diğ. (1999) asidik süt içeceğinde pektin ilavesi ile serum ayrılmasının ve partikül büyüklüğünün azaldığını ve akış davranış indeksinin arttığını bulmuşlardır. Pektinin %0,3 ve daha fazla konsantrasyonda kullanımı serum ayrılmasını azalttığı saptanmıştır.

Basak ve Ramaswamy (1994), %0-0,5 oranında pektin ve %0-10 oranında çilek konsantresi ilave edilen yoğurdun reolojik özelliklerini 0-300 s⁻¹ kayma hızı

aralığında incelemişlerdir. Fermentasyon sonrasında uygun oranda pektin ve çilek konsantresinin yoğurda ilave edilmesi ile istenilen viskozitenin elde edildiği görülmüştür. Tüm test örneklerinin yıkılma stresine sahip tiksotropik davranış gösterdikleri bulunmuştur. Pektin ilavesinin akış davranış indeksini arttırdığı belirtilmiştir.

Ramaswamy ve Basak (1992) ahududu konsantresi içeren yoğurdun çıkış eğrisinin yıkılma stresine sahip olduğu ve Herchel-Bulkey modeline uyduğunu, iniş eğrisinin ise lineer modele uygunluk gösterdiğini belirtmişlerdir. Yoğurda ilave edilen ahududu gibi tatlandırıcıların yoğurdun kıvamını genellikle düşürdükleri ve bu yüzden stabilize edici ajan olarak pektin kullanılarak kıvamın artırılabilceğini belirtilmişlerdir.

2.2.3.2. Jelatin



Şekil 2.3. Jelatinin kimyasal yapısı (Anon., 2003).

Şekil 2.3.'de kimyasal yapısı gösterilen jelatin, suda çözünebilen, belirli koşullar altında jel oluşturabilen ve 18 aminoasitten oluşan hayvansal bir proteindir. Jelatinde en çok bulunan aminoasitler glisin, alanin ve prolindir. Jelatin stabilizör, durultma ajanı ve protein kaynağı olarak kullanılmaktadır. Jelatinin viskozitesi jelatin tipi ve konsantrasyonu, zaman ve sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Köpürme yeteneğine sahip olan jelatin viskozite artırıcıdır (Djagny ve diğ., 2001). Jelatin jellerinin ağızda erime özelliğine sahip olması nedeniyle tercih edilen bir hidrokolloiddir (Marcotte ve diğ., 2001). Nötral bir tada sahip olduğu bildirilen jelatin E katkı maddesi numarasına sahip değildir (Fizman ve diğ., 1999).

Jelatinin mikroyapı ve asit süt jellerinin reolojisinde etkili olduğu belirtilmiştir. Reolojik özelliklere etkisi, kompozisyon ve proses koşullarına bağlıdır. Süt

proteinlerinin kolloidal yapısı, pH, jelatin konsantrasyonu ve tipi ve ısı uygulaması reolojik özelliklere etki etmektedir (Koh ve diğ., 2002).

Güven (1998) %0,5 jelatin, %0,2 pektin, %0,5 arap sakızı, %0,15 karragenan kullanımının 21 günlük depolama sırasında yoğurtların bazı özelliklerine etkileri incelenmiştir. Karragenanın yoğurtlarda asitlik gelişimini ve pH'nın düşmesini engellediğini, jelatin ve arap sakızının viskoziteyi ve karragenanın su salma kapasitesini olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir. Karragenanın duyu özelliklerin bozulmasına neden olduğu, en çok beğenilen örneklerin jelatin içeren yoğurtlar olduğu ve diğer örneklerin kontrole yakın değerler aldığı saptanmıştır. Depolama süresince yoğurtların titrasyon asitlikleri ve pıhtı sertlikleri yükselmiş, pH değeri, laktoz oranı ve su salma miktarı azalmıştır. Duyusal özelliklerin uzun süreli depolamadan olumsuz etkilendiği belirlenmiştir.

Fizman ve diğ. (1999) tarafından jelatin ilaveli yoğurtların jelatin ilavesiz örneklerle göre daha katıya benzer yapı gösterdiği belirtilmiştir. Jelatin %1,5 oranında ilave edildiğinde yoğurtta serum ayrılmasının olmadığı bulunmuştur.

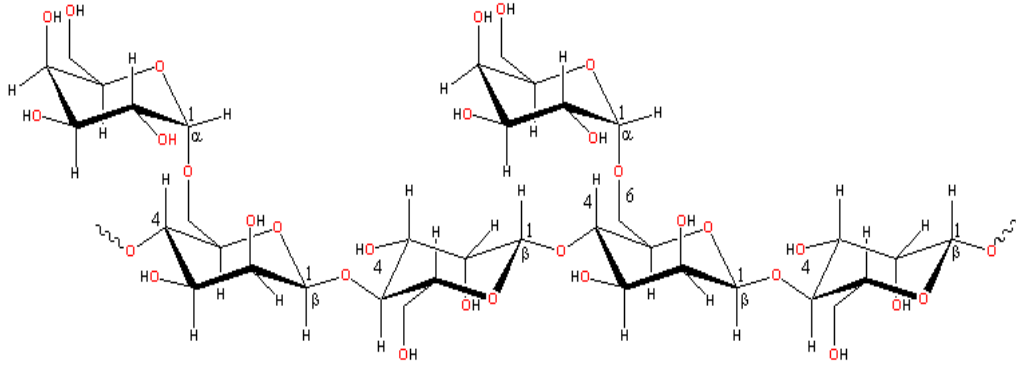
Wendin ve diğ. (1997), ekşi süte katılan %0,1 veya %0,5 oranında jelatin ve %0,05 veya %1 oranında pektinin maltolun koku ve aromasını etkilemediğini, 2-metilbütiratın ise koku ve aromasını etkilediğini bildirmiştir.

2.2.3.3. Galaktomannanlar

Galatomannanlar, polimannoz zincirine sahip hidrofilik biyopolimerlerdir (Dickinson, 2003). Galaktomannanlar çekirdek polisakkaritlerdir. β -D-mannozların (1→4) bağları ile bağlanması ve (1→6) bağı ile bağlanmış tek bir α -D-galaktoz biriminden oluşan düz zincirli bir polisakkarittir (Bourriot ve diğ., 1999). Bunlardan guar gam ve keçi boynuzu gamı kalınlaştırıcı, su tutucu ve stabilize edici ajan olarak en çok kullanılanlardır. Karbonhidrat yapısına bakıldığında herhangi bir hidrofobik grup yoktur. Bu nedenle sulu fazların reolojik özelliklerini modifiye etmede kullanılmaktadır (Dickinson, 2003).

Guar gam

Guar gamdaki galaktozun mannoza oranı 2:4 iken keçi boynuzu gamında “locust bean gum” 1:4 tür. Keçi boynuzu gamına spesifik fonksiyonalite sağlayan düzgün mannoz zincirleri vardır (Anon.,1992).



Şekil 2.4. Guar gamın kimyasal yapısı (Anon., 2003).

Şekil 2.4’de kimyasal yapısı gösterilen guar gam iyonik karakterde değildir ve jel oluşturmaz fakat kıvam vermektedir. Aside karşı dayanıklı olup keçi boynuzu gamından farklı olarak soğukta çözünabilmektedir (Anon.,1992) ve yüksek viskoziteye sahiptir (Simonet ve diğ., 2000). Guar gamın %0,5’e kadar konsantrasyonları Newton akış tipi gösterirken %0,5’den yüksek konsantrasyonlarda psödoplastik tipte akış göstermektedir (Zorba, 2001).

Guar gam, selüloz, aljinat, pektin, nişasta ve jelatin gibi diğer bitkisel gamlarla birlikte kullanılabilir. Yapısında çözünabilir lif ve sellüloz bulunduğundan, çözeltinin görünüşü hafif bulanıktır (Güven ve Hayaloğlu, 2001).

Guar gam asitlendirilmiş süt ürünlerinin tat ve kokusunu direk olarak etkilemediğinden bu tip ürünlerde stabilizör olarak kullanılmaktadır. Ayrıca guar gam fermente süt ürünlerinin sahip olduğu pH değerinden etkilenmemektedir. Molekül ağırlığı 220,000 olan bu polimer çok düşük konsantrasyonlarda bile sudaki moleküler zincirin dispersiyonu ve şişmesi sonucu viskozitede fark edilebilir değişikliklere sebep olmaktadır (Lo ve ark., 1996).

Guar gamın 12 M sülfirik asit gibi kuvvetli asitlerle hidroliz edildiğinde monosakkaritlerine parçalandığını ve yoğurt gibi asidik ürünlerde kullanılabileceği belirtilmektedir. Guar gamın stabil kaldığı 25°C’de en düşük pH 2 iken, 50°C’de stabilitesini koruduğu minimum pH 3,5’dir (Wang ve ark., 2000).

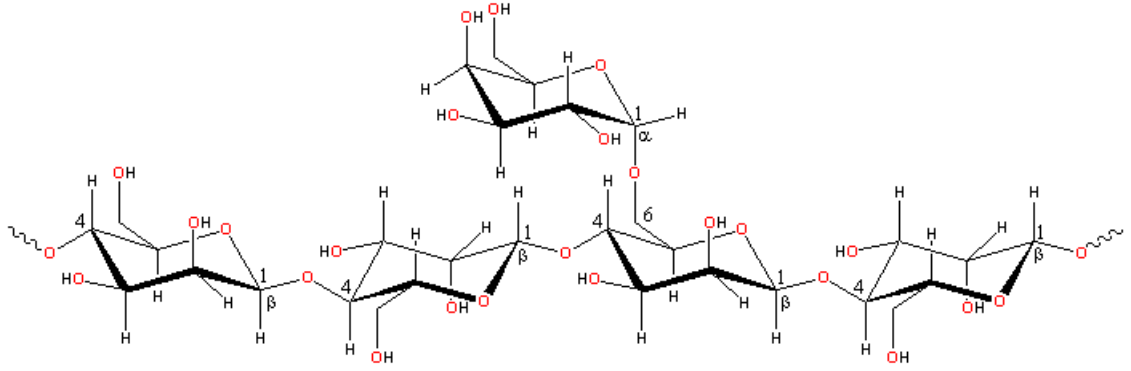
Lo ve diğ. (1996) asitlendirilmiş sütte %0,1-0,5 konsantrasyonlarında guar gam kullanımının fermente süt ürünlerinin tat ve aromasına etki eden bileşikler olan asetaldehit, etanol ve diasetilin dağılma katsayısını etkilemediğini bildirmişlerdir.

Bourriot ve diğ. (1999), %0,2 guar gam ve %3 misellar kazein ve herikisinin karışımının akış özelliklerini 20°C'de incelenmişlerdir. Misellar kazein ve guar gamın bu koşullarda Newtonyen özellik gösterdiği belirlenmiş ve misellar kazeinin viskozitesinin guar gam, micellar kazein ve guar gam karışımına göre en düşük olduğu bulunmuştur. Karışımın viskozitesinin tek başlarına sahip oldukları viskozitelerinin toplamından daha yüksek olduğu görülmüştür. Karışımın akış davranış şekli Newtonyen akıştan farklılık göstermiş ve tiksotropik akış görülmüştür. Toplam biyopolimer konsantrasyonu arttıkça viskozitenin ve tiksotropinin arttığı görülmüştür.

Wang ve diğ. (2000) guar gamın yoğurt gibi, fermentasyon aşamasından sonra ısıtma işlemi tabii tutulmayan kültürlü süt ürünlerinde kullanılabileceğini açıklamışlardır. Ayrıca düşük pH'lı sistemlerde guar gamın kalınlaştırıcı ve diyet lifi olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Kültürlü süt ürünlerinde guar gamın tuz ve diğer hidrokolloidlerle birlikte kullanılabilmesi avantajdır.

Keçi boynuzu gamı

Keçi boynuzu gamı baklagil ailesinin üyesi olup keçi boynuzu çekirdeğinin endosperminden elde edilir (Şekil 2.5). Ülkemizde Antalya-Adana bölgesinde yıllık 15 000 ton dolaylarında üretimi yapılmaktadır. Galaktoz ve mannozun kısmi bir polisakkariti olup, iyonik karakterde olmayıp ılık suda çözünür ve aside dayanıklıdır. Tek başına jel oluşturma yeteneği olmayıp agar ve karragenan jellerinde arzu edilen elastikiyeti sağlar ve büzülmeyi geciktirir. Az miktarda alkali ortamda jelleşmeye neden olabilmektedir. Kıvam verici olarak kullanılmaktadır. Yoğurtta su salmayı önleyebilmek amacıyla diğer hidrokolloidlerle kombine halde kullanılmaktadır. Keçi boynuzu gamının kullanımı fiyatının yüksek olması nedeniyle sınırlıdır. Yapısında bulunan protein ve sellüloz gibi safsızlıklar nedeniyle bulanık ve beyazımsı opaktır (Anon.,1992; Güven ve Hayaloğlu, 2001; Güven ve diğ., 2003).



Şekil 2.5. Keçi boynuzu gamının kimyasal yapısı (Anon., 2003).

Keogh ve O’Kennedy (1998) karıştırılmış yoğurtta jelatin, nişasta veya 50:50 oranında ksantan gam/keçi boynuzu gamı karışımının reolojik özellikler üzerine etkilerini incelemişlerdir. Kıvamı artırmada ksantan gam tek başına çok az etki yapmış bu yüzden ksantan gam/keçi boynuzu gamı (50:50) gam karışımı kullanılmıştır. Jelatin ve ksantan gam/keçi boynuzu gamı içeren denemelerde ilave protein kıvam katsayısını arttırmış ayrıca bu maddelerin konsantrasyonu arttıkça da kıvam katsayısı artmıştır. Jelatin ve ksantan gam/keçi boynuzu gamı karışımı akış davranış indeksi değerini düşürmüştür. Ksantan, keçi boynuzu gamı karışımı %13-16’dan daha düşük konsantrasyonlarda yoğurtta kullanıldığında serum ayrılmasında artış gözlenmiş bu konsantrasyonlardan fazla kullanıldığında ise serum ayrılmasında azalma meydana gelmiştir.

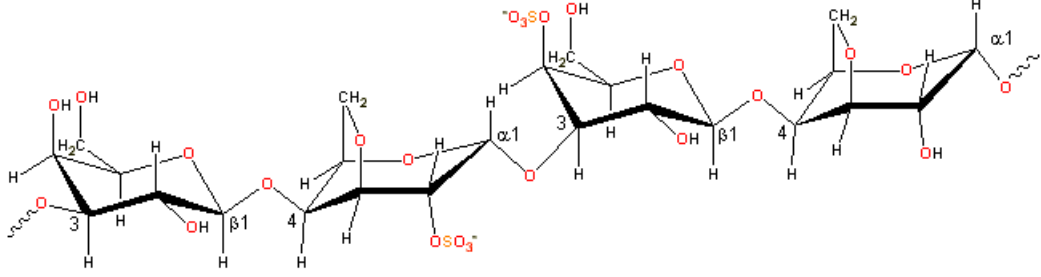
Ekşi (asidik) ürünlere ağız tadının iyileştirilmesi amacıyla %0,1 oranında keçi boynuzu gamı ve guar gam ilave edilebilmektedir (Macrae ve diğ., 1993). Güven ve diğ. (2003) salebe alternatif olarak dondurma üretiminde keçi boynuzu gamının kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

2.2.3.4. Karragenan

Karragenan anyonik polisakkarit grubundan olup kırmızı deniz yosunlarından elde edilmektedir (Hemar ve diğ., 2002). Karragenanlar yapısında bulunan sülfat gruplarının sayısına göre üç farklı formda bulunmaktadır. Kappa 1, iota 2, ve lamda 3 tane sülfat grubuna sahiptir (Langerdorff ve diğ., 2000 Hemar ve diğ., 2002).

Karragenan α -1,4 ve β -1,3 anhidrogalaktoz birimlerinden ve değişen oranda sülfat gruplarından oluşan lineer bir polisakkarittir (Şekil 2.6). Fonksiyonallikleri geri

dönüşümlü jel oluşturup oluşturmamalarına bağlıdır. Su bağlama ve kıvam verme fonksiyonları için lamda karragenan gibi jel oluşturmeyen türler kullanılmaktadır. Jelleşme için genellikle κ -karragenan veya ι -karragenan kullanılmaktadır (Tziboula ve Horne, 1999).



Şekil 2.6. Karragenanın kimyasal yapısı (Anon., 2003).

Karragenanların hepsi sıcak süt ve suda çözünürken organik çözücülerde çözünmemektedirler. Jelleşen ve jelleşmeyen karragenanlarda en önemli yapısal farklılık ester sülfat gruplarının yeridir. Sıcak suyla hazırlanan κ -karragenan çözeltileri soğutuldukları zaman sert ve ısıyla geri dönüşümlü, ancak kırılğan jeller oluşturmaktadırlar. Kalsiyum ve potasyum varlığında sert jeller oluşturulurken, sodyum ve lityum iyonları varlığında zayıf jeller elde edilmektedir (Zorba, 2001). λ -karragenan sulu ortamda içerdikleri yüksek orandaki sülfat grupları nedeniyle jel oluşturmamakla birlikte sütte jel oluşturabilme yeteneğindedir (Zorba, 2001).

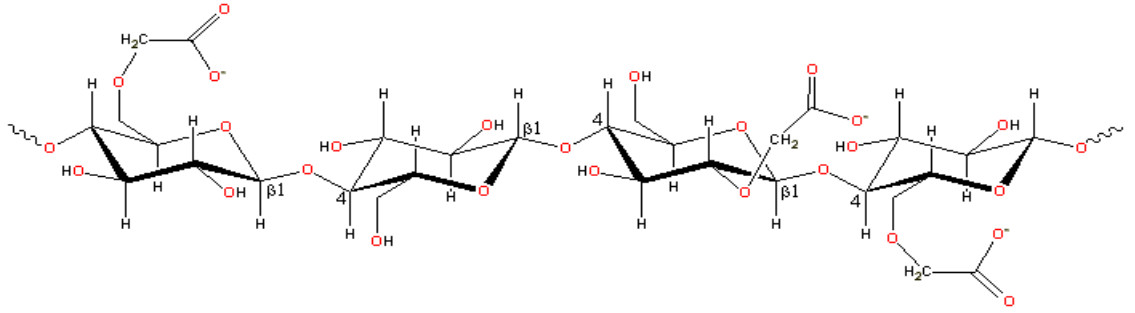
Karragenan bir çok süt ürünüde, özellikle sütlü içeceklerde, dondurmalarda, peynirlerin hazırlanmasında %0,05-2,0 oranında kullanıldığı zaman stabilize edici ve koyulaştırıcı etki yapmaktadır (Güven ve Hayaloğlu, 2001).

Sütteki kazeinin fonksiyonallitesi karragenan ve κ -kazein arasındaki kompleks oluşumuna bağlıdır. Kompleks oluşumu karragenandaki sülfat grupları üzerindeki negatif yük ve kazein molekülü zincirindeki peptidler üzerindeki pozitif yüklü grupların etkileşimi nedeniyledir. Sütteki kazeinler kalsiyum fosfatla kazein misellerini oluşturacak şekilde bulunur. Misellerin yüzeyinde bulunan κ -kazein karragenanla etkileşebilmektedir. Sütte bulunan kalsiyum ve potasyum iyonları jelleşmede etkilidir. Karragenanlar 200 ppm'den daha yüksek konsantrasyonda olduğunda süt proteinleri jelleşmeyi etkilememekte olup düşük polimer düzeylerinde etkilidirler (Tziboula ve Horne, 1999).

Schmidt ve Smith (1992) farklı konsantrasyonda κ -karragenan, guar gam ve ksantan gamı %11 yağsız süt, %11 protein konsantresi veya iki kere distile edilmiş deiyonize suda dispers etmişler ve reolojik ölçümlerini bir gün sonra $1-875\text{ s}^{-1}$ kayma hızı aralığında yapmışlardır. Aynı konsantrasyonda karşılaştırıldığında, karragenan-yağsız süt kuru maddesi içeren çözeltilerin, karragenan-su çözeltilerinden daha viskoz olduğu görülmüştür. Düşük gam konsantrasyonunda, çözeltilerin Newtonyen davranış gösterdiği, yüksek gam konsantrasyonlarında ise psödoplastik davranış gösterdiği bulunmuştur.

