

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÜRETİM PARAMETRELERİNİN AYRANIN
YAPISAL ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ülkü ÖZDEMİR**

Anabilim Dalı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ

Programı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ŞUBAT 2004

**ÜRETİM PARAMETRELERİNİN AYRANIN YAPISAL
ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ülkü ÖZDEMİR
(506011282)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 22 Aralık 2003
Tezin Savunulduğu Tarih : 14 Ocak 2004**

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

ŞUBAT 2004

ÖNSÖZ

Bu çalışmada üretim parametrelerinin ayıranda gözlenen en önemli kalite kusurları serum ayrılması ve viskozitedeki değişkenlikler üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu yolla daha iyi kalitede ayran üretimi hedeflenmiştir.

Yüksek lisans tez çalışmam sırasında sonsuz çabasıyla bana destek veren değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Meral KILIÇ'a teşekkürlerimi sunarım. Tüm yaşamım boyunca yetişmemde rol oynayan değerli hocalarıma sonsuz saygı ve teşekkürlerimi arz etmek isterim.

Bana maddi ve manevi her türlü konuda destek veren sevgili anneme, babama, abime ve kardeşlerime teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2003

Ülkü ÖZDEMİR

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1. Ayrın	3
2.1.1. Tanımı ve özellikleri	3
2.1.2. Üretim prosesi	4
2.2. Ayrının yapısal özellikleri	4
2.2.1. Serum ayrılması	5
2.2.2. Viskozite	7
2.2.3. Tiksotropi	8
2.3. Ayrının yapısı	9
2.3.1. Süt proteinlerinin bileşimi ve fizikokimyasal özellikleri	12
2.3.1.1. Sütün temel protein bileşenleri	12
2.3.1.2. Süt proteinlerinin temel fizikokimyasal özellikleri	13
2.3.2. Isının süt proteinleri üzerine etkisi	14
2.4. Ayrının yapısına etki eden faktörler	15
2.4.1. Kültür tipi	15
2.4.1.1. Ekzopolisakkaritler	17
2.4.2. İnkübasyon sıcaklığı	19
2.4.3. Son inkübasyon pH'ı	20
3. MATERYAL VE METOT	22
3.1. Materyal	22
3.2. Metot	23
3.2.1. Yağsız süt tozunun bileşiminin belirlenmesi	23
3.2.2. Analizi yapılan ayranların hazırlanması	23
3.2.3. Serum ayrılması	24
3.2.4. Reolojik özellikler	24
3.2.5. Ekzopolisakkarit miktarının ölçülmesi	25

3.2.6. Uzun fermentasyon süresi sonunda ekzopolisakkarit miktarının ölçülmesi	26
3.2.7. Asidifikasyon hızının belirlenmesi	26
3.2.8. İstatistiksel analiz	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	27
4.1. Ayranlara ait pH ve asitlik değerleri	32
4.2. EPS miktarı	32
4.3. Asidifikasyon	34
4.4. Üretim parametrelerinin yapısal özellikler üzerine etkileri	36
4.5. Üretim parametreleri ve interaksiyonlarının viskozite üzerine etkisi	38
4.6. Üretim parametreleri ve interaksiyonlarının kıvam katsayısı üzerine etkisi	41
4.7. Üretim parametreleri ve interaksiyonlarının akış davranış indeksi üzerine etkisi	43
4.8. Üretim parametreleri ve interaksiyonlarının halka alanı üzerine etkisi	45
4.9. Üretim parametreleri ve interaksiyonlarının serum ayrılması üzerine etkisi	47
5. SONUÇLAR	51
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ	59

KISALTMALAR

EPS	: Ekzopolisakkarit
KM	: Kuru madde
SEM	: Scanning elektron mikroskopi
KOB	: Koloni oluşturan birim
GDL	: Glukono delta lakton
LAB	: Laktik asit bakterileri
CCP	: Kolloidal kalsiyum fosfat
TCA	: Trikloroasetik asit
MA	: Moleköl ağırılığı

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Ayranın ürün özellikleri	3
Tablo 2.2. Kazein ve serum proteinlerinin temel fizikokimyasal özellikleri ..	13
Tablo 2.3. Sütte ısı kaynaklı değişimler	14
Tablo 3.1. Üretici firma tarafından bildirilen süt tozunun spesifikasyon bilgileri	22
Tablo 3.2. TS 1329 Süt Tozu Standardı'na göre süt tozunda özellikler.....	23
Tablo 3.3. Reolojik ölçümlerde kullanılan sensör boyutları	24
Tablo 4.1. Farklı üretim parametrelerinde üretilen ayranların yapısal özellikleri	31
Tablo 4.2. Hazırlanan ayranların üretimden bir gün sonra pH ve asitlik değerleri	32
Tablo 4.3. Farklı üretim parametrelerinde üretilen EPS miktarı	34
Tablo 4.4. 40°C ve 43°C'de gerçekleştirilen YC-350 ve YC-380 kültürlerine ait asidifikasyon hızı.....	36
Tablo 4.5. Üretim parametrelerinin etkisi ve P değerleri	37
Tablo 4.6. Hazırlanan ayranların üretimden 1 gün, 5 gün ve 10 gün sonra serum ayrılması değerleri	49

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1	Ayran üretim prosesi 4
Şekil 2.2	Sütün protein bileşimi 12
Şekil 4.1	Farklı üretim parametreleri kullanılarak üretilen ayranlarda kayma hızı ile kayma geriliminin değişimi 28
Şekil 4.2	Farklı üretim parametreleri kullanılarak üretilen ayranlarda kayma hızı ile viskozitenin değişimi 29
Şekil 4.3	EPS miktar tayininde kullanılan kalibrasyon doğrusu 33
Şekil 4.4	İnkübasyon sıcaklığı 40°C iken elde edilen pH değerleri 35
Şekil 4.5	İnkübasyon sıcaklığı 43°C iken elde edilen pH değerleri 35
Şekil 4.6	Ayranın üretim parametrelerinin viskozite üzerine etkisi 40
Şekil 4.7	Ayranın üretim parametrelerinin kıvam katsayısı üzerine etkisi .. 42
Şekil 4.8	Ayranın üretim parametrelerinin akış davranış indeksi üzerine etkisi 44
Şekil 4.9	Ayranın üretim parametrelerinin halka alanı üzerine etkisi 46
Şekil 4.10	Ayranın üretim parametrelerinin serum ayrılması üzerine etkisi .. 50

SEMBOL LİSTESİ

σ	: Kayma gerilimi
σ_0	: Yıkılma gerilimi
γ	: Kayma hızı
K	: Kıvam katsayısı
n	: Akış davranış indeksi
t	: Zaman
λ	: Yapısal parametre

ÜRETİM PARAMETRELERİNİN AYRANIN YAPISAL ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

ÖZET

Ayranın görülen en önemli kalite kusurları serum ayrılması ve viskozitedeki değişikliklerdir. Bu çalışmanın amacı, üretim parametrelerinin ayranın yapısal özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemek ve ayranın yapısını olumlu yönde etkileyen üretim parametrelerini seçmektir. Çalışmada süttozu kullanılarak hazırlanan ayranların kimyasal özellikleri, serum ayrılması ve reolojik özellikleri ölçülmüştür.

Üç farklı üretim parametresinin, kültür tipi (ekzopolisakkarit üretmeyen ve yoğurt için kullanılan YC-350, ekzopolisakkarit üreten ve ayran için tavsiye edilen YC-380), inkübasyon sıcaklığı (40°C ve 43°C) ve pH (4,3 ve 4,6), ayranın yapısal özellikleri olan viskozite, kıvam katsayısı, akış davranış indeksi, tiksotropi ve serum ayrılması üzerine etkileri iki-seviyeli faktöriyel deney planı kullanılarak belirlenmiştir. YC-350 kültürü ile hazırlanan ayranlar YC-380 kültürü ile hazırlanan ayranlara göre daha yüksek görünen viskozite, kıvam katsayısı ve halka alanı ve daha düşük akış davranış indeksine sahip bulunmuştur. Artan inkübasyon sıcaklığı ile görünen viskozite, kıvam katsayısı ve halka alanı artmış, akış davranış indeksi azalmıştır. Düşük pH'da daha yüksek görünen viskozite ve tiksotropi ve daha düşük akış davranış indeksi gözlenmiştir. Ayranlarda YC-350 / 43°C / pH 4,3, YC-350 / 43°C / pH 4,6 ve YC-380 / 43°C / pH 4,6 kombinasyonlarının kullanımı en yüksek görünen viskozite elde edilmesini sağlamıştır. YC-350 / 40°C / pH 4,6 kombinasyonu ile üretilen ayranlar en yüksek serum ayrılmasını, YC-350 / 43°C / pH 4,3 kombinasyonu ile üretilen ayranlar ise en düşük serum ayrılmasını göstermişlerdir. Ancak ayranların tümünde önemli düzeyde serum ayrılması gözlenmiştir. Ekzopolisakkarit üreten kültürün çok düşük miktarda ekzopolisakkarit ürettiği veya kapsül ekzopolisakkarit ürettiği sonucuna varılmıştır. Ayran üretiminde kültür tipi, inkübasyon sıcaklığı ve pH kontrol edilerek yapısal özellikler iyileştirilebilir.

THE INFLUENCE OF PRODUCTION PARAMETRES ON TEXTURAL PROPERTIES OF AYRAN

SUMMARY

The main quality defects in ayran are the serum separation and variability in viscosity. The aim of this study to determine the effects of production parameters on textural properties of ayran and to select the production parameters which improve the textural properties of ayran. Chemical properties, serum separation and rheological properties of ayrans prepared by using skim milk powder were measured.

The effects of three different production parameters, culture type (YC-350 not producing exopolysaccharide and used for yoghurt, YC-380 exopolysaccharide producing and recommended for ayran), incubation temperature (40°C and 43°C) and pH (4,3 and 4,6) on apparent viscosity, consistency coefficient, flow behaviour index, thixotropy and serum separation were determined by using two-level factorial experimental design. Ayrans prepared with YC-350 had higher apparent viscosity, consistency coefficient, thixotropy and lower flow behaviour index than ayrans prepared with YC-380. Increasing incubation temperature increased apparent viscosity, consistency coefficient, thixotropy and decreased flow behaviour index. Higher apparent viscosity, higher thixotropy and lower flow behaviour index were observed at lower pH. Use of the combinations of YC-350/43°C/pH 4,3, YC-350/43°C/pH 4,6, and YC-380/43°C/pH 4,6 in ayran production provided highest apparent viscosity. Ayrans prepared with the combination of YC-350/40°C/pH 4,6 showed highest and ayrans produced with the combination of YC-350/43°C/pH 4,3 exhibited lowest serum separation. However, there were severe serum separation in all the ayrans. It was concluded that the exopolysaccharide producing culture used produced low amounts of exopolysaccharides or capsular exopolysaccharides. Textural properties of ayran can be improved by controlling culture type, incubation temperature and pH during the manufacture.

GİRİŞ

Fermente bir süt ürünü olan ayran ülkemizde serinletici özelliği nedeniyle özellikle yaz aylarında yaygın olarak tktilmektedir. Ayran retim prosesine bağlı olarak yoğurda su katılarak veya kuru maddesi ayarlanan süte yoğurt kültürü ilave edilerek üretilmektedir. Ayran gibi asidik süt içeceklerinde son ürün yapısının başlangıç yoğurt jelinin yapısına bağlı olduğunu bildirilmiştir (Amice-Quemeneur ve diğ., 1995; Atamer ve diğ., 1999).

Ayranda viskozite ve serum ayrılması en önemli yapısal özelliklerdir. Serum ayrılması tüketicide ayranın bayat olduğu izlenimini yaratmakta ve ürün albenisini olumsuz etkilemektedir (Atamer ve diğ., 1999) Serum ayrılması kazein partiküllerinin birleşmesi ve ardından çökmesi sonucu oluşur (Amice-Quemeneur ve diğ., 1995). Partiküller arası kuvvetler ihmal edildiğinde, yerçekimi etkisi altında partiküllerin hareketi Stoke Kanunu'na göre gerçekleşir (Hiemenz ve Rajagopalan, 1997). Asit süt içecekleri, düşük pH sebebiyle, çökme ve serum ayrılması gibi kalite kusurları göstermektedirler (Lucey ve diğ., 1999). Viskozite değişimlerine neden olan faktörler işleme, inkübasyon ve depolama koşullarıdır (Keogh ve O'Kennedy, 1998).