2.2.3.5. Karboksimetilselüloz

Genellikle CMC olarak isimlendirilen sodyum karboksimetilselüloz, anyonik polielektrolit olup selüloz türevidir (Şekil 2.7). Gıda endüstrisinde genellikle sodyum tuzu kullanılmaktadır (Zorba, 2001).



Şekil 2.7. Karboksimetilselülozun kimyasal yapısı

Karboksimetilselüloz odun veya pamuk orijinli selülozun sodyum hidroksit çözeltisi ile muamele edilmesinden elde edilen alkali selüloz monokloroasetik asitle reaksiyona sokulmaktadır. Bu reaksiyondan elde edilen ürün nötralleştirilir ve kurutulur. Süstitüsyonun derecesi (DS) çözelti özelliklerine ve çözünürlüğüne etki etmektedir. Gıda saflığında karboksimetilselülozun (DS) 0,95 ile sınırlı tutulmaktadır. Çözünürlük için DS 0,45 veya daha yüksek olmalıdır (Zorba, 2001).

Karboksimetilselülozun DS 1-1,5 olduğu durumlarda çözeltileri psödoplastik davranış gösterirken düşük DS'lerde tiksotropik davranış göstermektedir (Alexander, 1999).

Karboksimetilselüloz suda kolay çözünmesi, arzu edilen reolojik özellikleri sağlaması ve kolay sindirilebilirliği nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır.

Karboksimetilselüloz, jelatin, kazein ve soya proteini gibi bazı gıda proteinlerinin çözünmesine yardımcı olmaktadır. Karboksimetilselüloz-protein kompleksi oluşturarak çözünme gerçekleştirir ve viskozite artar. Pudingde serum ayrılmasını önlemek için kullanılmaktadır (Güven ve Hayaloğlu, 2001).

Güven (1998) değişik oranlarda yoğurda katılan karboksimetilselülozun sonuç vermediğini bildirmiştir. Gülümser (1986) %0,1 ve %0,2 oranında karboksimetilselüloz ilavesi ile ayranların kıvamının arttığı ve duyuşal özelliklerinde olumsuz değişikliklerin görülmediğı, fakat %0,3 oranında katıldığında ayranın tadında değişimler gözlemlendiğı belirtilmiştir. Karboksimetilselüloz ayranında %0,3 oranında kullanıldığında serum ayrılmasının azaldığı fakat tamamen önlenemediğı görülmüştür. Ayran üretiminde ısııl işlem ile birlikte karboksimetilselüloz kullanımının dayanıklılığı artırdığı görülmüştür .

Aydar (1996) yoğurtlara eşit oranda su ve %0,5 ile %0,7 oranında olmak üzere iki farklı konsantrasyonda karboksimetilselüloz ilave ederek 60°C’de 15 dk ısııl işlem uygulayarak ayranlar üretmiştir. Ayranında %0,7 oranında karboksimetilselüloz ilavesinin ve 60°C’de 15 dk ısııl işlemin dayanıklılığı artırdığını bildirmiştir.

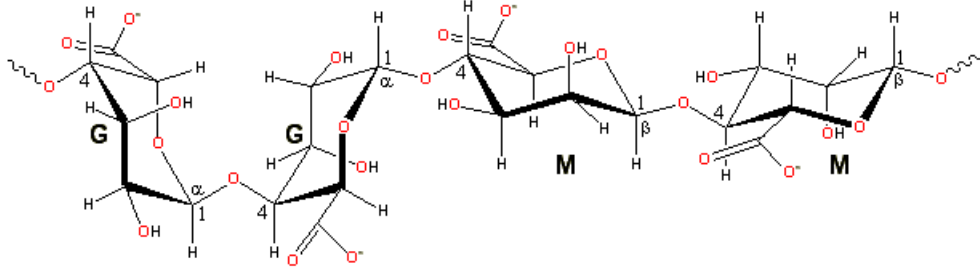
Altınayar (1997) süt veya yoğurt kullanılarak farklı yöntemlerle üretilen ayranların niteliklerini üretim yöntemlerinin etkilemediğini bulmuştur. Yine aynı çalışmada karboksimetilselüloz ilave edildiğı ayranlarda kurumadde, yoğunluk ve viskozite değerlerinde artma, serum ayrılması değerlerinde azalma ve yağ, tuz, titrasyon asitliği, pH, asetaldehit ve tirozin değerlerinde ise değişim olmadığı görülmüştür. Ayranın dayanımını artırmak amacıyla 60°C’de 15 dk ısııl işlemin ve optimum %0,7 oranında karboksimetilselüloz kullanımının etkili olduğı bulunmuştur.

2.2.3.6. Sodyum aljinat

Phaeophyceae sınıfından olan kahverengi alglerden elde edilmektedir (Güven ve Hayaloğlu, 2001). Sodyum aljinat iyonik karakterde bir stabilizördür ve içeceklerle kıvam vermek amacıyla katılmaktadır (Anon., 1992).

Aljinatlar aljinik asidin sodyum, potasyum tuzları içerdikleri yüksek orandaki karboksil iyonları yüzünden sıcak ve soğuk suda kolaylıkla çözünmektedir (Şekil 2.8). Aljin çözeltilerinin viskozitesi sıcaklık, konsantrasyon, pH, molekül ağırlığı ve

çok değerli katyonların varlığı gibi faktörlere bağlıdır. Artan konsantrasyonla birlikte viskoziteleri de artmaktadır. pH 4-10 aralığında viskoziteleri pH'dan etkilenmemektedir. Çok değerli metal iyonların varlığı, çözelti viskozitesinde artışa sebep olmakta ve jelleşme meydana gelebilmektedir (Zorba, 2001).



Şekil 2.8. Aljinatların kimyasal yapısı (Anon., 2003).

Aljinat çözeltileri yüksek viskoziteye sahiptirler ve psödoplastik davranış göstermektedirler (Yanes ve diğ., 2002a).

Çikolatalı sütlerde kıvamı artırmak için kakao parçacıklarının çökmesini önlemek için aljinat ilave edilmektedir. Artan aljinat miktarı viskozite artığında tatta azalma meydana gelmektedir (Yanes ve diğ., 2002a; Yanes ve diğ., 2002b).

Düşük kalorili tatlandırılmış süt içeceklerinin formülasyonunda sodyum aljinat ve κ -karragenan en çok kullanılan stabilizörlerdir. Yanes ve diğ. (2002a) suda ve sütte bu iki hidrokolloitten birini ve/veya şeker içeren çözeltilerin reolojik özelliklerini incelenmişlerdir. Bütün çözeltilerin Oswald de Waele modeline uygunluk gösterdiği belirlenmiştir. Aljinat çözeltileri için ortam-hidrokolloid etkileşimi önemli fakat akış davranış indeksi ile viskozitedeki farklılık önemsiz bulunmuştur. Benzer viskozitedeki κ -karragenan sistemleri sodyum aljinattan daha iyi tat özellikleri sağlamaktadır.

Yanes ve diğ. (2002a) sodyum aljinatın sulu çözeltilerinin kayma incelmeye sahip olduğunu ve akış davranış indeksinin 0,62-0,86 arasında değişiklik gösterirken şekerli çözeltilerinin akış davranış indeksi değerinin 0,83-0,92 arasında değişiklik göstermiştir. Sodyum aljinatın (%0,1-0,5) süt çözeltilerine ilavesi ile çözeltiler psödoplastik davranış göstermişlerdir.

2.2.3.7. Gam arabik

Gam arabik en çok bilinen emülsifiye edici ajan olup süt yağının ürün içinde homojen dağılımını sağlayarak, yağın yüzeye doğru çıkmasını önlemektedir (Dickinson, 2003). Kimyasal olarak, nötral veya Ca, Mg, K iyonlarını içeren kompleks bir polisakkaridin zayıf asidik tuzudur (Güven ve Hayaloğlu, 2001). Gam arabik %2 oranında protein içermekte ve karbonhidratlara serin ve hidroksiprolin ile kovalent olarak bağlanmaktadır (Dickinson, 2003).

Gam arabik, galaktoz, arabinoz, glukoronik asit ve ramnozdan oluşan kompleks bir polisakkarittir. Gam arabik'in viskozitesi düşük konsantrasyonlarda oldukça düşüktür (Zorba, 2001) ve maksimum viskoziteye nötr pH'da ulaşılmaktadır (Güven ve Hayaloğlu, 2001).

2.2.3.8. Agar

Agar-agar veya geloz olarakta adlandırılan agar *Rhodophyceae* sınıfının çeşitli alglerinden ekstrakte edilen kompleks yapıda suda çözülebilir bir polisakkarittir (Zorba, 2001). Agaroz ve agorapektin olmak üzere iki fraksiyonu bulunmaktadır (Zorba, 2001; Güven ve Hayaloğlu, 2001). Agaroz nötral yapıda iken agaropektin yüklü fraksiyonudur. Hidrofilik bir kolloid olan agar 25°C'de suda çözünmezken sıcaklığın artması ile tamamen çözünmektedir. Düşük bir konsantrasyonda (%0,04) bile jel oluşturabilmektedir (Zorba, 2001).

Agar, keçi boynuzu gamı veya guar gam ile birlikte kullanılabilir. Agar çözeltisinin viskozitesi pH 4,5-9,0 arasında sabittir. Agarın jelleşme yeteneği jelatinden 10 kat fazladır (Güven ve Hayaloğlu, 2001).

Agar, özellikle eritme peynirlerinde kıvam vermek amacıyla kullanılmaktadır. Yoğurt pıhtısının kıvamını artırmakla birlikte yoğurt pıhtısına doğal olmayan bir yapı kazandırmaktadır (Güven ve Hayaloğlu, 2001).

2.3. Eksopolisakkarit (EPS) Üreten Kültür Kullanımı

Eksopolisakkarit (EPS) üreten laktik kültürler yoğurt, ayran, peynir, fermente krema ve süt esaslı tatlılar gibi fermente süt ürünlerinin üretiminde ürünün yapısal

özelliklerine, stabilitesine ve tadın algılanmasına etki etmesinden dolayı kullanılmaktadır (Duboc ve Mollet, 2001). Fermente süt ürünlerinin yapısal özelliklerini iyileştirmek, serum ayrılmasını önlemek ve viskoziteleri arttırmak amacıyla süt kuru maddesi artırılabilen, protein, yağ ve şeker (fruktoz, sukroz) ilave edilebilmekte ve yasal düzenlemelerle izin verilen katkı maddelerin katılabilir (Teggatz ve Morris, 1990; Duboc ve Mollet, 2001). Ancak bu yöntemler doğal, düşük kalorili ve ucuz ürünleri tercih eden tüketiciler tarafından uygun olmadığından ve katkı maddelerinin tadı zıt olarak etkileyebileceği düşünüldüğünden (Duboc ve Mollet, 2001), fermentasyonda EPS üretebilme yeteneğinde LAB kullanımı tercih edilmektedir (Teggatz ve Morris, 1990; Beal ve diğ., 1999; Duboc ve Mollet, 2001; Kruif ve Tuinier, 2001; Ruas-Madiedo ve diğ., 2002). EPS üreten kültürler sütte rop adı verilen yapışkan veya iplikli yapı oluşumuna neden olmaktadır (Teggatz ve Morris, 1990; Hassan ve diğ., 1996). EPS'ler doğal stabilizör olarak değerlendirilmekte (Teggatz ve Morris, 1990) ve çok düşük konsantrasyonlarda bile etkili olmaktadır (Duboc ve Mollet, 2001). Rop oluşturmayan kültür kullanımı ile viskozite düşük ve yapı granüllü olmaktadır. EPS üreten kültürlerin kullanıldığı ürünlerin viskozitesi polisakkarit üretmeyen kültür kullanılanlara göre 10 kat daha fazla olarak bildirilmektedir (Duboc ve Mollet, 2001).

LAB tarafından üretilen EPS'lerin tadı yoktur ve fermente süt ürünleri viskoz hale gelerek ağızda kalma zamanı, damak ve tat reseptörleri ile temas etmesi süresini artırmakta ve yoğurt tadının uçuculuğunu artırarak tadın algılanmasını sağlamaktadır (Duboc ve Mollet, 2001).

2.3.1. EPS'lerin özellikleri ve fonksiyonallikleri

EPS'ler monosakkarit kompozisyonu, yük, birimler arasındaki bağlar ve yan zincirlerin varlığı ve uzunluğunun farklı olmasından dolayı çeşitlilik göstermektedir (Duboc ve Mollet, 2001). EPS'ler 10^6 Da üstünde yüksek moleküler kütleye sahip olup üründe $10-1000 \text{ mg L}^{-1}$ düzeyinde üretilmektedirler (Bouzar ve diğ., 1996; Duboc ve Mollet, 2001). Üretilen EPS miktarı kültürün tipine, gelişim koşullarına (sıcaklık, ortam bileşimi, inkübasyon zamanı), karbon kaynağına ve EPS izolasyon metoduna bağlıdır (Bouzar ve diğ., 1996; Ruas-Madiedo ve diğ., 2002).

EPS'ler monosakkarit kompozisyonuna göre homopolisakkarit ve heteropolisakkarit olmak üzere iki tipte üretilmektedir. Homopolisakkaritler sadece tek tip monosakkaritten oluşurken heteropolisakkaritler birden fazla monosakkaritin biraraya gelmesi ile oluşmaktadır ve bazen fosfat asetil ve gliserol gibi karbonhidrat olmayan bileşenlerden de oluşmaktadır (Duboc ve Mollet, 2001; Ruas-Madiedo ve diğ., 2002).

Laktobasilli tarafından üretilen EPS'ler nötral heteropolisakkaritler olup değişen oranlarda ve daima galaktoz, glukoz ve bazen ramnoz içermektedirler (Bouzar ve diğ., 1996). Kılıç ve diğ. (2003) eksopolisakkarit üreten ve üretmeyen *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *S. salivarius* subsp. *thermophilus* türleri ile yaptıkları çalışmada eksopolisakkarit üreten kültürlerin bileşiminde daha fazla sayıda karbonhidrat bulunduğu ve sakkarozun en çok bulunan karbonhidrat olduğu belirtmişlerdir.

Homopolisakkarit üretimi yeterli sukroz mevcutsa, pH ve sıcaklık enzim aktivitesi açısından uysunsa bir kaç grama kadar çıkmaktadır. Heteropolisakkarit üretimi ise bakteriyel gelişim fazı, ortam bileşimi, pH ve sıcaklıktan etkilenmektedir (Duboc ve Mollet, 2001).

EPS'lerin fonksiyonlitesi kompozisyon, yapı, EPS ile başlıca iyonlar ve proteinler gibi süt bileşenlerinin etkileşimine bağlıdır. Ayrıca ürünün reolojik özellikleri süt kompozisyonu, kuru maddesi, süte uygulanan ısı işlem derecesi, kullanılan türler, inkübasyon sıcaklığı ve depolama zamanından etkilenmektedir (Bouzar ve diğ., 1996; Beal ve diğ., 1999; Duboc ve Mollet, 2001).

EPS üretiminde genetik stabilitenin sağlanması endüstriyel üretimde önemli bir problemdir (Duboc ve Mollet, 2001). Yüksek inkübasyon sıcaklığı, aşılama oranı, kültürlerin bir çok kere subkültürlenmesi gibi faktörlere göre stabiliteleri farklılık göstermektedir Bu amaçla bu bakterilerden istenilen sonucu alabilmek için tüm üretim basamaklarında standartlara bağlı kalınmalıdır (Kılıç ve diğ., 2003).

Beal ve diğ. (1999) en viskoz yoğurtların, uzun fermentasyon süresi gerektiren *S. thermophilus* suşu kullanıldığında elde edildiğini bildirmişlerdir. Bu suşun düşük sıcaklık ve asitlik aktivitesinde EPS üretilbildiğini bulmuşlardır. Akış zamanı katsayısı ile son fermentasyon zamanı arasında doğrusal ilişki olduğunu saptamışlardır.

Teggatz ve Morris (1990) tarafından yapılan çalışmada *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un rop oluşturan ve *Streptococcus thermophilus*'un rop oluşturmeyen türlerinden yoğurtlar üretilmiş ve 0-833 s⁻¹ aralığında viskometre kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Rop oluşturan kültürlerle yapılan yoğurtlarda pik değerine kadar kayma stresinde artış gözlenmiş ve daha sonra plato değerine kadar kayma stresi kayma hızı artmasına rağmen düşmüştür. Düşük kayma hızında eksopolisakaritlerin laktobasilli ve kazein matrisine bağlı filamentli yapıda olduğu bulunmuştur. Kayma stresinin en yüksek olduğu kayma hızında EPS/ bakteri bağının kırıldığı, bağ kırıldıktan sonra EPS'nin kazein ile birlikte bulunduğu ve viskoziteyi etkilemeye devam ettiği belirtilmiştir. Rop oluşturan türleri kullanıldığı yoğurtlarda kayma stresi daha yüksek bulunmuş ve 220 s⁻¹ kayma hızında EPS bakteri etkileşimi kırılmış bu kayma hızında kayma hızına karşılık kayma stresi grafiğinde bir pik değeri gözlenmiştir. Rop oluşturmeyen kültürlerden yapılan yoğurtlarda bu pik oluşumunun ve plato değerinin fazla belirgin olmadığı gözlenmiştir.

2.4. Reoloji

Reoloji, sıvıların akışkanlığı ve maddelerin deformasyonu ile ilgilenen bir bilim dalıdır. Deformasyon katı maddelere ait bir özellikken akmaya karşı gösterilen direnç olarak tanımlanan viskozite sıvılara ait bir özelliktir. Diğer bir deyişle katıların reolojik özellikleri elastisite sıvıların ise viskozite ile ifade edilmektedir (Borwankar, 1992; Bourne, 2002).

Gıdalar katı ve sıvı davranış gösterebilmekte ve genel olarak kesin çizgilerle katı veya sıvı olarak sınıflandırılmamaktadırlar. Gıdalar ne viskoz nede elastik değil viskoelastik yapıdadır (Borwankar, 1992).

Gıdaların reolojik davranışları,

1. Hammadde ve son ürünün kalite kontrolünde
2. Proses ve ekipmanların dizayn edilmesinde
3. Yeni gıda ürünlerinin geliştirilmesi ve değerlendirilmesinde
4. Kaliteyi etkileyen yapısal stabilitenin açıklanmasında kullanılmaktadır (Velez-Ruiz ve Canovas, 1997).

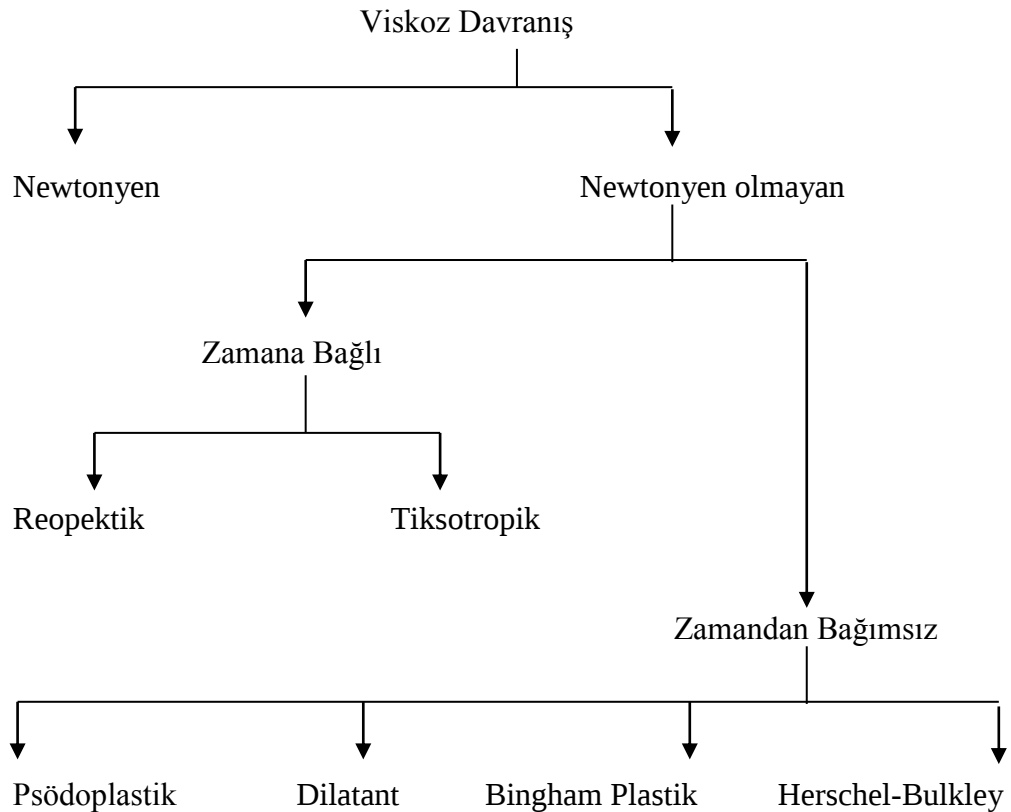
2.4.1. Reolojik özellikleri etkileyen faktörler

Reolojik özellikler ürünün bileşimi, yapısı (Awadhwal ve Singh, 1985; Borwankar, 1992) sıcaklık, basınç, konsantrasyon ve pH'dan etkilenmektedir (Ak, 1997).

Protein jellerinin ve dispersiyonlarının reolojik ve akış özellikleri protein yapısı, konsantrasyonu, sıcaklık, işlem uygulamaları (Gallegos ve Franco, 1999; Carr ve diğ., 2002), pH, tuz miktarı ve tuzun tipine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Gallegos ve Franco, 1999). Sıcaklık arttıkça ürünlerin viskozitesi düşmektedir. Bir çok sıvının viskozitesi 0-100 atm altında sabit olduğundan gıdaların viskozitesi üzerinde basıncın etkisi yoktur (Bourne, 2002).

2.4.2. Reolojik davranış çeşitleri

Reolojik davranışların sınıflandırılması kayma hızı ve zamana bağlı olarak yapılmaktadır (Şekil 2.9).

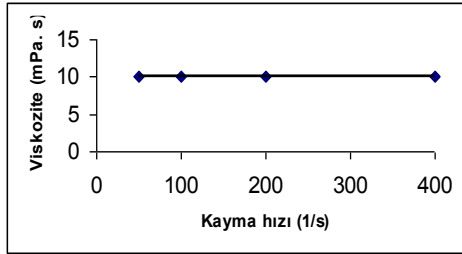


Şekil 2.9. Viskoz davranış şekillerinin sınıflandırılması (Steffe, 1996).

Reolojik davranış çeşitleri Newtonyen ve Newtonyen olmayan olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Şekil 2.9). Newtonyen olmayan davranış çeşitleri de zamana bağımlı ve zamandan bağımsız olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Steffe, 1996).

2.4.2.1. Newtonyen akış davranışı

Viskozitenin kayma hızından bağımsız olduğu ve kayma stresinin kayma hızıyla doğru orantılı olduğu akış davranış çeşididir. Newtonyen davranış gösteren gıdalara su ve süt örnek olarak verilebilir. Newtonyen davranış gösteren gıdaların sadece tek kayma hızında viskozite ölçümleri yeterlidir (Şekil 2.10) (Marcotte ve diğ., 2001; Bourne, 2002).



Şekil 2.10. Newtonyen akış davranış için viskozitenin kayma hızı ile değişimi (Steffe, 1996).

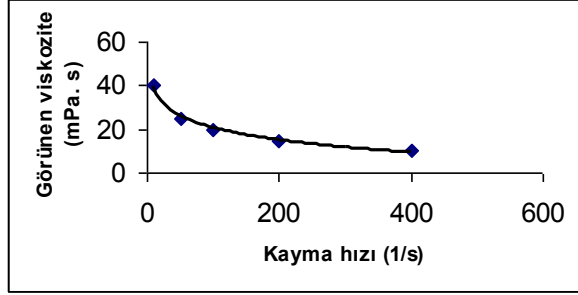
2.4.2.2. Newtonyen olmayan akış davranışı

Çok seyreltik meyve suları hariç bir çok gıda Newtonyen olmayan davranış göstermektedir (Borwankar, 1992; Benezech ve Maingonnat, 1994). Newtonyen olmayan davranış şekli kayma hızı ile viskozitenin değiştiği davranış şeklidir. Bu tip davranışlar tek bir kayma hızında viskozitenin ölçülmesi ile karakterize edilemezler (Bourne, 2002). Newtonyen olmayan sıvılar için viskozite, görünen viskozite olarak tanımlanmakta ve görünen viskozite kayma hızına bağlı olarak değişmektedir (Borwankar, 1992).

Newtonyen olmayan davranışlar zamana bağımlı ve zamandan bağımsız olmak üzere iki grupta sınıflandırılmaktadır. Zamandan bağımsız davranışlar psödoplastik, dilatant, Bingham plastik ve Herschel-Bulkley olarak sınıflandırılmaktadır (Steffe, 1996).

Kayma hızı arttıkça viskozitesi azalan davranışlar psödoplastik veya kayma incilmesi gösteren davranış olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.11.) (Borwankar, 1992) ve bu davranışlarda akış davranış indeksi olan n değerinin 1'den düşüktür (Amice-

Quemeneur ve diğ., 1995). Yoğurt, domates salçası ve birçok gam çözeltilerinin psödoplastik davranış gösterdiği bildirilmektedir (Ak, 1997).



Şekil 2.11. Psödoplastik davranış için görünen viskozitenin kayma hızı ile değişimi (Steffe, 1996).

Dilatant davranış şeklinde ise psödoplastik davranış şeklinin tam tersine, artan kayma hızı ile viskozitede artış görülmektedir. Çeşitli nişasta süspansiyonları dilatant davranış göstermektedir (Steffe, 1996).

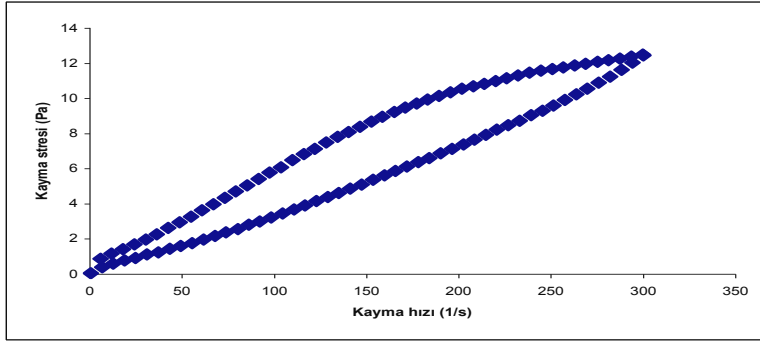
Bingham plastik davranış şekli gösteren gıdalar yıkılma stresine sahiptir. Bu tür gıdalarda yıkılma stresi olarak adlandırılan minimum stres uygulandıktan sonra akış başlamaktadır. Uygulanan stres yıkılma stresinden daha az ise herhangi bir akış olmaz ve madde katı gibi davranır. Yıkılma stresine sahip gıdalara mayonez örnek gösterilebilir (Borwankar, 1992; Bourne, 2002).

Herschel-Bulkley davranışı psödoplastik davranışın yıkılma stresi içeren halidir. Belirli bir stres düzeyine kadar akmayan malzeme yıkılma stresi aşıldıktan sonra psödoplastik davranış göstermektedir (Ak, 1997).

Eğer akış zamana bağlı ise tiksotropik ve reopektik olarak adlandırılan davranış göstermektedir (Steffe, 1996). Tiksotropi, sabit bir kayma hızında zaman ile görünen viskozitedeki azalmayı ifade etmektedir (Velez-Ruiz ve Canovas, 1997). Tiksotropik davranış gösteren gıdalar arasında domates salçası ve yoğurt verilmektedir (Ak, 1997).

Tiksotropik davranış, sabit kayma hızında viskozitedeki değişimle ölçülebileceği gibi, kayma hızı belli bir kayma hızına kadar artırılıp bu kayma hızından tekrar başlangıç kayma hızına düşürülerek te ölçülebilmektedir. Eğer gidiş ve dönüş eğrisi aynı yolu takip etmiyorsa diğer bir deyişle şekil 2.12’de gösterildiği gibi çıkış ve iniş

eğrisi arasında halka alanı “loop alanı ” adı verilen açıklık bulunuyorsa malzemenin tiksotropik olduğu söylenebilmektedir (Bhattacharya,1999).



Şekil 2.12. Tiksotropik davranış gösteren maddelerin kayma stresi ile kayma hızı değişimi (Bhattacharya,1999).

Reopektik davranış ise tiksotropik davranışın tersi davranış tipi olup zaman ile sabit kayma hızında görünen viskozitedeki artışı ifade etmektedir (Steffe, 1996).

2.4.3. Reolojik modeller

Gıdaların modellenmesinde en çok kullanılan modeller Newton, Power law, Bingham ve Herschel-Bulkley modellenebilir (Velez-Ruiz ve Canovas, 1997).

Laktik fermente içeceklerin reolojik özellikleri Newton (2.1), Power law (2.2) ve Herschel-Bulkey (2.3) modelleri ile ifade edilirler (Penna ve diğ., 2001);

$$\text{Newton modeli} \quad \sigma = \eta \dot{\gamma} \quad (2.1)$$

$$\text{Power law modeli} \quad \sigma = K \dot{\gamma}^n \quad (2.2)$$

$$\text{Herschel- Bulkey modeli} \quad \sigma = \sigma_0 + K \dot{\gamma}^n \quad (2.3)$$

Burada σ_0 yıkılma stresi, K kıvam indeksi ve n akış davranış indeksidir. K kıvam indeksi viskoziteye karşılık gelirken n akış davranış indeksi Newtonyen davranıştan ne kadar uzaklaşıldığını ifade eden bir katsayıdır.

Newtonyen olmayan davranış gösteren yoğurdun akış eğrisi power law, Casson ve Herchel-Bulkey gibi farklı eşitliklere uymaktadır (Rohm ve Schmid, 1993; Velez-Ruiz ve Canovas, 1997).

2.4.4. Çeşitli süt ürünlerinin reolojik davranışları

Süt ürünlerinin reolojik özelliklerine ait çok miktarda çalışma mevcutken yoğurt ve laktik içecek gibi süt ürünlerinin reolojik özelliklerini açıklayan sınırlı sayıda literatür mevcuttur.

Aynı ürün, uygulanan kayma hızına, kullanılan viskozimetre tipine, sıcaklığa, dispers fazın fiziksel durumu ve konsantrasyonuna, kazein miselleri ve yağa bağlı olarak farklı davranış gösterebilmektedir (Velez-Ruiz ve Canovas, 1997; Yanes ve diğ., 2002b).

Yoğurdun Newtonyen olmayan, viskoelastik akışkan, zamana bağımlı, kayma incelmeleri ve kısmen tiksotropik davranış gösterdiği bulunmuştur. Bu reolojik özellikler, zenginleştirmede kuru maddenin tipi ve miktarı, sütün ön ısıtılma şiddeti ve starter kültürler gibi teknolojik faktörlerden etkilenmektedir (Rohm ve Schmid, 1993; Parnell-Clunies ve diğ., 1986; Benezech ve Maingonnat, 1994).

Süt ve evapore süt Newtonyen davranış gösterirken (Velez-Ruiz ve Canovas, 1997) çikolatalı süt içecekleri düşük sıcaklıklarda Newtonyen davranış göstermiştir (Yanes ve diğ., 2002b).

Konsantre süt, yoğurt, tereyağı, dondurma ve bazı peynir çeşitleri viskoelastik olarak tanımlanan ara davranış göstermektedir (Velez-Ruiz ve Canovas, 1997; Penna ve diğ., 2001).

Buttler ve O'Donnell (1999) fermente bir süt ürünü olan buttermilkin viskozitesinin kayma hızına ve zamana bağımlı olduğunu belirtmişlerdir. O'Donnell ve Butler (2002) $5-700\text{ s}^{-1}$ kayma hızı aralığında 5°C 'de ticari yoğurdun reolojik özelliklerini rotasyonel reometre kullanarak incelenmişler ve sabit bir kayma hızı uygulandığında yoğurdun zamana ve kayma hızına bağlı akış gösterdiğini belirtmişlerdir.

Schkoda ve diğ. (1999) süte asidifikasyondan önce sodyum klorürü farklı konsantrasyonlarda ilave etmişler ve kazeinlerin yapısal stabilitesini incelemişlerdir. Süte ilave edilen NaCl'ün serum tutma kapasitesini artırdığı ve viskoziteyi düşürdüğü belirlenmiştir. Elektron mikroskobu ile yapılan çalışmalarda, bu olayı kazein misellerinin birleşme ve çökelme eğiliminin azalması ile açıklanmıştır.

Minerallerin etkileri rennet enzimi kullanılarak veya pH 3,5'e düşürülerek elimine edilebilmiştir.

2.4.5. Stabilizörlerin reolojik davranışları

Hidrokolloid çözeltilerinin akış davranışlarının açıklanmasında lineer (Newtonyen veya Bingham), üslü yasa (Power law), yıkılma stresine sahip üslü yasa (Herschel-Bulkey) ve Casson modelleri kullanılmaktadır. Üslü yasa modeli Newtonyen olmayan akışkanlarda en çok kullanılan modeldir. Hidrokolloid çözeltileri genellikle zamana bağımlı, görünen viskozitenin veya kıvamın zamanla azaldığı tiksotropik davranışı göstermektedirler (Marcotte ve diğ., 2001).

Hidrokolloidlerin görünen viskozitesi üzerinde konsantrasyonun etkisi genellikle eksponensiyel veya üslü olarak ifade edilmektedir. Hidrokolloid çözeltilerinin akış davranışlarında sıcaklık önemli bir faktör olup Arrhenius modeli ile açıklanmaktadır (Marcotte ve diğ., 2001).

Yüksek viskozite ve uygun ağız tadı istenildiğinde, seçilecek gamın n değeri düşük olmalıdır. Yüksek n değerli gamlar yapışkan ağız tadına neden olmaktadır. Herhangi bir gam tipi için akış davranış indeksi ve konsantrasyonla değişimi moleküler büyüklüğüne bağlıdır (Marcotte ve diğ., 2001).

Marcotte ve diğ., (2001), karragenan, pektin gelatin, nişasta ve ksantan gamın %1-6 konsantrasyonlarda sulu çözeltilerinin 20, 40, 60, 80°C sıcaklıklarda 0-300 s⁻¹ kayma hızı aralığında reolojik ölçümler yapmışlardır. Tüm örneklerin üslü yasaya uygunluk gösterdiği bulunmuştur. κ -karragenan çözeltilerinin 20°C'de %2 -3 karragenan örneklerin yıkılma stresine sahip olduğu için Herschel-Bulkey modeline uygunluk gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca jelatinin Newtonyen davranış gösterdiği ve viskozitesinin konsantrasyondan çok az etkilendiğini hidrokolloidlerin ise psödoplastik davranış gösterdiği saptanmıştır. Ksantan gamın en fazla psödoplastik davranış gösterdiği bulunmuştur. Sıcaklığın etkisinin açıklanmasında Arrhenius modeli kullanılmış ve karragenanın sıcaklığa en çok duyarlı olduğu ve düşük sıcaklıklarda yüksek yıkılma stresi gösterdiği, ksantan gamın ise sıcaklığa en az bağlı gam olduğu bulunmuştur.

Nişasta ve pektin özelteleri için üslü yasa modeli uygulanmıştır. Jelatin dışında tüm gam özeltelerin konsantrasyonu arttıkça psödoplastikliği artmış akış davranış indeksi azalmıştır. Konsantrasyon arttıkça kıvam katsayısı artmıştır. Yüksek sıcaklıklarda görünen viskozitede ve kıvam katsayısı da düşmüştür. Yüksek sıcaklıklarda Newtonyen davranışa benzerlik göstermiştir. Ksantan gam çözeltilerinin en düşük aktivasyon enerjisine sahipken karragenan çözeltilerinin en yüksek aktivasyon enerjisine sahip olduğu görölmüştür (Marcotte ve diğ., 2001).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmada piyasadan temin edilen 5 (A, B, C, D, E) farklı ticari markaya ait ayranlar, farklı yöntemlerle ayran üretimi için yoğurt ve pastörize süt materyal olarak kullanılmıştır (Tablo 3.1). Endüstriyel ayran denemelerinde, *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* karışımı liyofilize ayran kültürü (DVS YC-380, Chr. Hansen, Maysa, İstanbul) ve piyasada satılan yoğurt kültür olarak kullanılmıştır. Ayrıca ayran üretiminde rafine sofr tuzu ve saf su kullanılmıştır.

Tablo 3.1. Ayran üretiminde kullanılan yoğurdun etiket bilgileri

Besin öğeleri (100 g için)	
Protein (g)	4,8
Yağ (g)	3,8
Karbonhidrat (g)	4,8
Kalsiyum (mg)	156

Ayranın viskozitesini artırmak ve serum ayrılmasını azaltmak amacıyla Tablo 3.2’de bazı özellikleri belirtilen 10 farklı stabilizör çeşidi denenmiştir. Stabilizörlerden yüksek metoksilli pektin, düşük metoksilli pektin, agar-agar, karboksimetil selüloz, sodyum aljinat, κ -karragenan, keçi boynuzu gamı (“locust bean gum”) ve guar gamı Incom Doğal Gıda Katkı Maddeleri A.Ş. (Mersin)’den ve gam arabik ve jelatin Yılmaz Kimya (İstanbul)’dan temin edilmiştir.

Tablo 3.2. Çalışmada kullanılan stabilizörlerin bazı özellikleri (Anon., 2002).

Stabilizör	E numarası	Tane iriliği (Mesh)	DE ¹ (%)	DS ²	Protein (Nx6,5)	Selüloz (%)	Bloom
Yüksek metoksilli pektin	E-440	80	58-62	-	-	-	-
Düşük metoksilli pektin	E-440	80	27-33	-	-	-	-
Agar-agar	E-406	60	-	-	-	-	-
Karboksimetilselüloz	E-466	-	-	0,75-0,85	-	-	-
Sodyum alginat	E-401	80	-	-	-	-	-
κ-karragenan	E-407	80	-	-	-	-	-
Keçi boynuzu gamı	E-410	150	-	-	4 - 5	4 – 6	-
Guar gamı	E-412	200	-	-	< 5,8	< 2,5	-
Jelatin	Yok	-	-	-	-	-	80
Gam arabik	E-414	-	-	-	-	-	-

¹ Esterifikasyon Derecesi

² Süstitüsyon Derecesi

3.2. Metot

3.2.1. Analizi yapılan örneklerin hazırlanması

Ayran örneklerinin depolandığı cam kavanozlar ve mezürler 100 ppm’lik hipoklorit çözeltisinde bekletildikten sonra kullanılmıştır.

Çalışma dört aşamada gerçekleştirilmiş olup öncelikle piyasadan ayranlar temin edilerek ayran üretiminde kullanılacak su ve tuz oranı belirlenmiş, ikinci aşamada ise geleneksel ayran üretilip kimyasal özellikleri, serum ayrılması ve reolojik özellikleri belirlenmiştir. Stabilizörlerin sulu çözeltilerinin reolojik analizleri yapıldıktan sonra farklı konsantrasyonlarda stabilizörler geleneksel yöntemle üretilen ayranlarda denenmiştir. Son olarak ta endüstriyel yöntemle ayran üretilerek ayranların kimyasal özellikleri, serum ayrılması ve reolojik özellikleri belirlenmiştir. Çalışmada yapılan denemeler iki tekrarlı ve iki paralelli yürütülmüştür.

3.2.1.1. Geleneksel yöntemle ayran üretimi

Yoğurda %30 ve 50 oranlarında eklendiğinde, elde edilen ayranlarda %0,5 ve 1 oranlarında tuz sağlayacak miktarda tuzu içeren tuz çözeltileri saf suda hazırlanmıştır. Tuz içermeyen saf su ve tuz çözeltileri birkaç saniye kaynatılarak pastörize edilmiştir. Tuz içermeyen saf su veya tuz çözeltileri soğutulduktan sonra yoğurda eklenmiş ve elde edilen karışımlar 9500 rpm hızda 30 sn homojenize edilmiştir (Ultra Turrax T25, Janke&Kinkel GMBH Co., Germany). Hazırlanan ayranlar 4°C’de depolanmışlardır.