Asidik süt ürünlerinde kalite kusurlarının önlenmesi amacıyla proses koşulları ve uygulanan inkübasyon sıcaklığı değiştirilebilir (Velez Ruiz ve Barbosa Canovas, 1997) ve ekzopolisakkarit üreten kültürler kullanılabilir (Schellhaass ve Morris, 1985). Schellhaass ve Morris (1985), Cerning ve diğ. (1986), Wachter-Rodarte ve diğ. (1993), ekzopolisakkarit üreten kültürlerin fermente sütlerde viskoziteyi artırdığını ve serum ayrılmasını azalttığını bildirmişlerdir.

Literatürde ayranın üretim parametrelerinin yapısal özelliklere etkisi konusunda yapılan çalışmaların yetersiz olduğu görülmüştür. Bu çalışmada üretim parametrelerinin ve bunların interaksiyonlarının viskozite, kıvam katsayısı, akış davranış indeksi, tiksotropi ve serum ayrılması üzerindeki etkileri faktöriyel deney planı kullanılarak belirlenmiştir. Bunun yanısıra kullanılan farklı kültürlerle yapılan

Çalışmalarda ekzopolisakkarit miktar tayini gerçekleştirilmiştir. Ayrıca iki farklı kültürün farklı sıcaklıklarda asidifikasyon hızları ölçülmüştür.

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 ürünüdür (Anon., 2001). Ayran tam yağlı, yarım yağlı ve yağsız olmak üzere üç farklı tipte üretilmektedir. Tam yağlı ve yarım yağlı ayranlar sırasıyla en az %1.5 ve %0.8 yağ içermeli ve bunların kuru madde oranı sırasıyla en az %6 ve %5.2 olmalıdır. Az yağlı ayran ise en fazla %0.15 yağ içermeli ve kuru madde oranı en az %4.5 olmalıdır. (TSE, 1982). Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği Fermente Sütler Tebliği (2001/21)'ne göre ayranın ürün özellikleri Tablo 2.1'de verilmiştir.

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

Bileşen	en az
Süt proteini (Ağırlıkça %)	2,8
Titrasyon asitliği (% Laktik asit)	0,6
Yağsız kuru madde (%)	6
Toplam spesifik mikroorganizma (KOB) ¹	10 ⁶

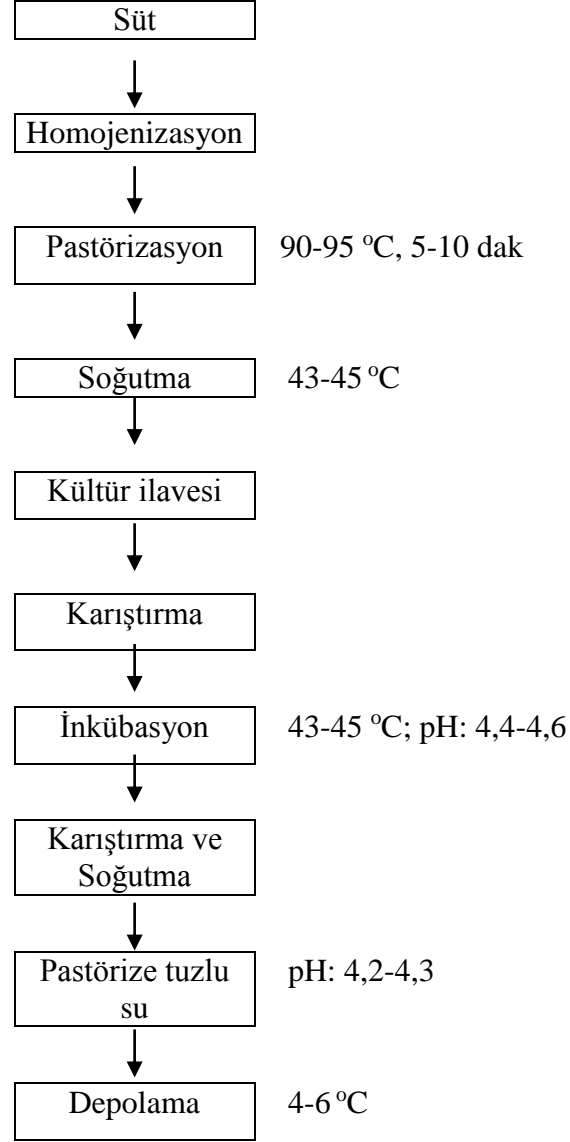
¹: Koloni Oluşturan Birim

Dünyada ayran benzeri ürünler laktik içecekler veya asidik süt içecekleri olarak geçmektedir. Asidik süt içecekleri özellikle Uzak Doğu'da yaygın olmakla birlikte bu tür içeceklerin Avrupa'da yaygınlığı artmaktadır (Amice-Quemeneur ve diğ.,1995). Asidik süt içecekleri süütün starter kültür ile fermentasyonunun ardından homojenizasyonu ve meyve suyu ilavesi ile elde edilmektedir (Amice-Quemeneur ve diğ.,1995; Lucey ve diğ., 1999). Laktik içecekler yoğurt, peynir altı suyu, meyve suyu veya püresi ve formülasyona göre izin verilen katkı maddelerinden üretilmektedir (Penna ve diğ., 2001; Oliveira, ve diğ., 2002). Asidik süt içecekleri asit kazein jelinin (yoğurt) homojenizasyonu ile elde edilir ki bu da asit süt

içeceklerinin kazein jel parçacıklarının bir süspansiyonu olduğu anlamına gelmektedir (Syrbe ve diğ., 1998).

2.1.2. Üretim prosesi

Ayranın retim prosesi Şekil 2.1’de verilmiştir (KuyrukluYıldız, 2001).



Şekil 2.1. Ayran retim prosesi

2.2. Ayranın yapısal zellikleri

Gıda rnlerinin yapısal ve reolojik özelliklerinin bilinmesi, proses tasarımı, kontrolü ve kalitenin sağlanması açısından önem taşımaktadır. Bu bölümde ayranın yapısal özellikleri olan serum ayrılması, viskozite ve tiksotropi üzerinde durulacaktır.

2.2.1. Serum ayrılması

Sıvının (serum) jel üzerinde belirmesi anlamına gelen serum ayrılması fermente süt ürünlerinde yaygın görülen ve arzu edilmeyen bir kalite kusurudur (Schellhaass ve Morris, 1985; Harwalkar ve Kalab, 1986; Lucey ve Singh, 1998; Lucey, 2001).

Serum ayrılması kazein partiküllerinin birleşmesi ve ardından çökmesi sonucu oluşur (Amice-Quemeneur ve diğ., 1995). Asit süt içecekleri, düşük pH sebebiyle, çökme ve serum ayrılması gibi kalite kusurları göstermektedirler (Lucey ve diğ., 1999).

Tüketicide ayranın bayat olduğu izlenimi yaratan, dolayısıyla ürünün albenisini olumsuz yönde etkileyen serum ayrılması üzerinde, süt bileşenlerinden olan proteinler önemli bir role sahiptir (Atamer ve diğ., 1999).

Partiküller arası kuvvetler ihmal edildiğinde, yerçekimi etkisi altında partiküllerin hareketi Stoke Kanunu'na göre gerçekleşir. Bu kanun küresel bir partikülün hızı (v) ile sürekli fazın viskozitesi (η), partikülün yarıçapı (r), partikül yoğunluğu ρ_p , sürekli fazın yoğunluğu ρ_s ve yerçekimi ivmesi g arasındaki ilişkiyi gösterir. Bu ilişki denklem 2.1'de verilmiştir (Hiemenz ve Rajagopalan, 1997):

$$v = \frac{2r^2(\rho_p - \rho_s)g}{9\eta} \quad (2.1)$$

Bu eşitliğe göre sedimentasyon hızı, partikül çapı büyüdükçe artmakta, sürekli fazın viskozitesi büyüdükçe azalmaktadır. Hidrokolloidler sürekli fazın viskozitesini artırarak sedimentasyon hızını diğer bir deyişle serum ayrılmasını engellemektedirler (Fox ve diğ., 1993).

Literatürde asidik süt jellerinde serum ayrılmasına neden olan faktörler aşağıda verilmiştir

- a. Yüksek inkübasyon sıcaklığı (Lucey ve Singh, 1998; Lucey, 2001),
- b. Hızlı asidifikasyon (Lucey ve Singh, 1998; Lucey, 2001),
- c. Sütün fazla ısı işlem görmesi (Lucey ve Singh, 1998; Lucey, 2001),
- d. Düşük kuru madde içeriği (Lucey, 2001),
- e. Düşük asit oluşumu (Lucey, 2001),
- f. Jelleşme sırasında karıştırma (Lucey, 2001).

Keogh ve O'Kennedy (1998), kazein ve temel serum proteini olan β -laktoglobulinin ısıtma ile kimyasal olarak etkileştiğini bildirmiştir. Aynı yazarlar, karıştırılmış yoğurttaki etkileşimin jel oluşturan protein miktarını artırdığını ve kazein yüzeyine

bağlanan serum proteinleri arasındaki boşluklarda daha fazla serum tutulması ile serum ayrılmasının azaldığını belirtmişlerdir. Keogh ve O’Kennedy (1998), karıştırılmış yoğurta 222 g ve 4°C’de 10 dakika santrifüj yaparak serum ayrılmasını % olarak ölçmüşlerdir. Jelatin, nişasta ve ksantan gamla yapılan çalışmalarda yağın sırasıyla %10,00, 13,69 ve 15,96 oranında serum ayrılmasını engellediğini bulmuşlardır.

Dannenbergh ve Kessler (1988), serum ayrılması ölçümü için Harwalkar ve Kalab (1983)’ın kademeli santrifüj yöntemini kullanmış ve β -lactoglobulin denatürasyonu arttıkça serum ayrılmasının azaldığını bildirmişlerdir.

Oliveira ve diğ. (2002), serum ayrılmasını daha fazla asidik olan laktik içecek örneğinde %22, asitliği daha az olan örneklerde %25,7 ve 26,8 olarak gözlemişler ve asitliği fazla olan örneğin diğerlerine göre daha az serum ayrılması gösterdiğini bildirmişlerdir.

Schmidt ve Bledsoe (1995) süte uygulanan homojenizasyon basıncının az yağlı yoğurdun fiziksel ve duyuşsal özelliklerine olan etkisini araştırmışlardır. Çalışmada % 1,5 yağ içeren yoğurtların üretimi için süte üç farklı homojenizasyon basıncı (0 kPa, 10,344 kPa ve 34,480 kPa) uygulanmıştır. Ayrıca % 3,5 yağ içeren tam yağlı yoğurt 10,344 kPa ‘da homojenize edilen süttten üretilmiş ve kontrol olarak kullanılmıştır. Homojenizasyon basıncının yoğurta sertlik ve görünen viskozite, kıvam indeksi, akış davranış indeksi gibi reolojik özellikler üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir. Bununla birlikte kontrol yoğurdunun diğerlerine göre serum ayrılması bakımından önemli fark gösterdiği saptanmıştır. Homojenize edilen yoğurtlardan homojenize edilmemiş süttten üretilen yoğurt, 10,344 kPa ve 34,480 kPa’da homojenize edilen süttten üretilen yoğurtlardan ve kontrolden daha az serum ayrılması göstermiştir. Homojenizasyon basıncı uygulanmayan(0 kPa olan) yoğurta daha az serum ayrılması gözlenmesinin sebebi, örnekte yağ globüllerinin topaklanması ve yağ globülleri topaklarının örnek içinde serum tutulmasına neden olması şeklinde açıklanmıştır. Schmidt ve Bledsoe (1995) yoğurdun mikroyapısının kazein zincir ve topaklarından oluştuğı ve serum ayrılmasının kazeinler arasındaki boşlukların hacmi ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Büyük yağ globüllerinin bu boşlukları doldurarak serum ayrılmasını engellemiş olabileceğı ileri sürülmüştür.

Köksoy ve Kılıç (2003) ayıranda stabilizör kullanımının serum ayrılmasını önlediğini bulmuşlardır. Stabilizör kullanımı serum ayrılmasını önlese de ekzopolisakkarit (EPS) üreten kültürler doğal olması açısından serum ayrılmasını engellemede tercih edilmektedirler. EPS üreten kültür kullanımının fermente sütlerde serum ayrılmasını azalttığı birçok çalışmada bildirilmiştir (Schellhaass ve Morris,1985; Cerning ve diğ.,1986; Wacher- Rodarte ve diğ.,1993).

2.2.2. Viskozite

Newton Yasası'na göre kayma stresi ile kayma hızı arasındaki oran sabittir. Bu durum, kayma hızına bağlı olmaksızın viskozitenin sabit olduğu anlamına gelmektedir. Süt ve karbonatlı içecekler gibi bazı sıvılar Newton Yasası'na uyan sıvılara örnek verilebilir. Bununla birlikte pek çok sıvı ve yarı katı gıdalar Newton Yasası'na uymazlar, yani kayma stresi ile kayma hızı arasındaki ilişki lineer değildir. Bunlar için kayma stresi ile kayma hızı arasındaki oran, görünen viskozite olarak adlandırılır ve kayma hızına bağlı olarak değişir. Newton Yasası'na uymayan materyaller için kayma stresi ile kayma hızı arasındaki ilişkiyi tanımlamak için pek çok model önerilmiştir. Bunlardan yaygın olarak kullanılanlar Newton (2.2), Power law (2.3) ve Herschel Bulkley (2.4) modelleridir (Keogh ve O'Kennedy, 1998; Penna ve diğ. 2001; Oliveira ve diğ., 2002; Yanes ve diğ., 2002a; Yanes ve diğ., 2002b).

$$\text{Newton modeli} \quad \sigma = \eta\dot{\gamma} \quad (2.2)$$

$$\text{Power law (Ostwald-de Waale) modeli} \quad \sigma = K\dot{\gamma}^n \quad (2.3)$$

$$\text{Herschel-Bulkley modeli} \quad \sigma = \sigma_0 + K\dot{\gamma}^n \quad (2.4)$$

Burada σ kayma gerilimini, $\dot{\gamma}$ kayma hızını, σ_0 yıkılma gerilimini, K kıvam indeksini ve n akış davranış indeksini göstermektedir. Kıvam indeksi (K), viskoziteyi, akış davranış indeksi (n) ise Newton yasasından ne kadar uzaklaşıldığını göstermektedir. Viskozite değişimlerine neden olan faktörler, protein ve iyon değerlerinde meydana gelen mevsimsel değişiklikler ve işleme, inkübasyon ve depolama koşullarıdır (Keogh ve O'Kennedy, 1998). Tamime ve Robinson (1985) yoğurttaki viskozite değişimlerini önlemek için şu yöntemleri önermiştir:

- a. Formülasyon, ısıtma veya homojenizasyon koşullarının ayarlanması,

- b. İnkübasyon sıcaklığının artırılması,
- c. İnokulum miktarının artırılması,
- d. Viskoz kültür kullanılması,
- e. Stabilizör ilavesi,
- f. Mekanik işleme sisteminin geliştirilmesi.

Afonso ve Maia (1999), karıştırılmış yoğurdun reolojik özelliklerinde meydana gelen değişimlerin pek çok faktörden etkilenmekte olduğunu, bunlar arasında toplam kuru madde, süt bileşimi, kullanılan starter kültürün tipi, homojenizasyon, ısıl işlem ve inkübasyon sonrası işlemlerin (karıştırma, pompalama, soğutma ve paketlenme) sayılabileceğini belirtmiştir. Sütte homojenizasyon yapılmasının nedeni süt yağının parçalanarak boyutunun küçültülmesi, bu yolla kıvam ve viskozitenin artırılmasıdır. Aynı zamanda homojenizasyon ile serum ayrılması önlenmektedir. Homojenizasyonun yoğurt viskozitesi üzerinde önemli bir etkide bulunmadığı, akış davranış indeksini artırıp, kıvam indeksini azalttığı Shaker ve diğ. (2002) tarafından bildirilmiştir.

2.2.3. Tiksotropi

Tiksotropi, kaymaya bağlı olarak zamanla viskozitenin azalması ve kayma uzaklaştırıldığında, viskozitenin geri kazanılması olarak tanımlanmıştır (Steffe, 1992). Tiksotropik ve reopektik materyaller, sabit kayma hızında, zamanla, sırasıyla azalan ve artan kayma gerilimi (ve görünen viskozite) gösterirler (Steffe, 1992). Yoğurt ve ayran tiksotropik materyallerdir (Benezech ve Maingonnat, 1993; Abu'Jdayil, 2003; Köksoy ve Kılıç, 2003).

Tiksotropik davranış, sabit kayma hızında viskozitedeki değişimle ölçülebileceği gibi, kayma hızı, belli bir değere kadar kademeli olarak artırılıp bu kayma hızından tekrar başlangıç kayma hızına kadar kademeli olarak düşürülerek de ölçülebilmektedir. Kayma hızının artırılıp azaltılmasıyla elde edilen gidiş ve dönüş eğrisi aynı yolu takip etmiyorsa, diğer bir deyişle gidiş ve geliş eğrisi arasında halka alanı adı verilen bir açıklık bulunuyorsa malzemenin tiksotropik olduğu söylenebilmektedir (Bhattacharya, 1999).

Halka alanı, diğer bir deyişle histeresis alanı, yoğurt gibi jel benzeri ürünlerde yapıdaki çekim kuvvetinin bir ölçüsüdür (Rohm, 1993). Halka alanına tiksotropik

alan da denilmektedir (Dolz ve diğ., 1997). Gıda ürünlerinin zamana bağlı reolojik özelliklerinin bilinmesi, yapı ve akış arasında bir bağlantı kurulması ve fiziksel parametreler ile duyu özellikleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır (Abu-Jdayil, 2003).

Rohm (1993), kuru madde zenginleştirmesinin yoğurdun akış özellikleri üzerine etkisini araştırmıştır. Zenginleştirmede yağsız süt tozu, sodyum kazeinat ve ultrafiltrasyon ile elde edilmiş iki farklı tip protein tozu kullanılmıştır. Kayma hızı 200 saniyede 0'dan 100 saniye⁻¹'e çıkarılmış ve aynı sürede 0 saniye⁻¹'e düşürülerek halka alanı elde edilmiştir. Akış eğrileri Herschel-Bulkley modeli ile modellenmiştir. Yoğurtlardaki protein miktarı arttıkça modelde kullanılan kıvam indeksi ve halka alanı artmış, buna karşılık akış davranış indeksi azalmıştır. Aynı protein seviyelerinde sodyum kazeinat yoğurtta diğerlerine göre daha yüksek viskozite değerleri sağlamıştır.

2.3. Ayranın yapısı

Amice-Quemeneur ve diğ. (1995), asidik süt içeceklerinde son ürün yapısının başlangıç yoğurt jelinin yapısına bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Ayranın genellikle, belirli oranlarda su ve tuz ilavesiyle yoğurttan elde edilen bir içecek olduğu ve karakteristik özelliklerinin hammadde olarak kullanılan yoğurdun nitelikleri ile yakından ilişkili olduğu Atamer ve diğ. (1999) tarafından belirtilmiştir.

Yoğurtta laktoz fermentasyonu termofilik, homofermentatif laktik asit bakterilerinden *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* tarafından gerçekleştirilir. Laktoz fermentasyonu sonucu oluşan laktik asit yoğurt ve ayran üretiminde koagülasyona neden olarak pıhtıya kendine özgü bir yapı kazandırmaktadır. Yoğurtta istenen sertlikte koagulum inoküle edilmiş sütün 40-45°C'de pH 4.6-4.7'ye kadar inkübe edilmesi sonucu elde edilir (Tamime ve Robinson, 1985). pH düşmesine bağlı olarak kazein misellerini stabilize eden koloidal kalsiyum fosfat (CCP) çözünmekte ve protein jeli (pıhtısı) oluşmaktadır (Jaros ve diğ., 2002). Bu jel yapısı, yoğurtta kayma ve zamana bağlı viskozitenin azalmasına neden olmaktadır (O'Donnell ve Butler, 2002). Yoğurdun yapısı kazein misellerinin agregasyonu ve kullanılmışsa ekzopolisakkarit üreten suşların inkübasyon süresi boyunca ekzopolisakkarit üretmesi sonucu oluşmaktadır (Cerning, 1995).

Sütte toplam kuru madde ve yağ miktarı, süte uygulanan ısıl işlem, homojenizasyon, inkübasyon koşulları ve son ürünün taşınması yoğurdun yapısını etkilemektedir (Rasic ve Kurmann, 1978). Yoğurdun yapısını etkileyen bir diğer yöntem ise jelatin, pektin, nişasta gibi stabilizörlerin ilavesidir. Stabilizörler viskoziteyi artırmak ve serum ayrılmasını azaltmak amacıyla ilave edilirler. Yoğurdun viskozitesini artırmada başka bir alternatif ise starter kültür olarak ekzopolisakkarit üreten bakterilerin kullanılmasıdır (Schellhaass ve Morris, 1985).

Ayran seyreltilmiş yoğurdun fiziksel özelliklerine sahip bir yoğurt içeceğidir. Tamime ve Robinson (1999), yoğurt üretimi sırasında, serum proteinlerini denatüre etmek ve sonuç olarak yoğurdun su tutma kapasitesini artırmak amacıyla yüksek pastörizasyon sıcaklığı (93°C) uygulanması gerektiğini bildirmişlerdir. Ayran da kazein ve serum proteinlerinden oluşan yoğurt benzeri yumuşak jel yapısının mekanik zarara karşı hassas olduğu ve ayran üretiminde, yoğurt jeli su ve tuzla karıştırılırken jel yapısının bozulduğu bildirilmiştir (Köksoy ve Kılıç, 2003). Kazein miselleri arasında izoelektrik noktanın altında (pH değeri 4.2) birbirini iten elektrostatik kuvvetlerden dolayı serum ayrılmasının depolamanın başlangıcında az olduğu bildirilmiştir (Köksoy ve Kılıç, 2003). Schkoda ve diğ.(1999) tuz ilavesinin birbirini iten kuvvetler sağlayabileceğini ve kazein misellerinin birleşmesini önleyebileceğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte, depolama süresince kazeinlerin birleşmesine ve serum ayrılmasına sebep olan protein-protein etkileşimlerinin artabileceği ileri sürülmüştür (Köksoy ve Kılıç, 2003).