3.2.1.2. Endüstriyel yöntemle ayran üretimi

Liyofilize ayran kültürü, üretici firmanın tavsiye etmiş olduğu oranda yaklaşık 50 U/250 L olacak şekilde pastörize süte ilave edilmiş ve 43°C’de 2 saat geliştirilmiştir. Ayrıca piyasadan temin edilen yoğurt kültür olarak kullanılmıştır. Piyasadan temin edilen pastörize süte 90°C’de 10 dk ısıtılma işlemi uygulandıktan sonra ayranın kuru maddesi yaklaşık %8,7 olacak şekilde pastörize su ilave edilerek süt 43°C’ye soğutulmuştur. Kültürler süte %3 düzeyinde eklendikten sonra 43°C’de, pH 4,4’e düşüncüye kadar fermentasyona devam edilmiş ve sonrasında hızlı bir şekilde soğutulmuş ve %1 oranında tuz eklenmiştir. Ayranlar 9500 rpm hızda 30 sn homojenize edilmiş ve 4°C’de depolanmıştır (Kuyruklu Yıldız, 2001).

Ayrıca endüstriyel ayran üretiminde tuz ve ısıtılma işleminin ayran kıvamını artırmadaki rolünü açıklayabilmek amacıyla süt 43°C’ye ısıtılmış ve tuz içermeyen ve %1 oranında tuz içeren ayranlar üretilmiştir.

3.2.1.3. Stabilizör çözeltilerinin hazırlanması

Stabilizörlerin sulu çözeltilerinin reolojik özellikleri Atamer ve diğ. (1999a)’e ve Marcotte ve diğ. (2001)’e göre adapte edilerek belirlenmiştir. Stabilizörlerin ağırlıkça %0,1 , 0,25 veya 0,5 oranlarında sulu çözeltileri hazırlanmış ve çözeltiler 85°C’ye ısıtılarak stabilizörlerin çözünmeleri sağlanmıştır. Çözeltiler 9500 rpm hızda 30 sn homojenize edilmiştir. Çözeltiler oda sıcaklığında bir gece bekletilerek su tutma kapasiteleri artırılmış ve reolojik özellikleri belirlenmiştir.

3.2.1.4. Stabilizör içeren ayranların hazırlaması

Ayranda ağırlıkça %0,1 , 0,25 veya 0,5 stabilizör, %50 su ve %1 tuz konsantrasyonları elde edebilmek amacıyla, uygun miktarlarda stabilizör ve tuz içeren sulu çözeltiler hazırlanmıştır. Çözeltiler karıştırılarak 85°C'ye ısıtılmış ve stabilizörlerin çözünmeleri sağlanmıştır (Atamer ve diğ., 1999). Çözeltiler 9500 rpm'de 30 sn homojenize edilmiştir. Oda sıcaklığına soğutulan stabilizörlerin sulu çözeltileri piyasadan temin edilen yoğurtlara ilave edilmiş ve 9500 rpm'de 30 sn homojenize edilmiştir. Elde edilen ayranlar 4°C'de depolanmışlardır. Bir gün depolamadan sonra ayranların reolojik özellikleri belirlenmiştir.

3.3. Uygulanan analizler

3.3.1. Kimyasal özellikler

Ayranda yağ tayini süt bütirometreleri kullanılarak Gerber metodu ile, kurumadde oranı gravimetrik olarak, laktik asit tayini ve tuz tayini titrasyon yöntemi ile TS 3810 Ayran Standardı'na göre belirlenmiştir (TSE, 1982). Ayranların pH ölçümü pH metre kullanılarak yapılmıştır.

3.3.2. Serum ayrılması

Serum ayrılması Lucey ve diğ. (1999)'nin metodu adapte edilerek belirlenmiştir. Ayran örnekleri 50 ml'lik kapaklı cam mezürlerde (1,2 cm yarıçap, 12,5 cm yükseklik, 1 ml=0,25 cm) 4°C'de depolanmış ve yüzeyde biriken serumun hacmi depolamanın 1., 5., 10. ve 15. günlerinde ölçülmüştür.

3.3.3. Reolojik özellikler

Reolojik ölçümler reometre (Haake Rotovisco RT20, Almanya) kullanılarak eşeksenli rotor ve hazneden oluşan silindirik sensör sistemi (Tablo 3.3) ile yapılmıştır. Su banyosu kullanılarak haznenin etrafında bulunan çekette su sirkülasyonu ile ayranların sıcaklığı 10°C±0,5'de sabit tutulmuştur. Ölçümler termal dengenin sağlanabilmesi için ayranlar 10 dk haznede tutulduktan sonra yapılmıştır.

Tablo 3.3. Reolojik ölçümlerde kullanılan sensör boyutları

Rotor	Rotor Yarıçapı (mm)	Hazne Yarıçapı (mm)	Hazne ve rotor arası mesafe (mm)	Örnek hacmi (ml)
Z40	20	21,70	1,7	65,4

3.3.3.1. Piyasadan temin edilen ticari ayran örneklerinin reolojik özellikleri

Piyasada satılan ayranların reolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 5 (A, B, C, D, E) farklı ayran örneğinin reolojik ölçümleri termal dengenin sağlanabilmesi için 10 dakika beklenildikten sonra yapılmıştır. Ölçümler $10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}$ 'de, $0,13\text{-}300\text{ s}^{-1}$ kayma hızı aralığında, kayma hızı 5 dakika lineer olarak artırılarak ve 5 dk lineer olarak azaltılarak yapılmıştır. Değişen kayma hızlarında kayma stresi ve görünen viskozite ölçülmüştür. Artan kayma hızındaki veriler çıkış eğrisini, azalan kayma hızındaki veriler iniş eğrisini oluşturmuştur. Ayranların reolojik özellikleri çıkış eğrisi verileri kullanılarak, üslü yasa modeline göre (Eşitlik 3.1) lineer olmayan regresyon yöntemiyle, SPSS 10.0 İstatistik yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır.

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

σ : Kayma stresi

K : Kıvam katsayısı

$\dot{\gamma}$: Kayma hızı

n : Akış davranış indeksi

3.3.3.2. Farklı su ve tuz konsantrasyonlarında hazırlanan geleneksel ayranların reolojik özellikleri

Geleneksel yöntemle üretilen ayranların reolojik özellikleri depolamanın 1. ve 15. gününde ölçülmüştür. Kayma hızı $5\text{-}20\text{ s}^{-1}$ aralığında, 5 dk lineer olarak artırılmış ve 5 dk lineer olarak azaltılmış ve değişen kayma hızlarında kayma stresi ve viskozite ölçülmüştür. Ayranların reolojik özellikleri çıkış eğrisi verileri kullanılarak, üslü yasa modeline göre (Eşitlik 3.1) lineer olmayan regresyon yöntemiyle, SPSS 10.0 İstatistik yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır.

3.3.3.2. Farklı stabilizörlerin sulu çözeltilerinin ve stabilizör içeren ayranların reolojik analizleri

Stabilizörlerin %0,1 %0,25 ve %0,5 olmak üzere üç farklı konsantrasyonda sulu çözeltilerinin ve stabilizör içeren ayranların reolojik ölçümleri 10 °C'de yapılmıştır. Kayma hızı 0,13-300 s⁻¹ kayma hızı aralığında 5 dakika lineer olarak artırılarak ve 5 dakika lineer olarak azaltılmış ve kayma stresi ve kayma hızı ölçülmüştür. Ayranların reolojik özellikleri çıkış eğrisi verileri kullanılarak üslü yasa modeline göre belirlenmiştir.

3.3.4. Duyusal analizler

Çalışmada öncelikle piyasadan temin edilen 5 (A, B, C, D, E) farklı ticari ayran örneği 20 kişiden oluşan panelist grubunun beğenisine sunulmuştur. Ayranlar panelistler tarafından sıralama testi ile (Chambers IV ve Wolf, 1996) koku, yapı, kıvam, tat ve tüm izlenim açısından değerlendirilmiştir (Ek A).

İkinci aşamada ise, ağırlıkça %0,25 guar gamı, %0,25 keçi boynuzu gamı, %0,5 pektin, %0,5 jelatin içeren ayranlar yazarlar tarafından ön duyusal analize tabi tutulmuştur. Yapılan ön duyusal analiz sonuçlarına göre stabilizör oranları düşürülmüş ve %0,1 guar gamı, %0,1 keçi boynuzu gamı, %0,25 pektin, %0,25 jelatin ve katkısız olmak üzere 5 farklı ayran örneği 20 kişiden oluşan panelist grubunun beğenisine sunulmuştur. Ayranlar panelistler tarafından kantitatif tanımlama testi ile (Chambers IV ve Wolf, 1996) koku, yapı, kıvam, tat ve tüm izlenim açısından değerlendirilmiştir (Ek B).

Ayranların koku, yapı, kıvam, tat ve tüm izlenim puanları 0,05 önem düzeyinde Tek Yollu ANOVA analizi kullanılarak değerlendirilmiştir. Farklı gruplar Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak tespit edilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Piyasada Satılan Farklı Ticari Ayranların Özellikleri

4.1.1. Kimyasal özellikler

Çalışmada hazırlanacak ayranların su ve tuz miktarını belirleyebilmek amacıyla piyasada satılan 5 farklı ticari markaya ait ayranlar temin edilmiştir. Yapılan kimyasal analizler sonucunda piyasadaki ayranların kuru maddesinin %7,6-8,3 ve tuz içeriklerinin ise %0,78-0,82 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Piyasada satılan farklı ticari markaya ait ayranların kimyasal özellikleri

Ayran	Kuru madde (%)	Tuz (%)	Yağ (%)	pH				Laktik asit (%)			
				Depolama zamanı (gün)				Depolama zamanı (gün)			
				1	5	10	15	1	5	10	15
A	7,8	0,81	2,0	4,2	4,2	4,2	4,2	0,65	0,65	0,65	0,65
B	7,6	0,80	2,1	3,9	3,9	3,9	3,9	0,67	0,70	0,70	0,72
C	7,9	0,82	1,9	3,9	3,9	3,9	3,9	0,68	0,72	0,72	0,72
D	8,2	0,78	1,9	3,6	3,8	3,9	3,9	0,63	0,63	0,63	0,63
E	8,0	0,80	1,9	4,1	4,1	4,1	4,2	0,72	0,70	0,70	0,81

Yağsız kuru madde açısından, ticari ayranlardan A, C, D ve E markasına ait olan ayranların TGKY Fermente Sütler Tebliği'ne uygun olduğu, B markasına ait ayranın ise Tebliğ'de belirtilen alt limit değer olan %6'nın altında kuru madde içerdiği saptanmıştır. Ayranların tuz içeriklerinin TSE 3810 Ayran Standardı'na uygunluk gösterdiği belirlenmiştir. TGKY Fermente Sütler Tebliği'nde ayranın tuz içeriği ile ilgili herhangi bir kısıtlama getirilmemiştir. Yağ içeriklerine göre piyasadaki ticari ayranların tam yağlı ayran sınıfına girdikleri tespit edilmiştir. Depolama süresince ayranlarda bulunan kültürlerin aktiviteleri sonucunda laktik asit içeriğinde artma görülmüştür.

4.1.2. Serum ayrılması

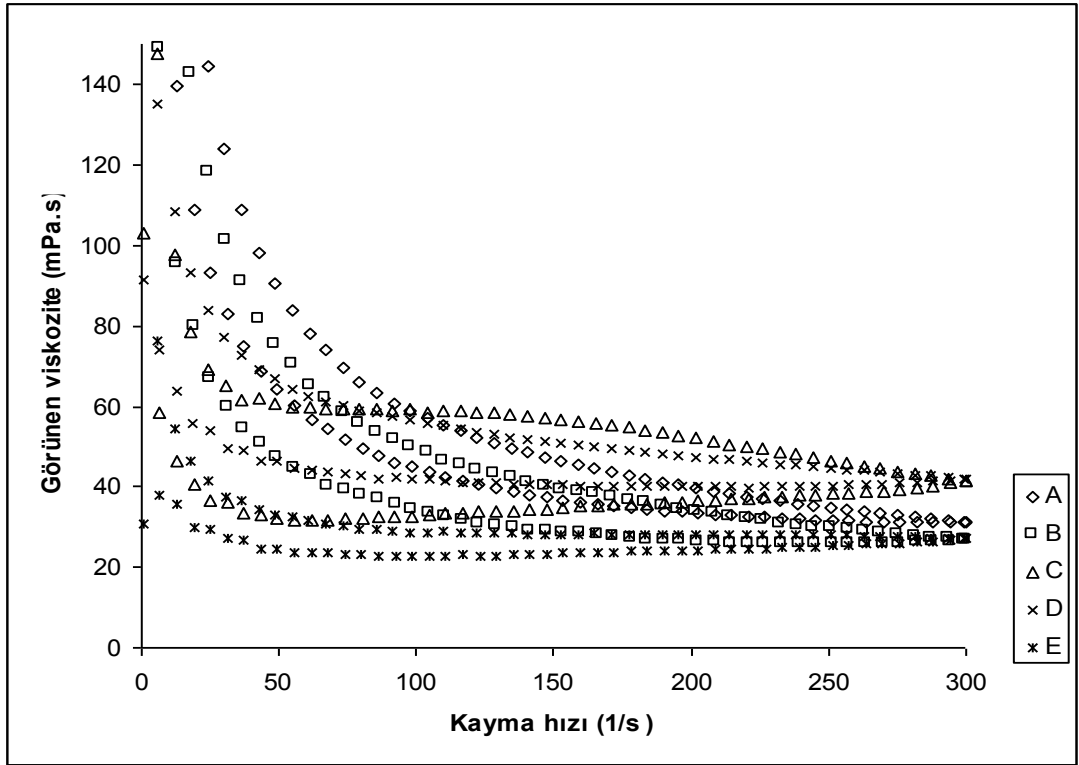
Ticari ayranlarda 15 günlük depolanması süresince serum ayrılma miktarında artış görülmüştür (Tablo 4.2). Serum ayrılması en az C örneğinde, en fazla ise B ve D örneğinde görülmüştür. Serum ayrılması ayranın besin değerinde azalmaya neden olmazken tüketiciler tarafından beğenilirliğinde etkili olmaktadır.

Tablo 4.2. Piyasada satılan farklı ticari markaya ait ayranlarda depolama boyunca görülen serum ayrılması

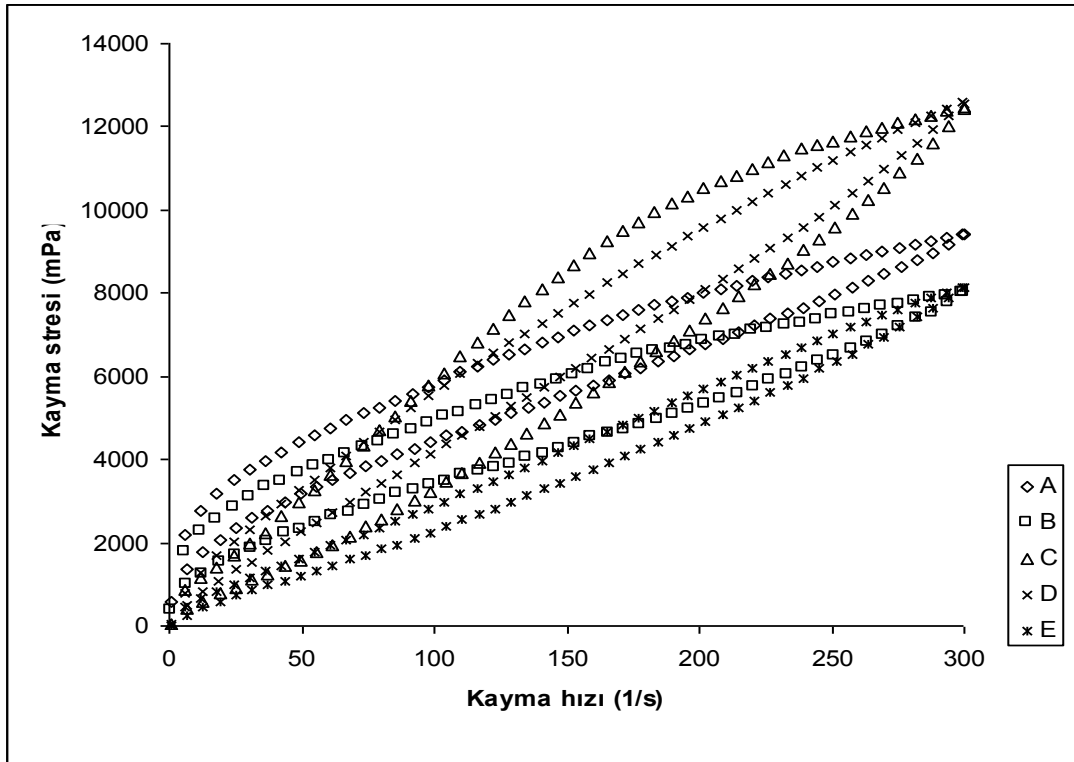
Ayran	Serum ayrılması (ml serum/50ml ayran)			
	Depolama zamanı (gün)			
	1	5	10	15
A	3	6	10	12
B	2	5	9	14
C	2	3	9	10
D	2	4	12	14
E	1	3	10	11

4.1.3. Reolojik özellikler

Ayranlarda kayma hızı artarken viskozite azalmış ve kayma stresi artmıştır (Şekil 4.1, 4.2). Bu eğilim ayranların Newtonyen olmayan psödoplastik davranışa sahip olduğunu göstermiştir.



Şekil 4.1. Piyasada satılan farklı ticari markaya ait ayranların görünen viskozitesinin kayma hızı ile değişimi



Şekil 4.2. Piyasada satılan farklı ticari markaya ait ayranların kayma stresinin kayma hızı ile değişimi

Bourne (2002) ağızdaki kayma hızının 50 s^{-1} olduğunu bildirmektedir. Bu kayma hızı değeri gıdaların tadının algılanmasında önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle, görünen viskozitelerin belirlenmesinde 50 s^{-1} kayma hızına çıkış eğrisinde en yakın olan 55 s^{-1} ve iniş eğrisinde en yakın olan 56 s^{-1} kayma hızındaki viskozite değerleri esas alınmıştır.

Piyasadan temin edilen ayranların çıkış eğrisindeki görünen viskozite değerleri 32,4-84,0 mPa.s arasında değişirken, iniş eğrisindeki görünen viskozite değerleri 23,8-60,1 mPa.s arasında değişiklik göstermiştir. A örneği en yüksek çıkış ve iniş viskozitesine sahipken E örneği en düşük çıkış ve iniş viskozitesine sahiptir (Tablo 4.3). İniş eğrisindeki viskozite değerlerinin çıkış eğrisindeki viskozite değerlerinden daha düşük olması uygulanan kayma hızı nedeniyle ayran jelinde meydana gelen yapısal değişikliklerden kaynaklanmakta ve tiksotropik davranışın olduğuna işaret etmektedir.

Tablo 4.3. Piyasada satılan farklı ticari markaya ait ayranların reolojik özellikleri¹

Ayran	K ² (mPa.s ⁿ)	N ³	Görünen Viskozite (mPa.s)		Halka Alanı (Pa.s ⁻¹)
			Çıkış eğrisi ⁴	İniş eğrisi ⁵	
A	889 ^a	0,413 ^c	84,0 ^a	60,1 ^a	331 ^b
B	648 ^b	0,438 ^c	70,4 ^b	44,7 ^b	358 ^b
C	214 ^c	0,725 ^b	59,8 ^c	31,7 ^c	654 ^a
D	188 ^c	0,739 ^b	64,1 ^{bc}	44,4 ^b	347 ^b
E	42 ^d	0,925 ^a	32,4 ^d	23,8 ^d	170 ^c

¹0,05 Önem düzeyinde aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır

²Kıvam katsayısı

³Akış davranış indeksi

⁴ 55 s^{-1} kayma hızındaki görünen viskozitesi

⁵ 56 s^{-1} kayma hızındaki görünen viskozitesi

Üslü yasa modeli çıkış eğrisine uygulanmış ve kıvam katsayısı ile akış davranış indeksi hesaplanmıştır (Tablo 4.3). Ayran örneklerinin akış davranış indekslerinin 1'den küçük bulunması da psödoplastik davranışı desteklemektedir. E ayranının akış davranış indeksinin 1'e yaklaşması nedeniyle Newtonyen davranışa yaklaştığı tespit edilmiştir. Diğer bir deyişle E markalı ayranın kayma hızı ile viskozitesi önemli ölçüde değişmemiştir. A, B, C ve D ayranlarının viskoziteleri ve kıvam katsayıları

birbirinden farklı ve yüksek bulunurken, E örneğinin en düşük kıvam katsayısı ve görünen viskoziteye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Kayma stresi-kayma hızı grafiğindeki çıkış eğrisi ile iniş eğrisi arasında kalan halka alanı tiksotropikliğin bir ölçüsü olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.2). Halka alanlarına bakıldığında piyasada satılan ayranların özellikle A, B, C ve D ayranlarının zamana bağımlı (tikotropik) akış davranışı gösterdikleri belirlenmiştir (Tablo 4.3).