Amice-Quemeneur ve diğ. (1995) asidik süt içeceklerinde asidifikasyonun gerçekleştirilmesinde bakteriyel kültür kullanımı yerine glukono-delta lakton (GDL) kullanımını araştırmışlardır. GDL yavaş bir şekilde glukonik asit üretir, oldukça kısa zamanda jel yapısına sahip yoğurt elde edilmesini sağlar ve sonuç olarak yoğurt benzeri asit süt jellerinin üretiminde kullanılır. Bununla birlikte GDL ve bakteriyel asidifikasyonla elde edilen asit süt jellerinin reolojik davranışları arasında farklar olabileceği bildirilmiştir. GDL için 3 farklı doz (%2.5-3.0-3.5) ve 3 farklı sıcaklık (20-30-42°C) kullanılarak elde edilen jellerin yapıları incelenmiş ve bakteriyel fermentasyona en yakın yapısal özelliklerin GDL oranının %3 olduğu durumda ve 30°C sıcaklıkta gerçekleştiği saptanmıştır. GDL kullanılan örneklerde asitlik hızlı bir şekilde düşerken, laktik asit bakterileri ile yapılan fermentasyonda daha kademeli bir düşüş olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte, iki tip asitlendirmede de pH'nın 14 saat

sonunda yaklaşık 4.0 değerine düştüğü tespit edilmiştir. Reolojik davranışlar incelendiğinde her iki durumda da gidiş eğrisinin kavisli olduğu ve bir yıkılma gerilimi bulunduğu saptanmıştır. Dolayısıyla gidiş eğrisi için Herschel Bulkley modeline göre modelleme yapılmıştır. Dönüş eğrileri ise lineer olup Newtonyen akış davranışı özelliği göstermiştir. GDL ile elde edilen içecek bakteriyel fermentasyonla elde edilen içecek ile karşılaştırıldığında düşük akış davranış indeksi, yüksek kıvam indeksi, yüksek yıkılma gerilimi ve yüksek viskoziteye sahiptir. Sonuç olarak araştırmacılar asidik süt içeceklerinde yapılan çalışmalarda geleneksel mikrobiyal fermentasyon yerine GDL kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Karıştırılmış yoğurdun reolojik özellikleri Basak ve Ramaswamy (1994) tarafından çalışılmıştır. Çalışmada pektin ve çilek konsantrisinin farklı düzeyleri kullanılmıştır. Bu amaçla kayma hızı 3 dakikada 0-300 s⁻¹ aralığında artırılmış, 300 s⁻¹'de 10 dakika tutulmuş, ardından 3 dakikada 300 s⁻¹'den 0 s⁻¹'e düşürülmüştür. Gidiş eğrileri Herschel-Bulkley modeli ile, dönüş eğrileri lineer modelle ve kayma hızının 300 s⁻¹'de tutulduğu durumda örneklerin zamana bağımlılığı ise Weltman modeli ile modellenmiştir. Weltman modeli eşitlik (2.5) ile verilmiştir:

$$\sigma = A - B \log(t) \quad (2.5)$$

Burada geçen A yapısal bir parametre olup, yıkılma gerilimi ile arasında ilişki bulunmaktadır. Yüksek A değeri başlangıç kaymasına karşı daha güçlü bir direnci gösterir. B ise yapı parçalanmasının bir ölçüsüdür. Yüksek B değeri örneğin yapı parçalanmasına karşı direncinin az olduğunu ifade eder. Eklenen pektin ile çilek konsantrisi akış davranış indeksi üzerinde zıt etkilere neden olmuştur. Eklenen pektin akış davranış indeksini artırırken, konsantre ilavesi akış davranış indeksini azaltmıştır.

O'Donnel ve Butler (2002), tarafından yapılan çalışmada karıştırılmış yoğurdun zamana bağlı viskozitesi iki farklı eşitlikle modellenmiştir. Modellerden biri Weltman modeli, diğeri ise yapısal parametre(λ) içeren eşitliğe (2.6) dayalı modeldir:

$$\sigma = \lambda K \dot{\gamma}^n \quad (2.6)$$

Bu çalışmada sabit kayma hızlarında (5-50-500 s⁻¹) karıştırılmış yoğurtların kayma gerilim değerlerine karşı zaman (saniye) grafiğe geçirilmiş, ve bahsedilen iki farklı

modelle elde edilen eğrilerin, ölçülen değerlere uyumu dikkate alınmıştır. Weltman modelinin iyi bir uyum sağladığı sonucuna varılmıştır.

Geleneksel yöntemle üretilen ayıranda serum ayrılması kaçınılmaz olup serum ayrılması üzerinde etkili en önemli süt bileşeni proteinlerdir (Atamer ve diğ., 1999). Proteinin yoğurtta kıvamı artırmada birincil etkiye, yağın ise homojenizasyondan sonra proteinle kaplanarak ikincil etkiye sahip olduğu saptanmıştır (Keogh ve O’Kennedy, 1998). Bu nedenle süt proteinleri ve özellikleri hakkında bilgi verilecektir.

2.3.1. Süt proteinlerinin bileşimi ve fizikokimyasal özellikleri

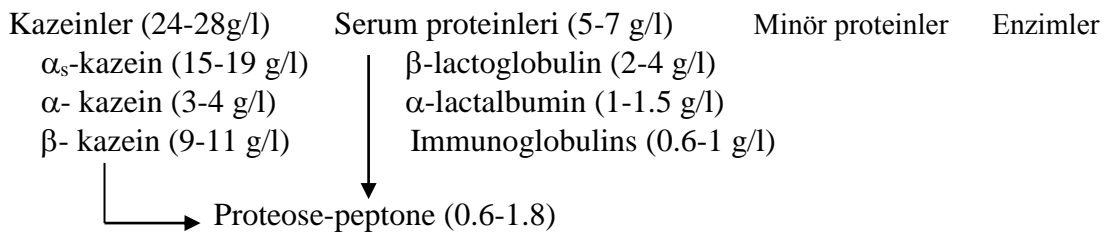
2.3.1.1. Sütün temel protein bileşenleri

Normal inek sütü litrede 30-35 gram protein içerir. Süt proteinlerinin iki temel tipi kazeinler ve serum proteinleridir (Caric’, 1994).

Kazeinler, toplam süt proteininin %76-86’sını oluşturur. Bunlar, genellikle sütte misel olarak adlandırılan, temel olarak kalsiyum fosfat olmak üzere inorganik madde içeren küresel ve makromoleküler kompleksler halinde bulunur (Robin ve diğ., 1993). Kazeinler heterojendir ve α_s -, β -, and κ -casein meydana gelir. Sütün pH değeri 6.5’ten düşmeye başladığında, kazein koloidal çözünürlüğünü kaybetmeye ve pH 5.3’te çökmeye başlar. Maksimum çökme kazeinin izoelektrik noktası olan pH 4.6’da gerçekleşir. Kazein özellikle proteolitik enzimler olmak üzere başka yollarla da koagüle edilebilir (Caric’, 1994).

Serum proteinleri olarak adlandırılan diğer süt proteinleri, β -lactoglobulin, α -lactalbumin, kan serum albuminleri ve immunoglobulinleri içeren farklı bir gruptur (Jennes, 1988). Klasik olarak, süt protein miktarı Kjeldahl nitrojen analizi ile saptanmaktadır (Jennes, 1988). Sütün protein bileşimi Şekil 2.2’de verilmiştir:

Süt proteinleri (30-35 g/l)



Şekil 2.2. Sütün protein bileşimi (Caric’, 1994).

2.3.1.2. Süt proteinlerinin temel fizikokimyasal özellikleri

Kazeinler ve serum proteinleri fizikokimyasal özellikleri açısından fark gösterirler (Tablo 2.2). Kazeinler, misel halinde olsun veya olmasın pH'ya (pH 4.6'da çözünür değildirler) ve iki veya çok değerlikli tuzlara çok duyarlı ve ısıya karşı stabilken, serum proteinleri asidik koşullarda çözünürler ve ısıyla denatüre olabilirler (Robin ve diğ., 1993).

Tablo 2.2. Kazein ve serum proteinlerinin fizikokimyasal özellikleri (Robin ve diğ., 1993).

Proteinler	Özellikleri
Kazein	Güçlü hidrofobik kısımlar içerir.
	Önemsiz miktarda sistein içerir.
	Zincir yapısındadır.
	Isıya dayanıklıdır.
	Asidik koşullarda stabil değildir.
Serum proteinleri	Hidrofobik ve hidrofilik kısımlar dengededir.
	Sistein ve sistin içerir.
	Globüler yapıda olup, katlanmış yapıdadır.
	Isıyla kolayca denatüre olabilir.
	Asidik koşullara karşı stabildir.

Kazeinlerde oldukça düşük sayıda sistein bulunması sebebiyle disülfid çapraz bağları oluşumu sık değildir. Sonuç olarak, tüm kazein molekülleri önemsiz düzeyde ikincil yapılarıyla düzensizdirler. Disülfid bağlarından kaynaklanan stabilizasyonunun yokluğu α_{s1} - ve β -kazeinleri pH'ya ve iki değerlikli katyonlara çok duyarlı kılmaktadır. Isının zaten açık ve katlanmamış formda bulunan kazeinler üzerinde önemli bir etkisi yoktur (Robin ve diğ., 1993). Serum proteinleri ise pH ve tuzlardan fazla etkilenmezler (Robin ve diğ., 1993).

2.3.2. Isının süt proteinleri üzerine etkisi

Uygulanan ısı işlem süt bileşenleri üzerinde bir dizi değişikliğe neden olur, bunların bir kısmı Tablo 2.3'te verilmiştir.

Tablo 2.3. Sütte ısı kaynaklı değişimler (Singh ve Waungana, 2001)

Serum protein denatürasyonu ve agregasyonu
Serum proteinlerinin kazein miselleri ile interaksyonu
Kazein misel yapısında değişimler
Çözünür kalsiyum ve fosfatın kolloidal faza transferi
Globül membranında değişimler
pH'da düşme

Serum proteinleri 70°C'nin üzerinde yapılan ısı ile denatüre olur. Bunların bir kısmı hidrofobik interaksyonlar ve moleküller arasında oluşan disülfid bağları aracılığıyla kazein miselleriyle birleşir (Haque ve Kinsella, 1988; Singh, 1995).

Isıl işlem, serum proteinlerinin denatürasyonuna, disülfid bağları yardımıyla β -lactoglobulin ve kazein miselindeki κ -kazein arasında etkileşime sebep olmaktadır (Velez-Ruis ve Barbosa Canovas, 1997). Isıl işlemin neden olduğu süt proteinlerinin jel oluşturma kapasitesi, süt proteinleri üzerindeki sülfidril gruplarına ve aynı zamanda serum proteinlerinin denatürasyonuna veya β -lactoglobulin/ κ -kazein kompleksinin oluşumuna bağlıdır (Hashizume ve Sato, 1988).

Isıtma prosesine ve ısının şiddetine bağlı olarak β -lactoglobulin ve α -lactalbumin kazeine bağlanmaktadır. Elektron mikroskobu ile yapılan çalışmada kazein miselleri yüzeyinde ısı etkisiyle denature olan β -lactoglobulin filamentleri oluştuğu gözlenmiştir (Mottar ve diğ., 1989). Bu filamentlerin süt fermente edildiği zaman misellerin birleşmesine bir bariyer oluşturduğu bildirilmiştir (Mottar ve diğ., 1989). Isının şiddeti artırıldığında α -lactalbumin de misel yüzeyine bağlanmaya başlayıp β -lactoglobulin tarafından oluşturulan boşlukları doldurmaya ve daha düzgün ve pürüzsüz misel yüzeyi oluşumuna neden olmaktadır. Fermentasyon boyunca misellerin birleşmesi yapıyı geliştirmektedir. Isının neden olduğu α -lactalbumin ve kazein partiküllerinin birleşmesi, yoğurdun reolojik özelliklerini belirleyen sonraki fermentasyonda gerçekleşen kazeinlerin birleşmesi ve hidrasyonu açısından önemli görünmektedir (Mottar ve diğ., 1989).

2.4. Ayranın yapısına etki eden faktörler

2.4.1. Kültür tipi

Jaros ve diğ. (2002) iki farklı (EPS üreten YC 191 ve üretmeyen YC 460) ve üç farklı kurumadde (10, 12, ve 14% w / v) ile çalışmışlardır. Kayma hızını 0 /s –200 /s aralığında artırıp, 200/s den tekrar 0/s ‘ye düşürmüşler ve halka alanını ölçmüşlerdir. Serum ayrılması ölçümü için 1400 g’de 20 dakika santrifüj yaparak, üstte toplanan sıvıyı vakum pompası ve pastör pipeti yardımıyla almışlar, kalıntıyı tartarak, ayrılan sıvının bağıl miktarını hesaplamışlardır. Basit viskozite ölçümü için ise yoğurdun silindirik bir cam tüp içinden 300 ml çizgisinden 150 ml çizgisine akması için gerekli süreyi ölçmüşler ve huniden akış hızı olarak kaydetmişlerdir. Huniden akış hızı değerlerine göre YC 191 ile yapılan yoğurdun viskozitesi, YC 460 ile yapılan yoğurda göre daha yüksek bulunmuştur. YC 191’in ürettiği yoğurtta halka alanı YC 460’ın ürettiği yoğurda göre daha yüksek saptanmıştır. Benzer sonuçlar Skriver ve diğ. (1995) tarafından da bildirilmiştir. Kurumadde oranı artırıldığında serum ayrılması azalmıştır. Serum ayrılması YC 460 için %55.9’dan (%10 KM) % 44.5’e (%14 KM), YC 191 için ise % 61.3’ten (% 10 KM) % 46.5’e (% 14 KM) düşmüştür (Jaros ve diğ., 2002).

Yoğurt ve ayranın ekzopolisakkarit üreten ve üretmeyen iki tip kültür kullanılabilir. Literatürde ekzopolisakkarit üreten kültürler ‘ropy’, bu kültürlerin ürettikleri ekzopolisakkaritler de ‘rop’ olarak geçmektedir. Ekzopolisakkarit ‘rop’ üreten, ekzopolisakkarit üretmeyen kapsül üreten, ekzopolisakkarit ve kapsül üretmeyen kültürlerle fermente edilen yağsız sütün reolojik özellikleri Hassan ve diğ. (1996) tarafından çalışılmıştır. Kayma hızı 4 dakikada 0/s’den 1000/s’e kadar çıkarılmış ve yine 4 dakika içinde 0/s’e düşürülmüştür. Gidiş eğrileri Ostwald modeli ile, dönüş eğrileri ise lineer modelle modellenmiştir. Ekzopolisakkarit üreten kültürün diğerlerinden daha yüksek kayma gerilimi değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir. Kapsül üreten, ekzopolisakkarit üretmeyen kültürle yapılan yoğurdun kayma gerilim değerleri ekzopolisakkarit ve kapsül üretmeyen kültürle yapılan yoğurda göre daha yüksektir. Ekzopolisakkarit üreten kültürle üretilen yoğurtta gözlenen halka alanı, ekzopolisakkarit üretmeyen kapsül üreten veya kapsül üretmeyen kültürlerle yapılan yoğurtlarda gözlenen halka alanlarından daha fazla bulunmuş ve bu ekzopolisakkarit üreten kültürle elde edilen yoğurdun en çok yapısal bozulma gösterdiği ve dolayısıyla diğerlerinden daha fazla polimer interaksiyonuna sahip olduğu sonucuna

varmışlardır. Kapsül üreten ekzopolisakkarit üretmeyen kültürle yapılan yoğurdun halka alanı, ekzopolisakkarit ve kapsül üretmeyen kültürle yapılan yoğurdun halka alanına göre daha yüksektir. Bu farkın polisakkaritler arasındaki bağların kopmasından kaynaklanabileceği ileri sürülmüştür .

Teggatz ve Morris (1990) yağsız süttozundan %11 kurumadde içecek şekilde elde ettikleri süte 90°C'de yarım saat süre ile buharla ısıtma işlemi uygulamışlardır. Fermentasyonda ekzopolisakkarit üretmeyen *Streptococcus thermophilus* C3 ve bunun yanında ekzopolisakkarit üreten *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* RR, diğerinde ekzopolisakkarit üretmeyen *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* 880 kullanılmıştır. İnkübasyon pH 4.4 elde edilinceye kadar yaklaşık 11 saat sürmüştür. Viskozimetre, rotor hızı 0 rpm'den 925 rpm'e 3 dakikada çıkacak şekilde programlanmıştır. Kayma hızı artarken, viskozimetre belirli zamanlarda durdurularak 0, 139, 167, 194, 222, 250, 278, 416, ve 833 /s kayma uygulanmış olan örnekler alınmıştır. Ekzopolisakkaritin çevresindekilerle etkileşme ve viskoziteyi etkileme mekanizmasını saptamak için SEM (scanning electron microscopy) kullanılmıştır. Ekzopolisakkarit üreten kültürlerde ekzopolisakkarit, bakteri hücre duvarına bağlı olup aynı zamanda kazeinle de etkileştiği öne sürülmüştür. Ekzopolisakkarit/bakteri arasındaki bağ, yoğurda uygulanan kayma hızı 220 s⁻¹'a çıktığında kırılmaktadır, bu noktada kayma hızı-kayma gerilimi eğrisinin yükseklik pikinin olduğu görülmüştür. Pike ait kayma gerilimi ekzopolisakkarit ile bakteri arasındaki bağ kuvveti olarak tanımlanmış ve yaklaşık olarak 150 Pa olduğu bulunmuştur. Ekzopolisakkaritin hücre yüzeyinden ayrıldıktan sonra kazeinle etkileşmeye ve viskoziteyi etkilemeye devam ettiği bildirilmiştir.

Rawson ve Marshall (1997) karıştırılmış yoğurtta ekzopolisakkarit üreten kültürlerin ekzopolisakkarit üretmeyen kültürlerle göre viskoziteyi daha fazla artırdıklarını, sertliğin, ekzopolisakkarit üreten kültürlerden etkilenmediğini, ancak ekzopolisakkarit üreten kültürlerin, viskoziteyi ve viskozitenin geri kazanılmasını etkilediğini ileri sürmüşlerdir.

Rohm ve Kovac (1994) mukojenik bakterilerin protein ağına bağlanmasının ekzopolisakkarit üreten kültürle yapılmış yoğurtta jel kuvvetini azalttığını, jel sertliğinde görülen azalmanın fazla karbohidrat materyalinin protein-protein etkileşimini azaltmasından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Bu durumun, protein ağının ekzopolisakkaritten daha önemli olduğunu gösterdiğini bildirmişlerdir.

Wacher- Rodarte ve diğ. (1993), *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*'un ekzopolisakkarit üreten suşlarının, özellikle karıştırılmış yoğurtlarda viskoziteyi artırmakta ve serum ayrılmasını engellemekte olduğunu, benzer olarak Schellhaass ve Morris (1985), Cerning ve diğ. (1986) de ekzopolisakkarit üreten kültürlerin fermente sütlerde viskoziteyi artırdığını ve serum ayrılmasını azalttığını bildirmişlerdir.

2.4.1.1.Ekzopolisakkaritler

Laktik asit bakterileri (LAB) tarafından sentezlenen ekzopolisakkaritler yoğurt, ayran, peynir, fermente krema gibi ürünlerin üretiminde önemli bir role sahiptir (Duboc ve Mollet, 2001).

Hücre duvarı dışına salınan polisakkaritlere ekzopolisakkarit (EPS) denir (Ruas-Madiedo ve diğ., 2002). EPS iki tip polisakkarit için genel bir terimdir. Ekzopolisakkaritler ya kapsül halinde hücre duvarına bağlıdır veya salgı şeklinde ortama aktarılır ; bunlar sırasıyla kapsül polisakkarit ve salgı polisakkarit adını alır (De Vuyst ve Degeest, 1999).

EPS bakteriler ve mikroalgler arasında yaygın olarak, maya ve funguslarda ise daha az yaygın olarak üretilirler. Özellikle laktik asit bakterileri olmak üzere pek çok gıda kaynaklı mikroorganizma EPS üretir. Üzerinde çalışılan EPS üreten laktik asit bakterilerinden birçoğu süt ürünlerinden izole edilmiştir (De Vuyst ve Degeest, 1999).

Ekzopolisakkaritler iki gruba ayrılabilir: Homopolisakkaritler tek monosakkarit biriminden oluşur, bunlara örnek olarak dekstran verilebilir, heteropolisakkaritler glukoz, galaktoz, ramnoz, N-asetilglukozamin, N-asetilgalaktozamin, glukuronik asit gibi değişik şeker birimlerinden oluşur. Heteropolisakkaritler disakkaritlerden heptasakkaritlere kadar değişen boyutlarda tekrarlayan birimlerden oluşur ve fosfat, asetil ve gliserol gibi şeker olmayan birimler içerebilir. Heteropolisakkaritlerin molekül ağırlıkları 4×10^4 ve 6×10^6 dalton arasında değişir. (Duboc ve Mollet, 2001).

Bazı türler iki tip ekzopolisakkarit üretirken bazıları tek tip ekzopolisakkarit üretir (Degeest ve diğ., 2001). Homopolisakkaritler, α -D-glukanlar, β -D- glukanlar, fruktanlar ve poligalaktan gibi farklı glukozidik bağlarla bağlı, yapısı birbirinin aynı ve tekrarlayan birimlerden oluşan diğerlerinden oluşur.

Heteropolisakkaritler, mezofilik (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *L. lactis* subsp. *cremoris*, *Lactobacillus casei*, *Lb. sake*, *Lb. rhamnosus* etc.) ve termofilik (*Lb. acidophilus*, *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lb. helveticus* and *S. thermophilus*) laktik asit bakterileri tarafından üretilirler (De Vuyst ve Degeest, 1999).

Ekzopolisakkaritler öncelikle son ürünün viskozitesini artırarak ve ikinci olarak su bağlayarak (süt proteinleriyle etkileşerek) yapı kazandırıcı ve stabilizör görevi yapmaktadırlar. Sonuç olarak ekzopolisakkaritler serum ayrılmasını azaltmakta ve ürün stabilitesini artırdığı bildirilmektedir.(Duboc ve Mollet, 2001).

LAB tarafından üretilen ekzopolisakkaritlerin verimi, ortam bileşimi (karbon ve nitrojen kaynağı), sıcaklık, pH, oksijen miktarı, inkübasyon süresi, başlangıç laktoz konsantrasyonu gibi koşullara bağlı olduğu bildirilmiştir (De Vuyst ve diğ., 1998; Degeest ve diğ., 2001).

Oliveira ve diğ. (2002) laktik içeceklerde EPS ürettiği Mozzi ve diğ.(1995) tarafından bildirilen *Lactobacillus rhamnosus* (LC35) içeren örneğin diğer örneklerle göre daha yüksek görünen viskozite değeri, daha yüksek kıvam indeksi, daha düşük akış davranış indeksine sahip olduğu, daha yüksek tiksotropi gösterdiği ve bu sonuçların EPS üretiminden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

Ekzopolisakkaritlerin düşük verimle üretilmeleri ve parçalanma hızlarının yüksek olması, endüstriyel üretici için önemli dar boğazlar olduğu bildirilmiştir (De Vuyst ve diğ., 2001).

Degeest ve diğ. (2002) MRS besiyeri ortamına ayrı ayrı riboz, α -D- glukoz 1-fosfat, arjinin ve aspartik asit ilave edilmesinin *Streptococcus thermophilus* LY03 tarafından üretilen EPS miktarında bir artış olmadığını saptamışlardır. pH'nın 6.2'den 3.0'e düşürülmesiyle ve düşük pH'da 3 saat tutulması sonrasında yüksek molekül ağırlıklı EPS miktarının kontrole göre daha yüksek, düşük molekül ağırlıklı EPS miktarının kontrole göre daha düşük olduğunu saptamışlardır. Bu durumu kontrolde EPS degradasyonun olmasına bağlamışlardır. Başka bir çalışmada ise sıcaklık 42°C'den 90°C'ye çıkarılmış, bu sıcaklıkta yüksek ve düşük ağırlıklı EPS miktarı düşük pH'dakine benzer sonuç vermiştir. Sonuç olarak düşük pH ve yüksek sıcaklık uygulamasının EPS parçalanmasını engellediği bulunmuştur. Aynı çalışmada EPS degradasyonunun enzimatik olarak gerçekleştiği belirtilmektedir. Cerning ve diğ. (1988)'ne göre EPS parçalanması bir enzimle (büyük olasılıkla glikohidrolaz enzimi)

ile gerçekleşmektedir. Benzer şekilde Degeest ve diğ. (2001), LAB tarafından sentezlenen heteropolisakkaritlerin parçalanmasının sıklıkla glikohidrolaz aktivitesine bağlı olarak gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

2.4.2. İnkübasyon sıcaklığı

Yoğurdun kalitesinin kısmen inkübasyon sıcaklığı tarafından kontrol edilen asitlik gelişim hızına bağlı olduğu Driessen (1984) tarafından bildirilmiştir.

Shaker ve diğ. (2001) yaptıkları çalışmada yoğurtta viskozite ölçümünü rotasyonel viskometre ile 60 rpm sabit dönme hızında gerçekleştirmişlerdir. İnkübasyon 40, 45 ve 48°C olmak üzere üç farklı sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. İnkübasyon sıcaklığının değiştirilmesi asitlik gelişimini olduğu kadar viskoziteyi de etkilemiştir. Minimum viskozite 40°C'de , maksimum viskozite 48°C'de gözlenmiştir. Asitlik gelişimi boyunca sütü yüksek sıcaklıkta inkübasyona bırakmanın, protein yapısını zincir polipeptid yapısına dönüştüren önemli bir konformasyonel değişikliğe sebep olabileceği sonucuna varılmıştır. Oluşan bu yapının güçlü S-S çapraz bağlarını oluşturmak üzere katlanmış olduğu bildirilmiştir. Ostwald-de Waale modeli kullanılarak modelleme yapılmıştır. İnkübasyon sıcaklığının artırılması akış davranış indeksini azaltmış (Newtonyen davranıştan sapma artmış), kıvam katsayısını artırmıştır.