4.1.4. Duyusal özellikler

Duyusal analizlerde, piyasadan temin edilen farklı ticari markaya ait ayranların koku, tat, yapı, kıvam ve tüm izlenim açısından ($p>0,05$) farklı olmadığı belirlenmiştir (Tablo 4.4). Reolojik ölçümlerle piyasadan temin edilen ayranların görünen viskozitelerinin değişkenlik gösterdiği tespit edilmiş ancak duyusal analiz ile ayranlarda kıvam ve dolayısıyla viskozite değişkenliklerinin algılanamadığı saptanmıştır.

Tablo 4.4. Piyasada satılan farklı ticari markaya ait ayranların duyusal analiz sonuçları¹

Ayran	Koku	Tat	Yapı	Kıvam	Tüm İzlenim
A	2,8	2,9	3,0	2,6	2,5
B	3,1	3,4	3,3	3,4	3,0
C	2,9	2,6	2,9	3,0	2,9
D	3,3	3,2	3,0	3,2	3,3
E	3,2	3,1	2,9	3,7	3,4

¹ 0,05 önem düzeyi

4.2. Farklı Konsantrasyonlarda Su ve Tuz İçeren Ayranların Özellikleri

4.2.1. Kimyasal özellikler

Piyasadan temin edilen yoğurtlara, ayranlarda %0, 0,5 ve 1 oranında tuz sağlayacak miktarda tuz içeren %30 ve 50 oranında su eklenerek ayranlar hazırlanmıştır. Çalışmada üretilen tüm ayranların kuru madde açısından TGKY Fermente Sütler

Tebliği'ne uygun olduğu saptanmıştır (Tablo 4.5). Yağ içeriklerine göre ayranların tam yağlı ayran sınıfına girdiği tespit edilmiştir.

Depolama süresince ayranlarda bulunan kültürlerin aktiviteleri sonucunda pH'da düşme ve laktik asit içeriğinde artma görülmüştür (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Yoğurda farklı oranlarda su ve tuz eklenerek hazırlanan ayranların kimyasal özellikleri

Ayran örnekleri		Kuru Madde (%)	Yağ (%)	pH			Laktik asit (%)		
				Depolama zamanı (gün)			Depolama zamanı (gün)		
Eklenen su (%)	Eklenen tuz (%)			1	5	15	1	5	15
30	0,0	10,8	2,5	4,2	4,1	3,9	0,97	1,07	1,18
30	0,5	11,7	2,5	4,1	4,0	3,9	0,94	1,08	1,14
30	1,0	11,9	2,5	4,1	4,0	3,9	0,93	1,06	1,14
50	0,0	7,6	1,7	4,2	4,0	3,9	0,71	0,73	0,89
50	0,5	8,3	1,8	4,1	4,1	3,9	0,73	0,78	0,90
50	1,0	8,5	2,0	4,2	4,0	3,9	0,71	0,77	0,86

Çalışmada kullanılacak ayran örneklerinin hazırlanmasında ticari ayranlardaki kuru madde ve tuz oranları esas alınmıştır. Hazırlanan ayranların ve ticari ayranların kuru madde oranları karşılaştırıldığında, yoğurda %50 oranında su ilave edilmesiyle, ticari ayranlardaki kuru madde oranının yaklaşık olarak elde edileceği görülmüştür. Bu bulgulara dayanarak, çalışmanın bundan sonraki aşamalarında kullanılacak ayranlar yoğurda %50 oranında su ilave edilerek hazırlanmıştır. Kullanılacak ayranlardaki tuz oranı ticari ayranlardaki tuz oranına yaklaşık olacak şekilde %1 olarak saptanmıştır.

4.2.2. Serum ayrılması

Farklı su ve tuz konsantrasyonlarında hazırlanan ayranların 15 günlük depolanması sonucunda kuru madde arttıkça serum ayrılmasının azaldığı gözlemlenmiştir (Tablo 4.6). Harwalkar ve Kalab (1986) da yoğurdun kuru maddesinin %10'dan %30'a çıkarılması ile serum ayrılmasının azaldığını belirtmişlerdir.

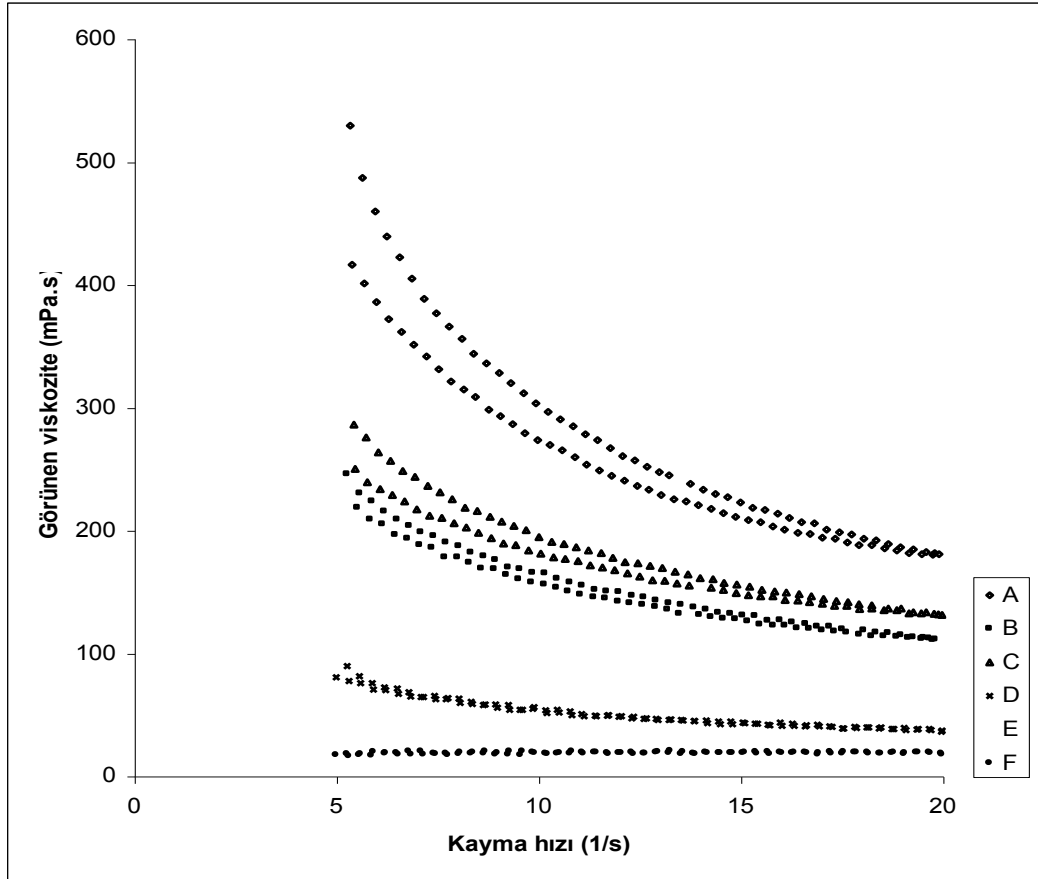
Ayrıca artan tuz miktarı ile serum ayrılmasının da arttığı saptanmıştır. Yoğurda %30 su eklenerek hazırlanan tuz içermeyen ayranlarda depolama boyunca serum ayrılması görülmezken, diğer tüm örneklerde depolama süresince serum ayrılmasında artış görülmüştür. En fazla serum ayrılması %50 su ve %1 tuz ilave edilen örneklerde saptanmıştır (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Yoğurda farklı oranlarda su ve tuz eklenerek hazırlanan ayranlarda depolama boyunca görülen serum ayrılması

Ayran		Serum Ayrılması (ml serum/50ml ayran)		
		Depolama zamanı (gün)		
Eklenen su (%)	Eklenen tuz (%)	5	10	15
30	0,0	0	0	0
30	0,5	1	3	4
30	1,0	2	3	5
50	0,0	4	6	7
50	0,5	2	7	9
50	1,0	4	8	12

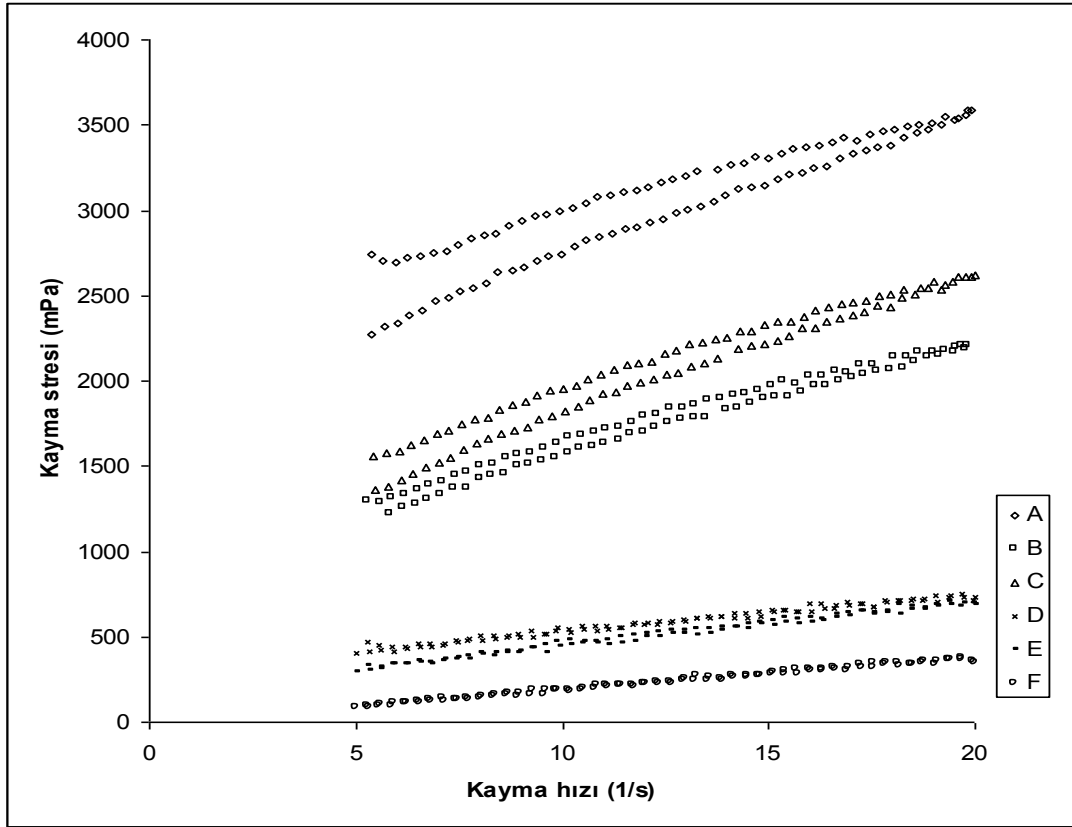
4.2.3. Reolojik özellikler

Farklı su ve tuz konsantrasyonlarında hazırlanan ayranlarda kayma hızı artarken görünen viskozite değerleri azalmış (Şekil 4.3) kayma stresi değerleri artmıştır (Şekil 4.4). En yüksek görünen viskozite değerlerine %30 su ve %1 oranında tuz ilave edilerek üretilen ayranlar sahipken en düşük görünen viskoziteye %50 su ve %1 tuz ilave edilerek üretilen ayranların sahip olduğu belirlenmiştir.



- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| A: %30 su ve tuzsuz ayran | D: %50 su ve tuzsuz ayran |
| B: %30 su ve %0,5 tuz içeren ayran | E: %50 su ve %0,5 tuz içeren ayran |
| C: %30 su ve %1 tuz içeren ayran | F: %50 su ve %1 tuz içeren ayran |

Şekil 4.3. Farklı konsantrasyonlarda su ve tuz içeren ayranların görünen viskozitesinin kayma hızı ile değişimi



- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| A: %30 su ve tuzsuz ayran | D: %50 su ve tuzsuz ayran |
| B: %30 su ve %0,5 tuz içeren ayran | E: %50 su ve %0,5 tuz içeren ayran |
| C: %30 su ve %1 tuz içeren ayran | F: %50 su ve %1 tuz içeren ayran |

Şekil 4.4. Farklı konsantrasyonunda su ve tuz içeren ayranların kayma stresi ile kayma hızı değişimi

Üslü yasa modeli çıkış eğrilerine uygulanmış kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi hesaplanmıştır (Tablo 4.7). Ayranlardaki su miktarı arttıkça kıvam katsayısı ve görünen viskozite azalırken akış davranış indeksinde artış görülmüştür. Yoğurda %30 su eklenerek hazırlanan ayranların kıvam katsayısı %50 su eklenerek hazırlanan ayranlara göre oldukça yüksek bulunmuştur (Tablo 4.7). Ayrıca artan tuz konsantrasyonu ile kıvam katsayısında azalma görülmüş, bu azalma %50 su ilave edilen örneklerde yaklaşık 10 kat iken %30 su ilave edilen örneklerde yaklaşık 2 kat bulunmuştur. Schkoda ve diğ. (1999) de süte ilave edilen tuzun serum tutma kapasitesini artırdığını ve viskoziteyi düşürdüğünü bildirmişlerdir. Viskozitedeki düşüş kazein misellerin yüzeyinde oluşturulan itme kuvvetlerinden dolayı daha az topaklanma eğilimine bağlanmıştır. Ayran benzeri fermente süt ürünlerinde depolama sırasında proteinlerin birbirleriyle etkileşimleri ve topaklaşarak çökmeleri sonucunda serum ayrılması görülmektedir (Lucey et al., 1999).

Tablo 4.7. Yoğurda farklı oranlarda su ve tuz eklenerek hazırlanan ayranların reolojik özellikleri¹

Ayran		Depolama zamanı (gün)			
		1		15	
Eklenen su (%)	Eklenen tuz (%)	K ² (mPa.s ⁿ)	n ³	K (mPa.s ⁿ)	n
30	0,0	1480 ^a	0,292 ^d	1162 ^a	0,353 ^e
30	0,5	567 ^b	0,453 ^c	496 ^c	0,491 ^d
30	1,0	652 ^b	0,463 ^c	640 ^b	0,470 ^d
50	0,0	209 ^c	0,446 ^c	113 ^d	0,592 ^c
50	0,5	86 ^c	0,671 ^b	56 ^e	0,765 ^b
50	1,0	18 ^c	1,025 ^a	17 ^e	1,030 ^a

¹0,05 önem düzeyinde aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır

²Kıvam katsayısı

³Akış davranış indeksi

Eklenen su miktarı %50 ve tuz miktarı %1 olan ayranın, akış davranış indeksinin 1'e yaklaşması nedeniyle Newtonyen davranışa yaklaştığı tespit edilmiştir (Tablo 4.7). Diğer bir deyişle %50 su ve %1 tuz ilave edilerek üretilen ayranın kayma hızı ile viskozitesi önemli ölçüde değişmemiştir (Şekil 4.3). Diğer tüm ayran örneklerinin akış davranış indeksinin 1'den küçük olması nedeniyle psödoplastik olduğu ve psödoplastisitenin en yüksek olduğu ayranın ise %30 su ve %1 tuz ilave edilerek üretilen ayran olduğu saptanmıştır (Tablo 4.7).

Depolamanın kıvam indeksi ve akış davranış indeksi üzerindeki etkisinin açıklanabilmesi amacıyla depolamanın 15. gününde yapılan reolojik ölçüm sonuçları incelendiğinde depolama ile kıvamda meydana gelen değişimlerin önemli olmadığı tespit edilmiştir.

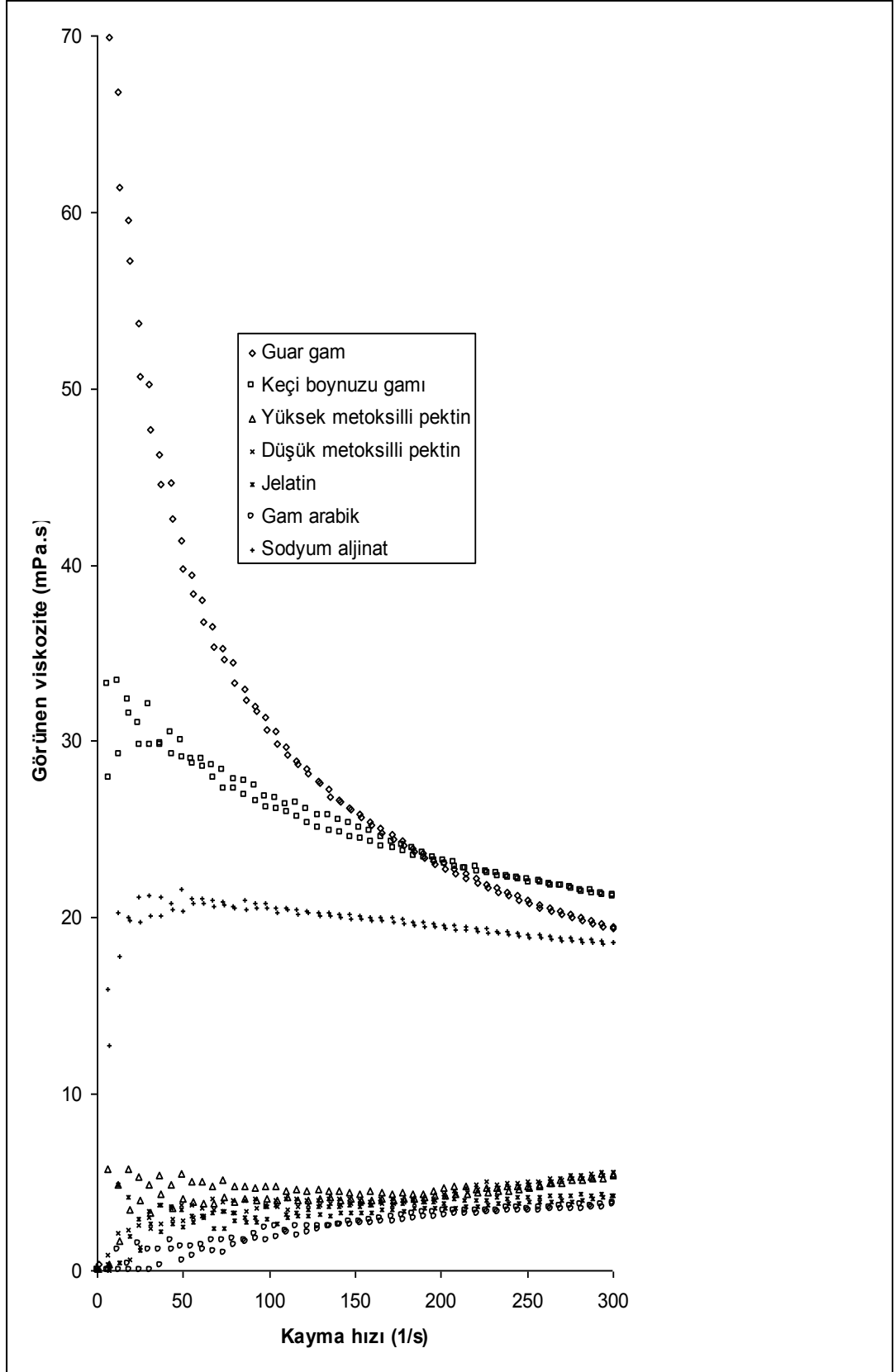
İlave edilen su miktarı %30 olan ayranlarda tiksotropikliği ifade eden halka alanı büyük iken, %50 oranında su ilave edilen ayranlarda halka alanı gözlenmemiştir (Şekil 4.4).