Schellhaass ve Morris (1985) asit süt jelinde EPS üreten ve üretmeyen iki farklı kültürle, üç farklı inkübasyon sıcaklığında (32, 37 ve 45°C) çalışmışlardır. Her iki tip kültür kullanıldığında da inkübasyon sıcaklığı arttıkça serum ayrılmasının arttığını bulmuşlardır. EPS üreten ve üretmeyen kültürle elde edilen jelin viskozitesi sıcaklık arttıkça artmıştır. En düşük viskozite 32°C'de, en yüksek viskozite 45°C'de gözlenmiştir.

Skriver ve diğ. (1993) tarafından yapılan çalışmada Bohlin VOR Reometre kullanılmış ve 29.22 s⁻¹- 920.7 s⁻¹ kayma hızı aralığında çalışılmıştır. Biri ekzopolisakkarit üreten dört farklı kültürle çalışılmıştır. EPS üreten kültürle üretilen karıştırılmış yoğurtta 200 s⁻¹ kayma hızına kadar kayma geriliminde hızlı bir artış gözlenmiştir. Bu durum EPS bağlarının bu kayma hızına kadar oldukça dirençli olmasına bağlanmıştır. Daha yüksek kayma hızlarında (200 s⁻¹- 400 s⁻¹) eğrinin eğimi azalmış, bu da polisakkarit bağlarının koptuğunu (kırıldığını) göstermiştir. Benzer sonuçlar Tegatz ve Morris (1990) tarafından da bildirilmiştir. EPS üreten kültürle

32 ve 43°C de yapılan inkübasyonlar sonucu 700 s⁻¹ kayma hızı değerine kadar 43°C' de elde edilen yoğurt daha yüksek kayma gerilimi değerleri vermiştir. Eğriler karşılaştırıldığında kayma gerilimi arasındaki en büyük fark 200 s⁻¹ kayma hızı değerinde ortaya çıkmıştır. Bu da EPS üreten yoğurt kültürünün 43°C'de daha fazla bağ ürettiğini göstermiştir. Kayma hızı arttıkça kayma gerilimi arasındaki fark azalmaktadır. 700 s⁻¹ kayma hızı değerinde bu iki farklı akış eğrisi kesişmiştir. Benzer sonuçlar Schellhaass ve Morris (1985) tarafından da bildirilmiştir.

Cho-Ah-Ying ve diğ. (1990) inkübasyon sıcaklığının yoğurdun fizikokimyasal ve duyu kalitesi üzerine etkileri konusunda çalışmışlardır. Viskozite, asitlik ve aromanın inkübasyon sıcaklığından etkilenmediğini bildirmişlerdir.

Haque ve diğ. (2001) 37°C–46°C aralığında fermentasyon sıcaklığının yoğurt reolojisi üzerine etkisi üzerine yaptıkları çalışmada, fermentasyon sıcaklığının artırılmasının, pH düşüşü ve yapı oluşumunu, jelleşme pH'sını ve viskozitesini artırdığını bildirmişlerdir.

Bouzar ve diğ. (1997) asidifikasyon hızının starter kültürün miktarı ve tipine ve inkübasyon sıcaklığına bağlı olduğunu, asidifikasyon hızının aynı zamanda kazein ağının özelliklerini belirlediğini belirtmiştir.

2.4.3. Son inkübasyon pH'sı

Beal ve diğ., 1999, dört faktörlü deneysel plan kullanarak bir çalışma yapmışlardır. Birinci faktör kullanılan kültür tipidir. Kültür olarak *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* ile birlikte EPS üretme özelliği gösteren (R) ve asidifikasyon etkisi gösteren (A) iki farklı *Streptococcus thermophilus* suşu kullanılmıştır. *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* % 50 oranında sabit tutulmuş, bunun yanında *Streptococcus thermophilus* için A/R oranı 25/25, 0/50, 50/0 olarak değiştirilmiştir. İkinci faktör inkübasyon sıcaklığıdır. Üç farklı inkübasyon sıcaklığı 39, 42 ve 45°C kullanılmıştır. Üçüncü faktör son fermentasyon pH'sıdır. Son fermentasyon pH'sı 4.4 ve 4.8 olacak şekilde fermentasyonlar sona erdirilmiştir. Dördüncü faktör depolama süresidir. Farklı depolama süresi (1, 7 ve 21. günlerde) sonunda ürünler analiz edilmiştir. Asidifikasyon hızı, mikroorganizma sayımı, postasidifikasyon ve viskozite ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Suş oranı, sıcaklık ve son pH viskozite üzerinde önemli etkide bulunmuştur. pH'ın bu etkisi pH 4.4 ve 4.8'deki asit koagülasyonu veya bu iki farklı pH'ta EPS üretimi arasındaki farkla açıklanabileceği söylenmiştir. Aynı zamanda

EPS'nin kazeinle interaksiyonunun da gözönüne alınması gerektiği bildirilmiştir. Sonuç olarak uygun kültür koşulları seçimi ile istenen yapıda yoğurt elde edilebileceği, yoğurt viskozitesinin tüm faktörlerden etkilendiği, düşük fermentasyon sıcaklığı ve düşük son pH'nın en viskoz ürünü verdiği ve uzun fermentasyon süresinin yapı gelişiminde olumlu etkide bulunduğu bildirilmiştir.

Schkoda ve diğ. (1999), asit süt jellerinde, pH'nın 4.6'dan 3.5'e düşürülmesi ile kazein molekülleri üzerindeki yüklerin azaldığını, moleküller arası çekimlerin azaldığını, viskozitenin arttığını ve serum tutma kapasitesinin arttığını bildirmiştir. Kazein misellerinin iç yapıları üzerinde olduğu kadar birleşmeleri üzerinde de pH etkisi olduğu bildirilmiştir. Farklı pH daki yapılar karşılaştırıldığında pH 4.6'da sıkı jel parçaları bulunduğu ve bunu da düşük su tutma kapasitesi ve düşük viskoziteye sebep olduğu bildirilmiştir. Bu durumun birbirini iten kuvvetlerin minimum olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir. Süt izoelektrik noktadan daha düşük pH'lara asitlendirildiğinde, proteinler üzerindeki birbirini çeken kuvvetler azalmakta ve proteinler pozitif yüklü hale gelmekte olduğu bildirilmiştir ve pH 3.5'te jel parçaları daha az sıkı olduğu ve daha fazla su tuttuğu bildirilmiştir. Bu durumun pH 3.5'e asitlendirilen kazein jelinin daha yüksek viskoziteye sahip olmasına neden olduğu sonucuna varılmıştır.

Hassan ve diğ. (1996) kapsül üreten kültür kullanarak yaptıkları çalışmada pH'nın 4.8'den 4.2'ye düşürülmesi durumunda yoğurtta yapının değiştiğini bildirmişlerdir. pH 4.8'den 4.2'ye düşmesi durumunda kıvam indeksi 2.74'ten 11.93'e yükselmiş, akış davranış indeksi ise 0.44'ten 0.20'ye düşmüştür. İzoelektrik noktasında kapsüllü bakteriler tarafından üretilen yoğurt büyük gözenekli bir yapıya sahip bulunmuştur. Bu gözenekli yapının düşük kıvam indeksine neden olabileceği belirtilmiştir. Aynı çalışmada pH izoelektrik noktasından aşağıya düşürüldüğünde bakteri hücreleri etrafında kazeinlerin yeniden düzenlendiği gözlemlenmiştir. Bu yeniden düzenlenme düşük pH'da yüksek kıvam indeksine sahip sıkı bir yapı oluşumuna neden olmuştur. Elde edilen düşük pH'daki bu yapı kaymaya karşı daha duyarlı bulunmuştur (düşük akış davranış indeksine sahiptir).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmada ayran üretiminde kullanılan yağsız süt tozu, Pınar Süt Mamülleri Sanayii A.Ş. (İzmir)'den temin edilmiştir. Süt tozu kullanılmasının nedeni kullanılan süttten kaynaklanabilecek varyasyonu önlemek ve bu yolla tekrar edilebilirliği artırmaktır. Üretici firma tarafından bildirilen süt tozuna ait özellikler Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Üretici firma tarafından bildirilen süt tozunun ürün özellikleri

Nem (%)	4 (en fazla)
Yağ (%)	1.25 (en fazla)
Süt asidi (%)	0.15-0.18
pH	6.65±0.10

Kültür olarak ekzopolisakkarit üretmeyen *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* karışımı liyofilize yoğurt kültürü-DVS YC-350 (Chr. Hansen , Maysa, İstanbul) ve ekzopolisakkarit üreten liyofilize ayran kültürü-DVS YC-380 (Chr. Hansen, Maysa, İstanbul) kullanılmıştır. Üretici firma tarafından YC-350'nin düşük kıvam vereceği, ürüne orta derecede aroma kazandıracağı ve set yoğurt üretiminde kullanılmak için önerildiği, YC-380 kültürünün ise yüksek kıvam ve aroma sağlayan, karıştırılmış yoğurt ve ayran için önerilen bir kültür olduğu bildirilmiştir. Çalışmada ayrıca piyasadan temin edilen sterilize süt, pastörize edilmiş saf su (85°C / 30 dakika) ve pastörize edilmiş rafine sofrata tuzu çözeltisi (85°C / 30 dakika) kullanılmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Yağsız süt tozunun bileşiminin belirlenmesi

Kullanılan süt tozunda, nem tayini, asitlik derecesi (% laktik asit cinsinden), yağ miktarı ve çözünürlük analizleri yapılmıştır. Nem, asitlik ve yağ tayini TS 1329 Süt Tozu Standardı'na (Anonim, 1992), çözünürlük tayini ise Anonim (1990)'a göre gerçekleştirilmiştir. Süt tozunda yapılan analizlerde elde edilen sonuçlar Tablo 3.2'te verilmiştir.

Tablo 3.2. TS 1329 Süt Tozu Standardı'na göre ve kullanılan süt tozunda özellikler

Özellik	TS 1329	Ölçülen
Nem (%)	5 (en fazla)	5.30
Yağ (az yağlı tipte, %)	1.5 (en fazla)	0.15
Asitlik (% laktik asit)	0.17 (en fazla)	0.139
1 g'da bakteri sayısı	100.000 (en fazla)	-
Çözünürlük (%)	-	91.54

3.2.2. Analizi yapılan ayranların hazırlanması

Türk Gıda Kodeksi, Fermente Sütler Tebliği'nde ayranın bulunması gereken yağsız kuru madde oranının en az %6 olarak bildirilmiştir (Anon., 2001). Buna göre, ayranlar yağsız süttozu kullanılarak son üründe kuru madde oranı %6 olacak şekilde hazırlanmıştır. Gerekli miktardaki su üretim sırasında başlangıçta ve tuzlu su eklenmesi sırasında olmak üzere iki aşamada eklenmiştir. Süt tozu 40°C'deki suyla 20 dakika manyetik karıştırıcıda karıştırılmak suretiyle ağırlıkça %7.4 oranında sulandırılmıştır. Hazırlanan karışım su banyosunda 85°C'de 30 dakika süre ile pastörize edilmiş ve buzlu su içeren su banyosunda 40°C veya 43°C'ye soğutulmuştur. Kullanılan kapların ağzı, pastörizasyon sırasında buharlaşma yoluyla su kaybının olmaması için alüminyum folyo ile kapatılmıştır. Kültürlerin hazırlanması aşamasında, 0.12 gram YC-350 ve YC-380 kültürü piyasadan temin edilen 50 mL sterilize süte ilave edilmiş, üretici firmanın önerisi doğrultusunda 20 dakika süreyle manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Kültür içeren süten 8 mL alınarak 40°C veya 43°C'de bulunan 120 mL süt tozu-su karışımına ekim yapılmıştır.

İnkübasyon 40°C veya 43°C'ye ayarlı etüvde pH 4.3 veya 4.6'ya düşüncüye kadar sürdürülmüştür. İnkübasyonlar 40°C'de yaklaşık dört buçuk, 43°C'de ise yaklaşık dört saat sürmüştür. İnkübasyon bitiminde örnekler etüvden çıkarılarak buzlu su içeren su banyosunda kısa sürede soğutulmuştur. Elde edilen ayranlarda tuz konsantrasyonu % 1,2 olacak şekilde, 40 mL pastörize tuzlu su 120 mL fermente edilmiş süttozu-su karışımına ilave edilmiştir. Son olarak elde edilen karışımlar 9500 rpm hızda 30 saniye süreyle homojenize edilmiştir (Ultra Turrax, T25, Janke&Kankel GMBH Co, Almanya). Hazırlanan ayranlar 4°C'de depolanmış ve bir gün sonra reolojik özellikleri ölçülmüştür. Ayranlarda kuru madde ölçümleri sonucunda kuru madde içeriği %6,6 olarak saptanmıştır.

Kullanılan tüm mezür ve kavanozlar kullanımdan önce 100 ppm hipoklorit çözeltisinde 20 dakika süreyle bekletilmiştir.

3.2.3. 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., ve 10. günlerinde ölçülmüştür.

3.2.4. Reolojik özellikler

Bir gün önceden hazırlanan örneklerden homojen örnek elde edilmesi için manyetik karıştırıcıda düşük hızda 30 sn karıştırma yapılmıştır. Reolojik özellikler reometre (Haake Rotovisco RT20, Almanya) kullanılarak eşeksenli rotor ve haznedan oluşan silindirik sensör sistemi (Tablo 3.4) ile ölçülmüştür. Su banyosu kullanılarak haznenin etrafında bulunan ceketle su sirkülasyonu ile ayranların sıcaklığı 10±0,5 °C'de sabit tutulmuştur.

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

Hazırlanan ayranların reolojik ölçümleri termal dengenin sağlanması amacıyla 15 dakika beklendikten sonra yapılmıştır. Ölçümler, $10 \pm 0,5$ °C’de, $0.13-300$ sn⁻¹ kayma hızı aralığında, kayma hızı 5 dakika lineer olarak artırılarak ve 5 dakika lineer olarak azaltılarak yapılmıştır. Değişen kayma hızlarında kayma gerilimi ve 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 (Eşitlik 3.1) göre, lineer olmayan regresyon yöntemiyle, SPSS 10.0 istatistik yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır.

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

3.2.5. Ekzopolisakkarit miktarının ölçülmesi

Ekzopolisakkarit miktarının ölçülmesi De Vuyst ve diğ. (1998) ve Rawson ve Marshall (1997)’in ekzopolisakkarit saflaştırma ve miktar tayini metotları adapte edilerek gerçekleştirilmiştir.

Bunun için öncelikle 30 ml ayıranda bulunan proteinler, son konsantrasyon %12 olacak şekilde trikloroasetik asit (TCA) ilavesi ve ardından 4000 rpm’de 20 dakika santrifüj ile uzaklaştırılmıştır. Süpernatanttan 15 ml alınarak eşit hacimde (15 ml) etanol ilave edilmiş, 12 saat 4°C’de bekletildikten sonra 4000 rpm’de 20 dakika santrifüj ile ekzopolisakkaritler çöktürülmüştür. Üçüncü aşamada etanol uzaklaştırıldıktan sonra 5 ml su ilave edilmiş ve konsantrasyon %12 olacak şekilde TCA ilavesinden sonra 4000 rpm’de 20 dakika santrifüj ile kalıntı protein uzaklaştırılmıştır. Son aşamada eşit hacimde etanol ilave edilmiş ve aynı koşullarda santrifüj yapılmıştır. Üstteki sıvı atılarak, kalıntı kurutulmuş ve 4 ml su ilavesi ile ekzopolisakkarit çözeltisi elde edilmiştir. Örnekte kalabilecek laktozu uzaklaştırmak amacıyla örnek diyaliz membranına (Sigma, MA>12.000) alınmış ve diyaliz membranı saf suda 16 saat bekletilmiştir. Kullanılan saf su 12 saat sonunda yenilenmiştir. Fenol sülfürik asit yöntemi ile ekzopolisakkarit miktarı ölçülmüştür. Fenol sülfürik asit metodunda 1 ml ekzopolisakkarit içeren suya 1 ml %5’lik fenol çözeltisi, ardından 5 ml konsantre sülfürik asit çözeltisi hızlı bir şekilde ilave edilmiş, elde edilen turuncu renkli çözeltinin absorbans değeri 490 nm’de UV–spektroskopi (Philips, PU8625, İngiltere) kullanılarak ölçülmüştür. Glukoz kalibrasyon eğrisine göre hesaplama yapılmıştır.

3.2.6. Uzun fermentasyon süresi sonunda ekzopolisakkarit ölçümü

EPS üretimini artırmak amacıyla daha uzun inkübasyon süresi uygulanmıştır. Bu amaçla inkübasyon süresi sekiz saat olmak üzere YC-350 ve YC-380 kültürlerinin her birinden önceden anlatıldığı şekilde ikişer adet ayran hazırlanmış ve aynı gün bu ayranlardan EPS için gerekli miktar (30 ml) örnek alınarak yukarıda anlatıldığı gibi EPS ölçümü gerçekleştirilmiştir.

3.2.7. Asidifikasyon hızının belirlenmesi

Ayranlar YC-350 ve YC-380 kültürleri kullanılarak hazırlanmış ve her iki tür kültür için 40°C’de ve 43°C’de sekiz saat boyunca her saat başı pH metre (WTW, pH330i, Almanya) kullanılarak pH ölçümü yapılmıştır. Asidifikasyon hızı $\Delta\text{pH}/\Delta t$ olarak hesaplanmıştır.

3.2.8. İstatistiksel analiz

Deneyle üç faktörlü, iki seviyeli faktöriyel deney planına göre üç tekrarlı olarak yapılmıştır. Elde edilen çıkış eğrisi kayma gerilimi - kayma hızı verileri kullanılarak SPSS 10.00 yazılımı ile üslü yasa modeline göre modelleme yapılmış ve ayran örneklerinin kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi hesaplanmıştır. Çıkış iniş eğrileri arasındaki halka alanı reometre yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır. Faktörlerin ve interaksiyonlarının ayranın yapısal özelliklerine etkileri hesaplanmıştır. Ayranın üretim parametreleri olan kültür tipi, inkübasyon sıcaklığı ve pH'nın ayranın reolojik özelliklerine ve serum ayrılmasına olan etkileri iki seviyeli ve üç faktörlü istatistiksel deney planı kullanılarak belirlenmiştir (Montgomery, 1991).

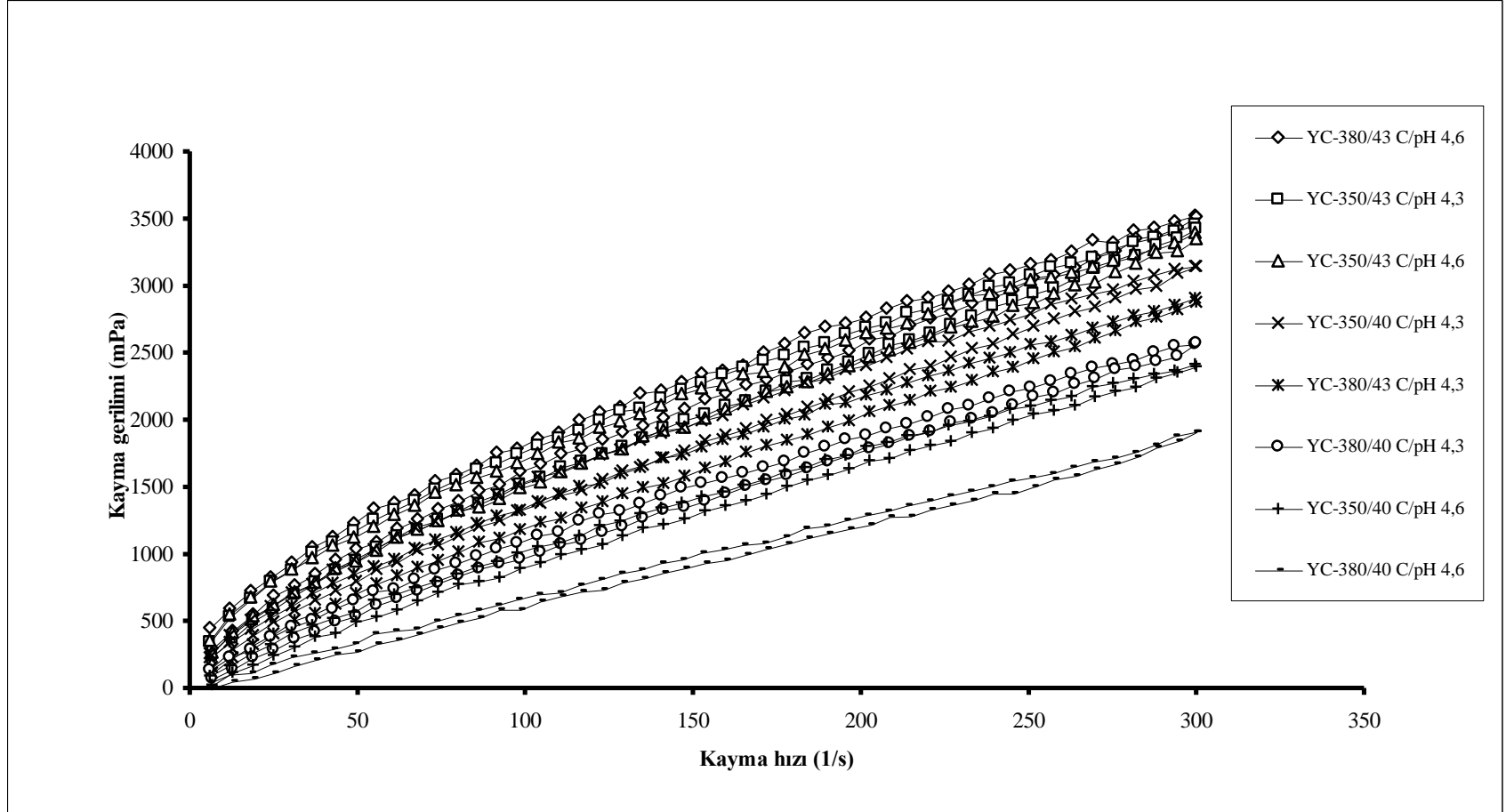
Kültürler arasındaki farkı açıklayabilmek amacı ile pH değerlerinin zamanla değişimine kültür tipi ve sıcaklığın etkisinin önemi iki yollu Anova ile incelenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