4.3. Farklı Stabilizörlerin Sulu Çözeltilerinin Reolojik Özellikleri

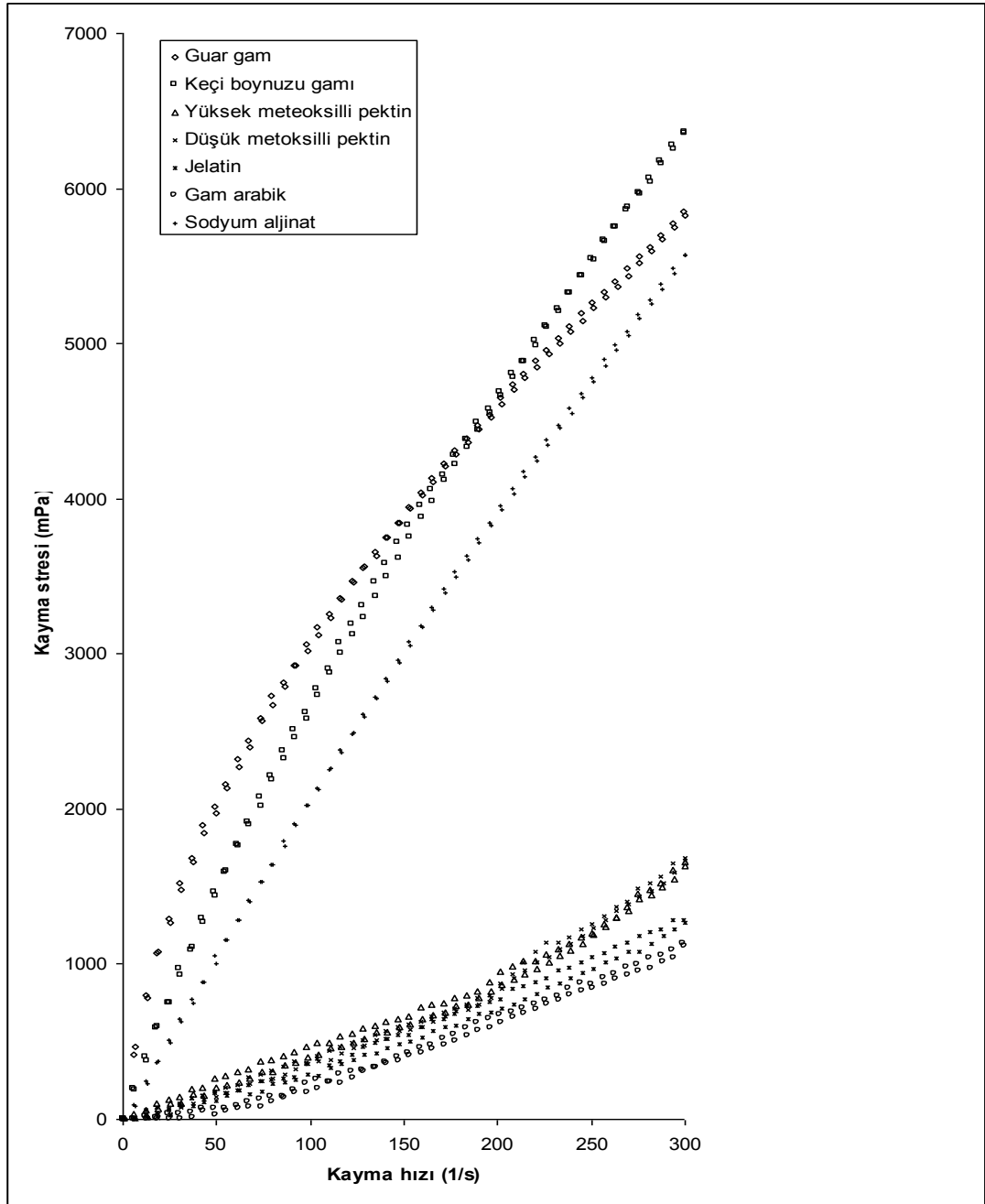
Stabilizörler sıvı fazların viskozitelerini artırarak reolojik özellikleri düzenlemede kullanılmaktadır (Zorba, 2001). Stabilizörlerin ayrandaki davranışlarını açıklayabilmek amacıyla önce stabilizörlerin sulu çözeltileri hazırlanmış ve reolojik davranışları belirlenmeye çalışılmıştır.

Guar gam ve keçi boynuzu gamın sulu çözeltilerinin hafif bulanık olduğu gözlenmiştir. Çözelti bulanıklığına yapılarında bulunan çözünebilir lifler ve selülozun neden olduğu belirtilmektedir (Güven ve Hayaloğlu, 2001). Jelatinin çözeltilerinin homojenizasyonu sırasında köpürdüğü gözlemlenmiştir. Jelatinde proteinlerin köpürme özelliğine sahip olması nedeniyle jelatin çözeltilerinde homojenizasyon sırasında köpürme meydana gelmiştir (Djagny ve diğ., 2001).

Guar gam, keçi boynuzu gamı ve sodyum aljinatın %0,25 konsantrasyonunda hazırlanan sulu çözeltilerinin görünen viskozitesi kayma hızı ile azalma göstermiştir. Ancak yüksek metoksilli pektin, düşük metoksilli pektin, jelatin ve gam arabığın ise görünen viskozitesi kayma hızı ile artma göstermiştir (Şekil 4.5). Buradan guar gam, keçi boynuzu gamı ve sodyum aljinatın psödoplastik, jelatin, yüksek metoksilli pektin, düşük metoksilli pektin ve gam arabik dilatant olarak davrandığı tespit edilmiştir. Stabilizörlerin sulu çözeltilerinin kayma hızı ile kayma stresi artış gösterdiği tespit edilmiş bu artış guar gam, keçi boynuzu gamı ve sodyum aljinatta diğerlerine göre daha yüksektir (Şekil 4.6).



Şekil 4.5. Farklı stabilizörlerin %0,25 konsantrasyonundaki sulu çözeltilerinin görünen viskozitesinin kayma hızı ile değişimi



Şekil 4.6. Farklı stabilizörlerin %0,25 konsantrasyonunda sulu çözeltilerinin kayma stresinin kayma hızı ile değişimi

Stabilizörlerin suda içindeki davranışlarına bakıldığında çıkış ve iniş eğrileri arasındaki halka alanın fazla büyük olmaması sebebiyle tiksotropik olmadıkları sonucuna varılmıştır (Şekil 4.6)

Genellikle artan stabilizör konsantrasyonu ile sulu çözeltilerin görünen viskozite ve kıvam katsayısı artmıştır (Tablo 4.8) Guar gam ve keçi boynuzu gamın viskoziteyi

artırıcı etkisi, kimyasal yapısında herhangi bir hidrofobik grubun olmaması ve suda dağılılabılır olmaları ile açıklanabilmektedir (Dickinson, 2003).

Tablo. 4.8. Farklı stabilizörlerin sulu çözeltilerinin reolojik özellikleri

Stabilizör (%)	K ¹ (mPa.s ⁿ)	n ²	Görünen Viskozite (mPa.s)		Halka Alanı (Pa.s ⁻¹)
			Çıkış eğrisi ³	İniş eğrisi ⁴	
Guar gam					
0,10	22	0,810	10,2	9,5	13
0,25	214	0,590	45,1	42,0	10
0,50	3571	0,304	222,6	217,2	22
Keçi boynuzu Gamı					
0,10	5	1,013	6,5	5,7	15
0,25	68	0,795	28,9	28,7	12
0,50	724	0,580	133,3	131,5	12
Jelatin					
0,25	1	1,215	3,1	2,8	17
0,50	1	1,236	4,0	2,9	12
Yüksek metoksilli Pektin					
0,25	1	1,410	3,6	2,8	12
0,50	7	0,992	6,2	6,0	14
Düşük metoksilli Pektin					
0,25	1	1,390	6,0	3,0	12
0,50	5	1,060	5,9	5,2	10
Sodyum aljinat					
0,25	30	0,915	21,0	20,9	8
0,50	102	0,838	51,5	51,5	8
Gam arabik					
0,25	0,3	1,460	1,3	0,8	9
0,50	0,4	1,400	2,4	1,5	15

¹Kıvam katsayısı

²Akış davranış indeksi

³ 55 s⁻¹ kayma hızındaki görünen viskozitesi

⁴ 56 s⁻¹ kayma hızındaki görünen viskozitesi

Guar gam ve keçi boynuzu gamın artan konsantrasyonlarında kıvam katsayıları ve viskoziteleri artarken akış davranış indeksleri azalmıştır. Konsantrasyon artışının jelatin ve gam arabiğin viskozite ve kıvam katsayısını artırmada etkili olmadığı tespit edilmiştir. Gam arabiğin viskozitesi oldukça düşük bulunmuştur. Farklı jel oluşturma mekanizmalarına sahip düşük metoksilli pektin ve yüksek metoksilli pektinin sulu çözeltilerinin viskoziteyi arttırmada aynı etkiye sahip oldukları saptanmıştır.

Akış davranış indeksleri gamların artan konsantrasyonlarıyla azalma göstermiştir. Guar gam, keçi boynuzu gamı (%0,25 ve %0,5) ve sodyum aljinat psödoplastik, jelatin, düşük metoksilli pektin, yüksek metoksilli pektin ve gam arabik dilatant olarak davranmıştır. Görülen viskozitedeki değişimler de bu eğilimi göstermiştir (Şekil 4.5). Artan stabilizör konsantrasyonu ile guar gam ve keçi boynuzu gamının psödoplastikliği artmıştır. Düşük konsantrasyonda (%0,1) keçi boynuzu gamı Newtonyen olarak davranmıştır. Düşük konsantrasyonda dilatant olarak davranan düşük metoksilli pektin ve yüksek metoksilli pektin artan konsantrasyonla birlikte yüksek metoksilli pektinin psödoplastikliği artmış düşük metoksilli pektinin ise Newtonyen davranışa yaklaştığı belirlenmiştir (Tablo 4.8). Marcotte ve diğ. (2001) de pektinin %1'lik çözeltilerinin ise psödoplastik davranış gösterdiği bildirilmiştir. Artan konsantrasyonla birlikte jelatin ve gam arabiğin akış davranış tipi değişmemiştir.

4.4. Farklı Konsantrasyonda ve Farklı Stabilizör İçeren Ayrarların Özellikleri

4.4.1. Fiziksel özellikler

Karboksimetilselülozun %0,25 konsantrasyonunda ayanaya ilavesi faz ayrılmasına neden olmuş, konsantrasyonun %0,025'e düşürülmesi de serum ayrılmasını önlemediğinden denemelerden çıkarılmıştır. Foley ve Mulcahy (1989) de %5 şeker ilave edilerek üretilen yoğurt içeceğinin viskozitesinin artırılmasında karboksimetilselülozun pektinden daha etkili olmasına karşın 2 hafta depolama sonucunda karboksimetilselüloz ilaveli örneklerde büyük çökeltiler gözlemlenmiştir. Güven (1998) yoğurda farklı oranlarda karboksimetilselüloz ilave ettiğinde sonuç alamadığını bildirmiştir. Ancak Gülümser (1986) %0,3 oranında karboksimetilselüloz ilavesi ile ayananın kıvamının arttığı ve serum ayrılmasının

azaldığını bildirmiştir. Aydar (1996) ise ilave edilen %0,7 oranında karboksimetilselüloz ve ısıtılma işleminin ayranın dayanımını arttırdığını bildirirken, Altınayar (1997) farklı yöntemlerle yoğurt ve süttten üretilen ayranlarda %0,7 karboksimetilselüloz ve ısıtılma işlemi uygulanarak kıvamın ve dayanımın artırıldığını ve serum ayrılmasının azaltıldığını bulmuşlardır.

κ -karragenan %0,25 oranında jel oluşturarak ayranın içilebilirlik özelliğini yitirmesine neden olmuş, konsantrasyonu %0,025'e düşürüldüğünde pıhtılı yapı oluşumuna ve serumun mezürün altında ayrılması nedeniyle denemelerden çıkarılmıştır. Ancak ayranı kıvam vermek amacıyla λ -karragenan gibi jel oluşturmayan karragenanlar denenebilir (Tziboula ve Horne, 1999).

Bu sonuçlara göre, yüksek metoksilli pektin, düşük metoksilli pektin, sodyum aljinat, keçi boynuzu gamı, guar gamı, gam arabik ve jelatin olmak üzere 9 çeşit hidrokolloid ile çalışmalara devam edilmiştir (Tablo 4.9).

Tablo 4.9. Stabilizör içeren ayranların yapısal özellikleri

Numune Adı	Yapısal Özellik			
	Homojenite		Serum ayrılması	
	Homojen	Pıhtı	Altta	Yüzeyde
Katkısız	+			+
Düşük metoksilli pektin		+	+	
Yüksek metoksilli pektin	+			+
Guar gamı	+			-
Keçi boynuzu gamı	+			-
Gam arabik	+			+
Jelatin	+			+
Sodyum aljinat		+	+	
Agar		+	+	

Depolama sırasında düşük metoksilli pektin, sodyum aljinat ve agar pıhtılı yapı oluşumuna neden olduğu için analizlerden çıkarılmıştır. Güven ve Hayaloğlu (2001) tarafından da agarın yoğurt pıhtısının kıvamını artırdığı bildirilirken yoğurt pıhtısına doğal olmayan bir yapı kazandırdığı belirtilmiştir. Bu nedenle, çalışmaya homojen yapının tespit edildiği gam arabik, guar gamı, keçi boynuzu gamı, yüksek metoksilli pektin ve jelatin ile devam edilmiştir.

Çalışmada kullanılan ayranların bileşimi katkısız ayranlar esas alınarak belirlenmiştir. Katkısız ayranlarda kuru madde %8,69 ve yağ %1,9 olarak tespit edilmiştir.

Kültürlerin aktivitesi sonucunda da depolama boyunca tüm örneklerde pH'nın düştüğü ve laktik asit miktarının arttığı görülmüştür ve pH ve asitlik değerleri 4,0-4,2 arasında değişirken sadece %0,5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin pH'sı diğerlerine göre düşük bulunmuştur (Tablo 4.10).

Tablo 4.10. Stabilizör içeren ayranların depolama boyunca ölçülen özellikleri

Stabilizör (%)	Serum ayrılması (ml serum/50 ml ayran)				pH				Laktik asit (%)			
					Depolama zamanı (gün)				Depolama zamanı (gün)			
	1	5	10	15	1	5	10	15	1	5	10	15
Katkısız	1	4,5	9	12	4,2	4,1	4,1	4,0	0,65	0,66	0,72	0,73
Guar gam												
0,10	0	0	1	2	4,2	4,2	4,2	4,1	0,73	0,72	0,73	0,73
0,25	0	0	0	0	4,3	4,2	4,1	4,1	0,63	0,69	0,71	0,71
Keçi Boynuzu gamı												
0,10	0	0	1	2	4,2	4,2	4,2	4,1	0,71	0,71	0,73	0,73
0,25	0	0	0	0	4,3	4,2	4,1	4,1	0,58	0,67	0,70	0,74
Yüksek metoksilli pektin												
0,25	0	1	4	6	4,2	4,2	4,1	4,1	0,67	0,72	0,74	0,7
0,50	0	0	1	3	3,9	3,9	3,8	3,8	0,67	0,73	0,80	0,79
Jelatin												
0,25	1	2	6	9	4,3	4,2	4,1	4,1	0,61	0,67	0,61	0,74
0,50	0	0	0	1	4,1	4,0	4,0	4,0	0,66	0,70	0,69	0,70
Gam arabik												
0,25	1	5	9	13	4,1	4,2	4,1	4,1	0,63	0,66	0,68	0,71
0,50	0	7	10	12	4,1	4,0	4,0	4,0	0,65	0,71	0,72	0,73

Serum ayrılmasının katkısız örnekte en fazla olduğu saptanmıştır (Tablo 4.10). Guar gam ve keçi boynuzu gamı %0,1 oranında katıldığında 15 günlük depolamanın sonucunda ayrılan serum miktarının kontrole göre çok düşük olduğu ve konsantrasyonun %0,25'e artırılması ile serum ayrılmasının tamamen önlendiği bulunmuştur (Tablo 4.10). Guar gam ve keçi boynuzu gamının asitli süt ürünlerinde %0,1 oranında kullanılabileceği belirtilmiştir (Macrae ve diğ., 1993).

Bu çalışmada da yüksek metoksilli pektinin serum ayrılmasına etkisi incelendiğinde depolama boyunca %0,25 oranında yüksek metoksilli pektin ilavesi ile serum ayrılması gözlenirken, konsantrasyonun iki kat artırılması ile serum ayrılmasının ihmal edilebilir seviyeye düştüğü tespit edilmiştir (Tablo 4.10). Bir çok çalışmada, ayran gibi asidik süt ürünlerinde anyonik pektin molekülleri ve kazein molekülleri arasındaki etkileşim sonucunda iyonik stabilizasyon ve sterik stabilizasyon nedeniyle çökelti oluşumunun ve dolayısıyla serum ayrılmasının önlenebildiği bildirilmektedir (Anon., 1992; Atamer ve diğ., 1999; Lucey et al., 1999).

Atamer ve diğ. (1999a) ısıtma işlemi uygulanarak üretilen ayranlarda 60 günlük depolama süresince görülen serum ayrılmasının %0,2 oranında pektin ilaveli örneklerde çok az olduğunu ve pektin miktarı arttıkça serum ayrılmasının azaldığını ve viskozitenin arttığını bulmuşlardır. Amice-Quemeneur ve diğ. (1995) de, asidik süt içeceklerinde, pektinin % 0,4 oranında ilavesi ile serum ayrılmasının olmadığını ve raf ömrünün bir kaç haftaya kadar arttırıldığını bildirmişlerdir. Foley ve Mulcahy (1989) %5 şeker ilave edilerek üretilen yoğurt içeceğinin serum ayrılmasını önlemede pektinin, propilen glikol aljinat ve karboksimetilselülozdan daha etkili olduğunu bulmuşlardır. Lucey ve diğ. (1999) asidik süt içeceğinde yüksek metoksilli pektin %0,3 oranından fazla kullanıldığında serum ayrılmasının önlendiğini bulmuşlardır.

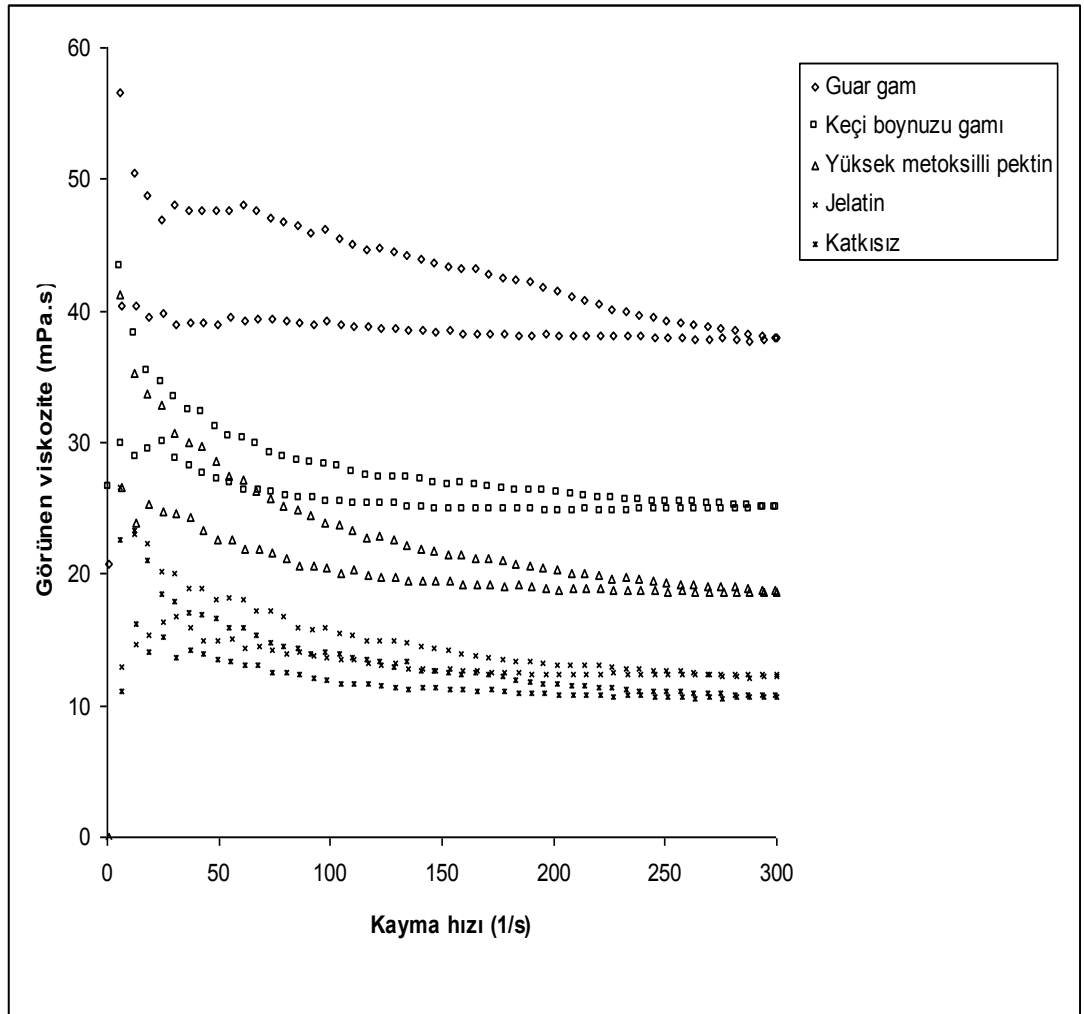
Ayrıca jelatinin %0,25 oranında ilavesi ile serum ayrılması gözlenirken, konsantrasyonun %0,5'e çıkarılması ile ihmal edilebilir seviyeye düşürülmüştür (Tablo 4.10).

Gam arabik hariç olmak üzere stabilizör miktarı arttıkça serum ayrılması miktarında azalma görülmüştür. Gam arabigin artan konsantrasyonu ile birlikte serum ayrılmasında önemli bir değişiklik olmazken 15 günlük depolama sonucunda yaklaşık olarak kontrolle aynı miktarda serum ayrılmasına neden olmuştur (Tablo

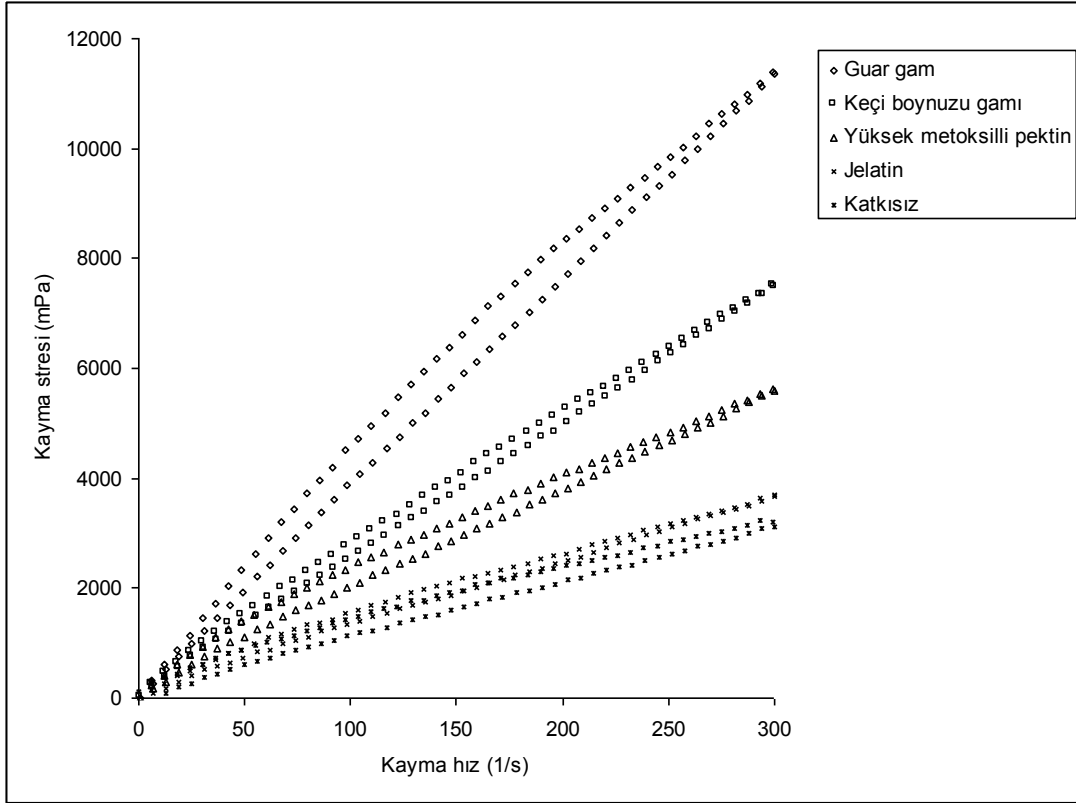
4.10). Bu sonuçlara göre, gam arabiğin ayran gibi asitli süt içeceklerinde kullanımının uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

4.4.2. Reolojik özellikler

Guar gam ve keçi boynuzu gamının %0,1 oranında, jelatin ve yüksek metoksilli pektinin %0,25 oranında ilavesi ile ve katkısız olarak üretilen ayran örneklerinin tümünde kayma hızı arttıkça kayma stresi artmış ve görünen viskozite azalmıştır (Şekil 4.7 ve 4.8). Tüm ayranlar Newtonyen olmayan psödoplastik davranış göstermiştir.



Şekil 4.7. Stabilizör içeren ve katkısız ayranların görünen viskozitesinin kayma hızı ile değişimi



Şekil 4.8. Stabilizör içeren ve katkısız ayranların kayma stresinin kayma hızı ile değişimi

Guar gam ayranlarda en yüksek görünen viskoziteye ulaşılmasını sağlamıştır (Tablo 4.11). Guar gam ayranında %0,1 oranında kullanıldığında bile kontrole göre viskoziteyi yaklaşık 3 kat artırmıştır. Wang ve diğ. (2000) yoğurt gibi asidik süt ürünlerinde guar gamın kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Artan stabilizör konsantrasyonu ile ayranların viskoziteleri artmıştır. Gam arabik ilaveli ayranlarda gam arabığın sulu çözeltilerinde olduğu gibi, konsantrasyon artışı viskozitede artışa neden olmamıştır. Gam arabığın ayranında viskoziteyi artırmada etkili olmadığı sonucuna varılmıştır. Ancak Güven (1998) tarafından yapılan çalışmada gam arabığın yoğurdun kıvamını artırmada etkili olduğu bildirilmiştir.

Ayrana katılan pektin konsantrasyonunun 2 kat artırılması ile görünen viskozite 2 kat artmıştır (Tablo 4.11). Amice-Quemeneur ve diğ. (1995) de pektinle stabilize edilmiş asidik süt içeceklerinde benzer viskozite değerleri (25 mPa.s^{-1}) bildirmişler ve viskozitenin pektin ilavesiyle arttığını bulmuşlardır. Foley ve Mulcahy (1989) yoğurt içeceğinin viskozitesinin artan pektin miktarı ile artarken depolama boyunca azaldığını tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara paralel olarak Güven (1998) %0,5 jelatin ilavesinin yoğurtların viskozitesini artırdığını bildirmiştir.

Tablo 4.11. Stabilizör içeren ve katkısız ayranların reolojik özellikleri

Stabilizör (%)	K ¹ (mPa.s ⁿ)	n ²	Görünen Viskozite (mPa.s)		Halka alanı (mPa.s ⁻¹)
			Çıkış eğrisi ³	İniş eğrisi ⁴	
Katkısız	37	0,775	14,6	11,2	50
Guar gam					
0,10	93	0,846	47,6	39,6	145
0,25	623	0,560	125,0	102,0	271
Keçi boynuzu gamı					
0,10	48	0,887	31,4	26,8	59
0,25	208	0,749	74,5	65,0	122
Yüksek metoksilli pektin					
0,25	59	0,783	25,1	20,1	71
0,50	153	0,736	50,4	39,8	114
Jelatin					
0,25	33	0,823	15,7	12,8	42
0,50	148	0,660	37,1	28,1	132
Gam arabik					
0,25	20	0,871	11,7	10,3	32
0,50	31	0,832	16,4	15,4	17

¹Kıvam katsayısı

²Akış davranış indeksi

³55 s⁻¹ kayma hızındaki görünen viskozitesi

⁴56 s⁻¹ kayma hızındaki görünen viskozitesi

Artan stabilizör konsantrasyonu ile birlikte ayranların kıvam katsayısı artmış ve akış davranış indeksi azalmıştır. En yüksek kıvam katsayısına guar gam katkılı ayranların sahip olduğu belirlenmiştir. Tüm örneklerin akış davranış indekslerinin 1'den küçük olması psödoplastik davranış gösterdiklerini desteklemiştir. Guar gam, keçi boynuzu gamı ve jelatin katkılı ayranların artan stabilizör konsantrasyonu ile birlikte psödoplastisitesinin arttığı belirlenmiştir. Yüksek metoksilli pektin ve gam arabik

katkılı ayranların artan stabilizör konsantrasyonu ile birlikte akış davranışında değişim görülmemiştir (Tablo 4.11).

Stabilizörler ayranda, düşük konsantrasyonlarda kullanıldıklarında guar gam ve yüksek metoksilli pektin kıvam katsayısını ve görünen viskoziteyi, keçi boynuzu gamı ise görünen viskoziteyi artırmıştır. Guar gam ve keçi boynuzu gamı katkı ayranların akış davranış indeksleri yüksek metoksilli pektin katkı ve katkısız ayrana göre daha yüksek bulunmuştur.

Stabilizörlerin sulu çözeltileri tiksotropik davranış göstermezken ayrana ilave edildiklerinde tiksotropik davranışı artırdıkları tespit edilmiştir. Bourriot ve diğ. (1999), %0,2 guar gam ve kazein misellerinin tek başlarına Newtonyen özellik gösterdiklerini, ancak karışımlarının Newtonyen olmayan ve tiksotropik akış gösterdiklerini saptamışlardır.

Depolama sonucunda ayranların reolojik özelliklerinde çok az bir değişme görülmüştür (Tablo 4.12).

Tablo 4.12. Stabilizör içeren ayranların 4°C’de 15 gün depolama sonrasında belirlenen reolojik özellikleri

Stabilizör (%)	K ¹ (mPa.s ⁻¹)	n ²	Görünen Viskozite (mPa.s)		Halka alanı (Pa.s ⁻¹)
			Çıkış eğrisi ³	İniş eğrisi ⁴	
Katkısız	35	0,795	15,2	12,9	35
Guar gam 0,10	80	0,870	44,6	37,4	137
Keçi boynuzu gamı 0,10	40	0,908	28,4	25,6	50
Yüksek metoksilli pektin 0,25	51	0,821	25,2	23,8	54
Jelatin 0,25	43	0,793	19,4	16,4	40

¹Kıvam katsayısı

²Akış davranış indeksi

³55 s⁻¹ kayma hızındaki görünen viskozitesi

⁴56 s⁻¹ kayma hızındaki görünen viskozitesi

4.4.3. Duyusal özellikler

Yapılan ön duyusal analizlerde, pektin ve jelatinin %0,5, guar gam ve keçi boynuzu gamının %0,25 oranlarında ilave edildiği ayranlarda, alışlagelmiş ayran tadından farklı tat saptanmıştır. Bu sebeple ayranlarda kullanılan stabilizör konsantrasyonları azaltılmış ve bu örnekler daha büyük bir tüketici panelinin beğenisine sunulmuştur. Ayranlarda yüksek metoksilli pektin ve jelatin %0,25 oranında ve guar gam ve keçi boynuzu gamı %0,1 oranında kullanıldıklarında stabilizörlerin koku, tat, kıvam ve tüm izlenime olan etkisi ($p < 0,05$) önemli bulunurken, yapıya olan etkileri ($p > 0,05$) önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.13).

Tablo 4.13. Stabilizör içeren ayranların duyusal analiz sonuçları¹

Ayran	Koku	Tat	Yapı	Kıvam	Tüm İzlenim
Katkısız	5,45 ^a	5,05 ^a	5,00 ^a	3,95 ^b	4,85 ^{ab}
Guar gam 0,10	5,15 ^{ab}	4,80 ^a	5,00 ^a	5,50 ^a	4,75 ^{ab}
Keçi boynuzu Gamı 0,10	4,80 ^{ab}	4,58 ^a	5,20 ^a	5,15 ^a	5,05 ^a
Pektin 0,25	3,85 ^c	3,20 ^b	5,20 ^a	4,45 ^b	3,75 ^c
Jelatin 0,25	4,65 ^b	3,85 ^b	5,05 ^a	4,40 ^b	4,10 ^{bc}

¹0,05 önem düzeyinde aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır

Ayranlar koku açısından değerlendirildiğinde katkısız ayran en yüksek, yüksek metoksilli pektin katkılı ayran ise en düşük puanı almıştır. Kontrole en yakın puanı guar gam alırken keçi boynuzu gamı ve guar gam kontrolden farklılık göstermemiş, jelatin ve pektin katkılı örnekler ise kontrolden farklılık göstermiştir (Tablo 4.13).

Ayranlar tat açısından değerlendirildiğinde katkısız ayran en yüksek puanı alırken yüksek metoksilli pektin katkılı ayranlar en düşük puanı almıştır. Yüksek metoksilli pektinin %0,25 oranında ilavesinin yabancı tat oluşumuna sebep olduğu tespit edilmiştir. Ancak Atamer ve diğ (1999a) ayran üretiminde %0,2-0,8 oranında pektin

kullanımının ayranın duysal özelliklerinde olumsuzluğa neden olmadığını bildirmişlerdir. Kontrole en yakın puanı keçi boynuzu gamı alırken keçi boynuzu gamı ve guar gam kontrolden farklılık göstermemiş jelatin ve pektin katkılı örnekler ise kontrolden farklılık göstermiştir. Jelatinin nötral tatta olduğu bildirilmektedir (Marcotte ve diğ., 2001) ancak bu çalışmada ayranın yabancı tat oluşumuna sebep olduğu bulunmuştur.

Guar gam katkılı ayranlarda ağızda yapışkan ve kaygan yapı oluşumu tespit edilmiştir. Bu nedenle guar gamın, ayran yerine dondurma gibi bu tür bir ağız hissinin beklendiği yağ oranı yüksek süt ürünlerinde kullanımı önerilebilir.

Katkı maddesi ilavesinin ayranların yapılarına herhangi bir etkisinin bulunmadığı bulunmuştur. Ancak guar gam katkılı örneklerde partiküllerin ve yağ damlacıklarının bulunduğu gözlenmiştir. Diğer örneklerin yapısının ise homojen olduğu tespit edilmiş ve pıhtı ve partiküle rastlanılmamıştır.

Kıvam açısından değerlendirildiğinde guar gam katkılı ayranın en yüksek katkısız ayranın ise en düşük puan aldığı tespit edilmiştir. Guar gamdan sonra en yüksek puanı keçi boynuzu gamı almıştır. Guar gam ve keçi boynuzu gamı katkılı örneklerin kıvamları benzer bulunmuş, pektin ve jelatin katkılı ve katkısız örneklerin kıvamlarının guar gam ve keçi boynuzu gam katkılı ayranlardan farklı olduğu tespit edilmiştir.

Tüm izlenim açısından değerlendirildiğinde keçi boynuzu gamı katkılı ayranlar en yüksek pektin katkılı örnekler ise en düşük puanı almıştır. Keçi boynuzu gamı katkılı örnekten sonra en yüksek puanı katkısız örnek alırken, pektin ve jelatin katkılı örnekler keçi boynuzu katkılı ayranlardan farklılık göstermiştir.

4.5. Kültür Kullanılarak Ayran Üretimi

Endüstriyel ayran üretiminde liyofilize ayran kültürü ve piyasada satılan yoğurt kültür olarak kullanılmıştır. Liyofilize ayran kültürü kullanılarak üretilen ayran örneklerinin bazılarında paraleller arasında çok büyük farklar gözlenmiştir. Kültür hazırlanmasında ve inokulum alınması sırasındaki deneysel hatalar sonuçların tekrarlanabilirliğini azaltmış ve stabilizör kullanımına göre daha az tekrarlanabilir

sonuçlar elde edilmiştir. Ancak sonuçların genel bir değerlendirilmesi yapıldığında, ısıtma işleminin kıvam katsayısını artırdığı ve artan tuz miktarı ile de kıvamın düştüğü görülmüştür. Serum ayrılmasının özellikle 90°C ısıtma işlemi uygulanmadığı koşullarda aşırı olduğu fakat uygulanan ısıtma işleminin serum ayrılmasını tamamiyle önlemediği gözlenmiştir (Tablo 4.14).

Tablo 4.14. Ayran üretiminde kültür kullanımı

Ayran	Isıl işlem	Tuz (%)	K (mPa.s ⁿ)	n	Halka Alanı (Pa.s ⁻¹)	pH	SA (ml) ⁵
A1 ¹	90°C	1	946	0,377	424	4,0	10
A2 ²		1	1870	0,278	677	4,1	9
B1 ³	90°C	1	1146	0,363	427	4,0	9
B2 ⁴		1	1361	0,338	444	4,1	9
A1	43°C	1	65	0,700	55	4,1	24
A2		1	196	0,860	53	4,1	22
B1	43°C	1	19	0,878	47	4,3	19
B2		1	16	0,881	203	4,3	25
A1	43°C	0	81	0,980	185	4,1	10
A2		0	68	0,740	188	4,2	9
B1	43°C	0	114	0,623	114	4,1	15
B2		0	121	0,621	155	4,2	11

¹Ayran kültürü ile üretilen ayranın 1 paraleli

²Ayran kültürü ile üretilen ayranın 2 paraleli

³Yoğurt katılarak üretilen ayranın 1 paraleli

⁴Yoğurt katılarak üretilen ayranın 2 paraleli

⁵10. günde ölçülen serum ayrılması (ml)

Akış davranış indeksi ısıtma işlemi uygulanan örneklerde en düşük bulunmuştur. Diğer bir deyişle ısıtma işlemi uygulanan ayranların psödoplastisitesi en yüksektir. Tiksotropi de ısıtma işlemi uygulanan örneklerde en yüksek bulunmuştur. Ayrıca duyusal değerlendirmede kültür kullanılarak üretilen ayranlarda belirgin bir ekşilik hissedilmiştir.

Stabilizörlerin ve ekso polisakkarit üreten kültürün ayran üretimindeki maliyetlerini hesaplamak amacıyla piyasa fiyatları araştırılmıştır. Hacmi 1lt olan ayran üretimi

esas alındığında %0,1 locust bean gam kullanıldığında stabilizör fiyatı 19,080 TL iken kültür kullanımı ile üretilen ayranlar için gerekli olan eksopolisakkarit kültürünün fiyatı 19,488 TL'dir (Tablo 4.15). Stabilizör kullanımı ile eksopolisakkarit üreten kültür kullanımı yaklaşık aynı fiyata mal olmaktadır. Ancak eksopolisakkarit üreten kültür kullanıldığında serum ayrılmasının önlememesi sebebiyle stabilizör kullanımının tercih edilebileceği görülmektedir.

Tablo 4.15. Çalışmada kullanılan kültürler ve stabilizör fiyatları (Incom, 2003 ve Kuyruklu Yıldız, 2003).

Ürün Adı	TL/ kg
DVS YC-380	9,744,000
Yüksek metoksilli pektin	31.800.000
Düşük metoksilli pektin	39.750.000
Karboksimetilselüloz	19.080.000
Sodyum Aljinat	19.080.000
Yarı rafine κ -karragenan	19.080.000
Rafine κ -karragenan	25.440.000
Keçi boynuzu gamı	19.080.000
Guar gam	3.180.000
Jelatin	7.950.000
Gam arabik	5,220,000

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında guar gam, keçi boynuzu gamı, yüksek metoksilli pektin, düşük metoksilli pektin, jelatin, gam arabik, sodyum alginat, karboksimetilselüloz, agar ve κ -karragenan olmak üzere 10 farklı stabilizör kullanılmıştır. Bunlardan karboksimetilselüloz faz ayrılmasına, κ -karragenan jelleşmeye, düşük metoksilli pektin, sodyum alginat ve agar depolama süresince pıhtılı yapı oluşumuna sebep olduğundan denemelerden çıkarılmıştır. Stabilizörler farklı konsantrasyonlarda ayranı ilave edilerek yapısal özellikler iyileştirilmeye çalışılmıştır. Gam arabikğin ayranın kalite kusurlarının önlenmesinde etkili olmadığı belirlenmiştir.

Ayranda, depolama sonucunda görülen serum ayrılması, guar gam ve keçi boynuzu gamı %0,1 ve yüksek metoksilli pektin ve jelatin %0,5 oranlarında kullanıldıklarında ihmal edilebilecek seviyelere düşmüştür.

Yapılan ön duyuşal değeriendirmelerde, %0,25 oranında guar gam, %0,25 oranında keçi boynuzu gamı, %0,5 oranında yüksek metoksilli pektin ve %0,5 oranında jelatinin stabilizör olarak ilavesi ile ayranda alışılagelmiş ayran tadından farklı bir tat hissedildiğinden stabilizör konsantrasyonları guar gam ve keçi boynuzu gamı için %0,1, yüksek metoksilli pektin ve jelatin için %0,25'e düşürülmüştür. Yapılan duyuşal analizlerde, %0,1 oranında keçi boynuzu gam katkılı ayranların kıvamının kontrole göre yüksek olduğu ve tadının kontrolden farklı olmadığı bulunmuş ve panelistler tarafından tercih edilmiştir.

Keçi boynuzu gamı ölkemizde üretilmekte olup çeşitli gıdalarda kullanılabilir olması nedeniyle tüketimi gittikçe artış göstermektedir. Keçi boynuzu gamının ayran üretiminde kullanılmasının ölk'e ekonomisi açısından da olumlu olacağı düşünölmektedir.

Çalışmada ayran üretiminde yapısal özelliklerin iyileştirilmesinin kuru madde miktarının arttırılması ile de gerçekleştirilebileceğ'i belirlenmiştir ancak maliyet

açısından düşünüldüğünde stabilizör kullanımının daha ekonomik olduğu görülmüştür.

Çalışmada guar gamın da ayranın yapısal özelliklerini iyileştirdiği tespit edilmiş ancak guar gamın ağızda yapışkan ve kaygan hissi vermesi nedeniyle dondurma gibi ürünlerde tercih edilebileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada ayranın yapısal özelliklerinin %0,1 oranında keçi boynuzu gamı kullanılarak tadı etkilemeden iyileştirilebileceği gösterilmiştir. Bu çalışmanın devamında, istenen etkiyi gösterecek ve tada etki etmeyecek minimum miktarlarda stabilizör karışımlarının ayran üretiminde kullanımı denenebilir. Ayrıca stabilizörlerin vermiş oldukları yabancı tat şeker içeren meyveli ayran gibi asidik süt ürünlerinde maskelenebilir.

KAYNAKLAR

- Anonim**, 1977. Türk Gıda Kodeks Yönetmeliği. Resmi Gazete Sayı: 23172, 16 Kasım 1977, Başbakanlık Basımevi, Ankara.
- Anonim**, 1992. Stabilisers: properties and uses, *Dairy-Industries-International*, **57(1)**, 25-26.
- Anonim**, 2001a. Sekizinci beş yıllık kalkınma planı. Gıda sanayi OİK raporu süt ve süt ürünleri alt komisyon raporu.
<http://ekutup.dpt.gov.tr/gida/oik644.pdf>
- Anonim**, 2001b. Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği. (Tebliğ No: 2001/21) Resmi Gazete Sayı: 24512, 3 Eylül 2001, Başbakanlık Basımevi, Ankara.
- Anonim**, 2002. Spesifikasyon, INCOM Doğal Gıda Katkı Maddeleri, Mersin.
- Anonim**, 2003. Water structure and behaviour,
<http://www.sbu.ac.uk/water/hydro.html>
- Ak, M.**, 1997. Reoloji bilim dalı ve gıda endüstrisi, *Gıda ve Teknoloji*, **2(4)**, 36-46.
- Alexander, R.J.**, 1999. Hydrocolloid gums: synthetic products, *Cereal Foods World*, **44(10)**, 722-724.
- Altınayar, A.**, 1997. Farklı yöntemlerle ayran üretiminde karboksimetil selüloz kullanımı, *Yüksek Lisans Tezi*, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Altuğ, T.**, 2001. Gıda Katkı Maddeleri, Meta Basım, İzmir, syf. 272.
- Amice-Quenmeneur, Haluk, J.P. ve Hardy, J.**, 1995. Influence of the acidification process on the colloidal stability of acidic milk drinks prepared from reconstituted nonfat dry milk, *Journal of Dairy Science*, **78**: 2683-2690.
- Atamer, M., Gürsel, A., Tamuçay, B., Gençer, N., Yıldırım, G., Odabaşı, S., Karademir, E., Şenel, E. ve Kırdar, S.**, 1999a. Dayanıklı ayran üretiminde pektin kullanım olanakları üzerine bir araştırma, *Gıda*, **24(2)**, 119-126.
- Atamer M., Gürsel, A. ve Yıldırım, G.**, 1999b. Yoğurt yapımında kullanılan stabilizörler, İkinci baskı, in *III. Milli Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu*, syf. 99-110, Ed, Demirci, M. Milli Produktivite Merkezi Yayınları, Ankara.
- Aydar, K.**, 1996. Ayran üretiminde karboksimetil selüloz kullanımı, *Yüksek Lisans Tezi*, A. Ü. Ankara.
- Awadhwal, N.K. ve Singh, C.P.**, 1985. A rheological model for milk products, *Journal of Food Science*, **50**, 1611-1614.
- Basak, S. ve Ramaswamy, H.S.**, 1994. Simultaneous evaluation of shear rate and time dependency of stirred yogurt rheology as influenced by added pectin and strawberry concentrate, *Journal of Food Engineering*, 385-393.

- Beal, C., Skokanova, J., Latrille, E., Martin, N., Corrieu, G.,** 1999. Combined effects of culture conditions and storage time on acidification and viscosity of stirred yogurt, *Journal of Dairy Science*, **82**, 673-681.
- Beaulieu, M., Turgeon, S.L., Doublier, J-L.,** 2001. Rheology, texture and microstructure of whey proteins/low methoxyl pectins mixed gels with added calcium, *International Dairy Journal*, **11**, 961-967.
- Benezech, T. ve Maingonnat, J.F.,** 1994. Characterisation of rheological properties of yogurt- a review, *Journal of Food Engineering*, **21**, 447-472.
- Bhattacharya, S.,** 1999. Yield stress and time-dependent rheological properties of mango pulp, *Journal of Food Science*, **64 (6)**, 1029-1033.
- Borwankar, R.P.,** 1992. Food texture and rheology: a tutorial review, *Journal of Food Engineering*, **16**, 1-16.
- Bourne, M.C.,** 2002. Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement, 2nd Edition. Academic Press, San Diego.
- Bourriot, S., Garnier, C. ve Doublier, J.L.,** 1999. Phase separation, rheology and structure of micellar casein-galactomannan mixtures, *International Dairy Journal*, **9**, 353-357.
- Bouzar, F., Cerning, J. ve Desmazeaud, M.,** 1996. Exopolysaccharide production in milk by *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* CNRZ 1187 and two colonial variants, *Journal of Dairy Science*, **79**, 205-211.
- Butler, F. ve O'Donnell, H.J.,** 1999. Modelling the flow of a time-dependent viscous product (cultured buttermilk) in a tube viscometer at 5 °C, *Journal of Food Engineering*, **42**, 199-206.
- Carr, A.J., Munro, P.A. ve Campanella, O.H.,** 2002. Effect of added monovalent or divalent cations on the rheology of sodium caseinate solutions, *International Dairy Journal*, **12**, 487-492.
- Chambers IV E. ve Wolf, M. B.,** 1996. Sensory Testing Methods, 2nd edition. ASTM, USA.
- Çağlar, A. ve Çakmakçı, S.,** 1999. Yoğurdun insan sağlığı ve beslenmedeki rolü ve önemi, İkinci baskı, in *III. Milli Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu*, 205-220, Ed, Demirci, M. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Ankara.
- Dickinson, E.,** 1998. Stability and rheological implications of electrostatic milk protein-polysaccharide interactions, *Trends in Food Science & Technology*, **9**, 347-354.
- Dickinson, E.,** 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems, *Food Hydrocolloids*, **17**, 25-39.
- Djagny, K.B., Wang, Z. ve Xu, S.,** 2001. Gelatin: a valuable protein for food and pharmaceutical industries: review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **41(6)**, 481-492.
- Duboc, P. ve Mollet, B.,** 2001. Applications of exopolysaccharides in the dairy industry, *International Dairy Journal*, **11**, 759-768.

- Fizman, S.M., Lluch, M.A. ve Salvador, A.** 1999. Effect of addition of gelatin on microstructure of acidic milk gels and yoghurt and on their rheological properties, *International Dairy Journal*, **9**, 895-901.
- Foley, J. ve Mulcahy, A.J.**, 1989. Hydrocolloid stabilisation and heat treatment for prolonging shelf life of drinking yoghurt and cultured buttermilk, *Irish Journal of Food Science and Technology*, **13**, 43-50.
- Gallegos, C. ve Franco, J.M.**, 1999. Rheology of food, cosmetics and pharmaceuticals, *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, **4**, 288-293.
- Garti, N. ve Reichman, D.**, 1993. Hydrocolloids as food emulsifiers and stabilizers, *Food Structure*, **12**, 411-426.
- Gülümser, N.**, 1986. Karboksimetil selüloz ile ayranın dayanıklı hale getirilmesi üzerine araştırmalar, *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, İzmir.
- Güven, M.**, 1998. Stabilizör kullanımının yoğurtların bazı kalite kriterleri üzerine etkileri, *Gıda*, **23(2)**, 133-139.
- Güven, M. ve Hayaloğlu, A.A.**, 2001. Hidrokolloidler ve süt teknolojisinde kullanımları, *Gıda*, **7**, 72-79.
- Güven, M., Karaca, O.B., Kaçar, A., Hayaloğlu, A.A. ve Yaşar, K.**, 2003. Kahramanmaraş tipi dondurma üretiminde salebe alternatif stabilizer olarak keçiyoynuzu sakızının kullanım olanakları, *Gıda Teknolojisi*, **2**, 41-48.
- Hassan, A.N., Frank, J.F., Schmidt, K.A. ve Shalabi, S.I.**, 1996. Rheological properties of yogurt made with encapsulated nonropy lactic cultures, *Journal of Dairy Science*, **79**, 2091-2097.
- Harwalkar, V.R. ve Kalab, M.**, 1986. Relationship between microstructure and susceptibility to syneresis in yoghurt made from reconstituted nonfat dry milk, *Food Microstructure*, **5**, 287-294.
- Hemar, Y., Hall, C.E., Munro, P.A. ve Singh, H.**, 2002. Small and large deformation rheology and microstructure of κ -carragenan gels containing commercial milk protein products, *International Dairy Journal*, **12**, 371-381.
- Incom**, 2003. Kişisel görüşme.
- Keogh, M.K. ve O’Kennedy, B.T.**, 1998. Rheology of stirred yogurt as affected by added milk fat, protein and hydrocolloids, *Journal of Food Science*, **63(1)**, 108-112.
- Kılıç, S., Karagözlü, C., Akbulut, N. ve Mater, Y.**, 2003. *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*’un eksopolisakkarit oluşturma özellikleri, *Gıda*, **1**, 64-68.
- Koh, M.W.W., Merino, L.M. ve Dickinson, E.**, 2002. Rheology of acid-induced sodium caseinate gels containing added gelatine, *Food Hydrocolloids*, **16**, 619-623.
- Kruif, C.G. ve Tuinier, R.**, 2001. Polysaccharide protein interactions, *Food Hydrocolloids*, **15**, 555-563.
- Kuyrukluyıldız, M.**, 2001. Kişisel görüşme.

- Kuyrukluıldız, M.,** 2003. Kişisel görüşme.
- Langendorff, V., Cuvelier, G., Michon, C., Launay, B. Parker, A. Kruif, C.G.,** 2000. Effects of carrageenan type on the behaviour of carrageenan/ milk mixtures, *Food Hydrocolloids*, **14**, 273-280.
- Lo, C.G., Lee, K.D., Richter, R.L., Dill, C.W.,** 1996. Dairy Foods, Influence of guar gum on the distribution of some flavour compounds in acidified milk products, *Journal of Dairy Science*, **79**, 2081-2090.
- Lucey, J.A. ve Singh, H.,** 1998. Formation and physical properties of acid milk gels: a review, *Food Research International*, **30(7)**, 529-542.
- Lucey, J.A., Tamehana, M., Singh, H. ve Munro, P.A.,** 1999. Stability of model acid milk beverage: Effect of pectin concentration, storage temperature and milk heat treatment, *Journal of Texture Studies*, **30**, 305-318.
- Lucey, J.A.,** 2001. The relationship between rheological parameters and whey separation in milk gels, *Food Hydrocolloids*, **15**, 603-608.
- Lucey, J.A.,** 2002. ADSA foundation scholar award, Formation and physical properties of milk protein gels, *Journal of Dairy Science*, **85**, 281-294.
- Macrae, R., Robinson, R.K. ve Sadler, M.J.,** 1993. Stabilizers, in *Encyclopaedia of Food Science Food Technology and Nutrition*, Vol. 7, Academic Press, London.
- Marcotte, M., Hoshahili, A.R.T., ve Ramaswamy, H.S.,** 2001. Rheological properties of selected hydrocolloid as a function of concentration and temperature, *Food Research International*, **34**, 695-703.
- O'Donnell, H.J. ve Butler, F.,** 2002. Time-dependent viscosity of stirred yogurt. Part I: couette flow, *Journal of Food Engineering*, **51**, 249-254.
- Ötleş ve Pire.,** 1999. Pektinin çeşitli gıda sistemlerindeki fonksiyonel özellikleri, *Gıda Bilim ve Teknolojisi*, **4(2)**, 57-62.
- Parnell-Clunies, E., Kakuda, Y. ve Deman, J.M.,** 1986. Influence of heat treatment of milk on the flow properties of yoghurt, *Journal of Food Science*, **51**: 1459-1462.
- Penna, A.L.B., Sivieri, K., Oliveria, M.N.,** 2001. Relation between quality and rheological properties of lactic beverages, *Journal of Food Engineering*, **49**, 7-13.
- Ramaswamy, H.S. ve Basak, S.,** 1992. Pectin and raspberry concentrate effects on the rheology of stirred commercial yogurt, *Journal of Food Science*, **57(2)**, 357-360.
- Rohm, H. ve Schmid, W.,** 1993. Influence of dry matter fortification on flow properties of yogurt. 1. Evaluation of flow curves, *Milchwissenschaft*, **48**, 556-560.
- Ruas-Madiedo, P., Hugenholtz, J. ve Zoon, P.,** 2002. An overview of the functionality of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria, *International Dairy Journal*, **12**, 163-171.

- Schkoda, P., Hechler, A. ve Kessler, H.G.,** 1999. Effect of minerals and pH on rheological properties and syneresis of milk-based acid gels, *International Dairy Journal*, **9**, 269-273.
- Schmidt, R.H., Vargas, M.M, Smith, K.L. ve Jezeski, J.J.,** 1985. The effect of ultra-high temperature milk processing on yogurt texture, *Journal of Food Processing and Preservation*, **9**, 235-240.
- Schmidt, K.A. ve Smith, D. E.,** 1992. Rheological properties of gum and milk protein interactions, *Journal of Dairy Science*, **75**, 36-42.
- Simonet, F., Garnier, C. ve Doublier, J. L.,** 2000. Partition of proteins in the aqueous guar/dextran two-phase system, *Food Hydrocolloids*, **14**, 591-600.
- Steffe, J.F.,** 1996. Rheological Methods in Food Process Engineering, 2nd Edition, Freeman Press. USA.
- Tamime, A.Y. ve Robinson, R.K.,** 1999. Yoghurt: science and technology. 2nd. Edition, Woodhead, Cambridge.
- Tegatz, J.A ve Morris, H.A.,** 1990. Changes in the rheology and microstructure of ropy yogurt during shearing, *Food Structure*, **9**, 133-138.
- Thakur, B.R., Singh, R.K. ve Handa, A.K.,** 1997. Chemistry and uses of pectin-a review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **37(1)**, 47-73.
- Tziboula, A. ve Horne, D.S.,** 1999. Influence of milk proteins on κ -carrageenan gelation, *International Dairy Science*. **9**, 359-364.
- TS-3810,** 1982. Ayran, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara
- Velez-Ruiz, J.F. ve Cánovas, G.V.B.,** 1997. Rheological properties of selected dairy products, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **37(4)**, 311- 359.
- Wang, Q., Ellis, P.R. ve Ross-Murphy, S.B.,** 2000. The stability of guar gum in an aqueous system under acidic condition, *Food Hydrocolloids*, **14**, 129-134.
- Wendin, K., Solheim, R., Allmere, T. ve Johansson, L.,** 1997. Flavour and texture in sourmilk affected by thickeners and fat content, *Food Quality and Preference*, **8**, 281-291.
- Williams, P.A., ve Phillips, G.O.,** 2000. Introduction to food hydrocolloids, in *Handbook of Hydrocolloids*, pp.1-19. Eds. Phillips, G.O. ve Williams, P.A. Woodhead Publishing, Cambridge.
- Yanes, M., Duran,L. ve Costell, E.,** 2002a. Effect of hydrocolloid type and concentration on flow behaviour and sensory properties of milk beverages model systems, *Food Hydrocolloid*, **16**, 605-611.
- Yanes, M., Duran,L. ve Costell, E.,** 2002b. Rheological and optical properties of commercial chocolate milk beverages, *Journal of Food Engineering*, **51**, 229-234.
- Zorba, M.,** 2001. Gamlar, Gıda Katkı Maddeleri, syf. 79-105, Ed.Tomris Altuğ. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir.

**EK A: DUYUSAL DEĞERLENDİRMEDE KULLANILAN SIRALAMA TESTİ
FORMU**

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

AYRANIN YAPISAL ÖZELLİKLERİ

04.03.2003

Numune Adı: Ayrar

Panelist Adı Soyadı:

A) Size verilen ayrar örneklerini aşağıda verilen kriterlere göre en çok beğendiğimize 1 en az beğendiğimize 5 vererek sıralayınız.

ÖRNEK ADI	KOKU	TAT	YAPI	KIVAM	TÜM İZLENİM
123					
315					
427					
814					
975					

B) YORUMLAR:

TEŞEKKÜRLER...

EK B: DUYUSAL DEĞERLENDİRMEDE KULLANILAN TANIMLAMA TESTİ FORMU

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

AYRANIN YAPISAL ÖZELLİKLERİ

18. 04.2003

Numune Adı: Ayran
Panelist Adı Soyadı:

A) Size verilen ayran örneklerini verilen kriterlere göre aşağıdaki skalayı kullanarak değerlendiriniz (Yapı için partikül, pıhtı varlığına bakınız)

Mükemmel : 7
Çok iyi : 6
İyi : 5
Orta : 4
Kötü : 3
Çok kötü : 2
Kabul edilemez : 1

ÖRNEK ADI	KOKU	TAT	YAPI	KIVAM	TÜM İZLENİM
215					
428					
659					
721					
864					

B) YORUMLAR:

TEŞEKKÜRLER...

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında İstanbul’da doğdu. 1996 yılında Orhan Cemal Fersoy Süper Lisesi’nden mezun oldu. 1996-2000 yıllarında İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya Bölümü’nde lisans eğitimi aldı. 2001 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği’nde Yüksek lisans eğitimine başlamıştır.