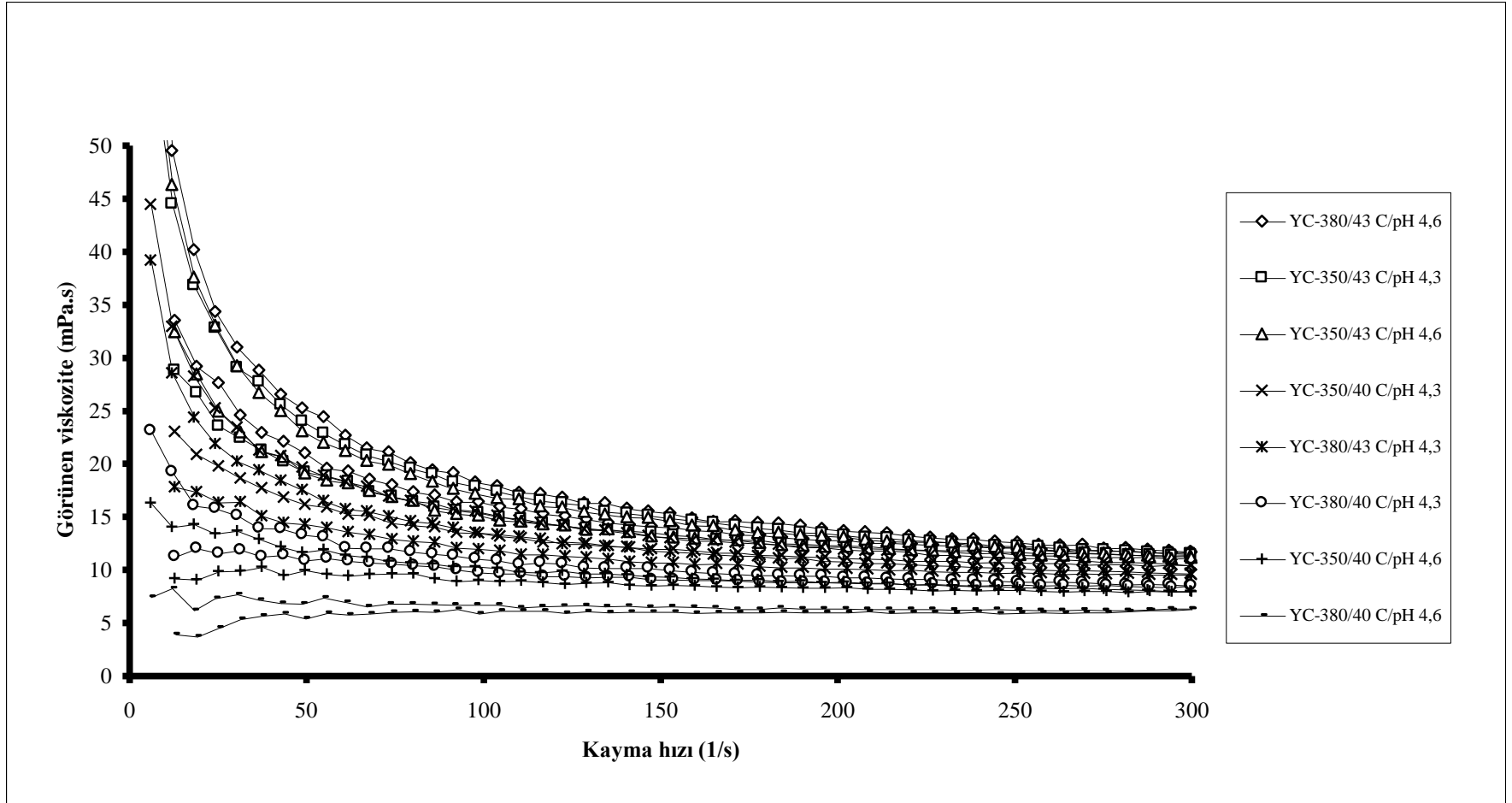
Farklı üretim parametreleri kombinasyonları kullanılarak elde edilen ayran örneklerinin farklı kayma hızlarındaki kayma gerilimi ve viskozite değerleri sırasıyla Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de gösterilmektedir.

Bu grafiklere göre ayran örneklerinde kayma hızı arttıkça kayma gerilimi artmakta ve viskozite azalmaktadır. Bu eğilim ayran örneklerinin kayma incelmesine sahip olduğunu göstermektedir. Benzer sonuçlar Köksoy ve Kılıç (2003) tarafından da bildirilmiştir. Artan ve azalan kayma hızlarında elde edilen çıkış ve iniş eğrileri arasında oluşan halka alanı ayranında tiksotropik davranışın olduğunu göstermektedir. Ayranında tüm üretim parametrelerinin kombinasyonlarında tiksotropik davranış gözlenmiştir. Artan kayma hızlarındaki kayma gerilimi değerleri kullanılarak üslü yasa modeline göre kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi hesaplanmıştır. Üslü yasa modeline ait korelasyon katsayısı değerleri 0,95’in üzerinde saptanmış ve bu modelin verilere uygunluğunu göstermiştir.

Bu grafiklerde görüldüğü gibi YC-350 / 43°C / pH 4,3 ve YC-350 / 43°C / pH 4,6 ve YC-380 / 43°C / pH 4,6 kombinasyonları kullanılarak üretilen ayranların en yüksek kayma gerilimi ve viskozite değerlerine sahiptir. En düşük kayma gerilimi ve viskozite değerleri ise YC-380 / 40°C / pH 4,6 kombinasyonu kullanılarak üretilen ayranında gözlenmiştir.



Şekil 4.1. Farklı üretim parametreleri kullanılarak üretilen ayranlarda kayma hızı ile kayma geriliminin değişimi.



Şekil 4.2. Farklı üretim parametreleri kullanılarak üretilen ayranlarda kayma hızı ile viskozitenin değişimi.

Bourne (2002) ağızdaki kayma hızının 50 s^{-1} olduğunu bildirmiştir. Bu kayma hızındaki viskozite değeri gıdanın tadının algılanmasında önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle, ayran örneklerinde görünen viskozitenin belirlenmesinde 50 s^{-1} çıkış eğrisinde kayma hızına en yakın olan 48 s^{-1} kayma hızındaki viskozite değerleri esas alınmıştır.

Farklı üretim parametreleri kombinasyonları kullanılarak elde edilen ayran örneklerinde reolojik özellikler ve serum ayrılması değerleri Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmış ve sonuçlar Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Farklı üretim parametrelerinde üretilen ayranların yapısal özellikleri¹

Kültür	Sıcaklık (°C)	pH	Görünen Viskozite¹ (mPa.s)	Kıvam Katsayısı (mPa.sⁿ)	Akış Davranış İndeksi	Halka Alanı (Pas⁻¹)	Serum Ayrılması (mL / 50 mL)
YC-350	40	4,3	16,7 ^b	74,4 ^c	0,659 ^c	43,9 ^c	19 ^{bc}
YC-350	40	4,6	8,7 ^d	27,8 ^e	0,790 ^b	28,9 ^d	23 ^a
YC-350	43	4,3	25,3 ^a	114,9 ^{ab}	0,596 ^d	57,3 ^a	16 ^c
YC-350	43	4,6	24,2 ^a	110,3 ^b	0,599 ^d	50,1 ^b	18 ^{bc}
YC-380	40	4,3	12,7 ^c	32,0 ^e	0,793 ^b	29,5 ^d	19 ^{bc}
YC-380	40	4,6	6,3 ^d	8,9 ^f	0,940 ^a	17,8 ^e	20 ^{ab}
YC-380	43	4,3	18,2 ^b	58,6 ^d	0,680 ^c	34,4 ^d	17 ^{bc}
YC-380	43	4,6	26,0 ^a	125,8 ^a	0,583 ^d	51,6 ^b	19 ^{bc}

¹: P<0,05

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır.

4.1. Ayranlara ait pH ve asitlik değerleri

Üretildikten bir gün sonra ayranların pH ve asitlik değerleri (% laktik asit cinsinden) ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.2’de verilmiştir. Üretimden bir gün sonra örneklerin pH’sı 0,1-0,4 aralığında düşüş göstermiştir. Kültürlerin soğukta saklama sırasında aktivitelerinin devam etmesi pH’nın düşmesine sebep olmuştur. Kültürlerin aktiviteleri pH düştükçe azalmakta ve kültürler kendilerini inaktive etmektedirler. Bu nedenle pH 4,6’da üretilen örneklerde pH 4,3’te üretilen örneklere göre daha fazla pH düşüşü gözlenmiştir.

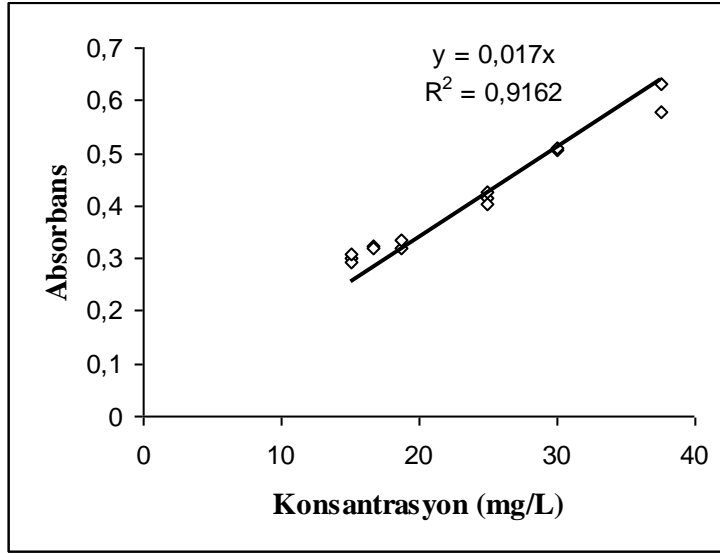
Tablo 4.2. Farklı üretim parametrelerinde üretilen ayranların üretimden bir gün sonra pH ve asitlik değerleri

Kültür	Sıcaklık (°C)	pH	pH	Asitlik (% Laktik Asit)
YC-350	40	4,3	4,24 ± 0,04	0,644 ± 0,062
YC-350	40	4,6	4,35 ± 0,09	0,634 ± 0,121
YC-350	43	4,3	4,18 ± 0,07	0,644 ± 0,066
YC-350	43	4,6	4,41 ± 0,14	0,555 ± 0,065
YC-380	40	4,3	4,12 ± 0,13	0,662 ± 0,070
YC-380	40	4,6	4,32 ± 0,14	0,638 ± 0,021
YC-380	43	4,3	4,15 ± 0,06	0,637 ± 0,102
YC-380	43	4,6	4,21 ± 0,06	0,639 ± 0,036

4.2. EPS miktarı

Kültürlerin EPS üretilip üretilmediğini belirlemek amacıyla ekzopolisakkaritler ayran örneklerinden ekstrakte edilip miktarları fenol sülfürik asit yöntemiyle belirlenmiştir. Ekstraksiyon sonunda EPS çökeltisi gözlenmemiş ancak çok düşük miktarda üretildiği varsayılarak miktar saptanmıştır. Elde edilen EPS miktarları literatürde EPS üreten kültürler için bildirilen değerlerden çok daha düşük bulunmuştur. De Vuyst ve diğ. (1998) *Streptococcus thermophilus* için 20-32 mg/L, Cerning ve diğ. (1988) ekzopolisakkarit üreten *Streptococcus thermophilus* için 54-147 mg/L, ekzopolisakkarit üreten *Streptococcus thermophilus* ve ekzopolisakkarit üretmeyen

Lactobacillus bulgaricus içeren kültürün 412 mg/L EPS ürettiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada en yüksek EPS konsantrasyonu 3,44 mg/L olarak bulunmuştur. Üretici firma ile yaptığımız görüşmelerde YC-350 kültürünün EPS üretmediği, YC-380 kültürünün kapsüllü ve kapsülsüz EPS ürettiği ancak düşük seviyelerde olduğu öğrenilmiştir (Jensen, 2003). EPS miktar tayininde kullanılan kalibrasyon doğrusu Şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.3. EPS miktar tayininde kullanılan kalibrasyon doğrusu.

YC-350 ve YC-380 kültürleri tarafından üretilen EPS miktarları Tablo 4.3’te verilmiştir. Üretici firmanın EPS üretmediğini bildirdiği YC-350 kültürünün de uygun koşullar sağlandığında EPS üretebildiği görülmüştür. YC-380 kültürünün ise düşük miktarlarda EPS ürettiği ortaya konmuştur. Ancak kültürlerin ürettiği EPS miktarı bir çok araştırmacı tarafından bildirildiği gibi farklı koşullarda değişebilir. Kılıç ve diğ. (2003) EPS üretmediği bildirilen kültürlerin de EPS üretebileceğini göstermiş ve bunu kültürlerin uygun koşullar bulduğunda EPS üretebileceği sonucuna bağlamıştır. Benzer olarak bazı araştırmacılar EPS veriminin ortam bileşimi, sıcaklık, pH, oksijen gerilimi ve inkübasyon süresine bağlı olduğunu bildirmişlerdir (De Vuyst et al., 1998, Degeest ve diğ, 2001.).

Tablo 4.3. Farklı üretim parametrelerinde üretilen ayranlardaki EPS miktarı

Kültür	Sıcaklık (°C)	pH	İnkübasyon Süresi (saat)	EPS (mg/L)
YC-350	40	4,6	4	1,92 ± 0,48
YC-350	40	4,3	4	3,44 ± 0,56
YC-380	40	4,6	4	1,92 ± 0,08
YC-380	40	4,3	4	2,36 ± 0,40
YC-350	40	3,9	8	1,76 ± 0,12
YC-350	40	3,9	8	1,88 ± 0,04
YC-380	40	3,9	8	1,24 ± 0,12
YC-380	40	3,9	8	1,16 ± 0,12

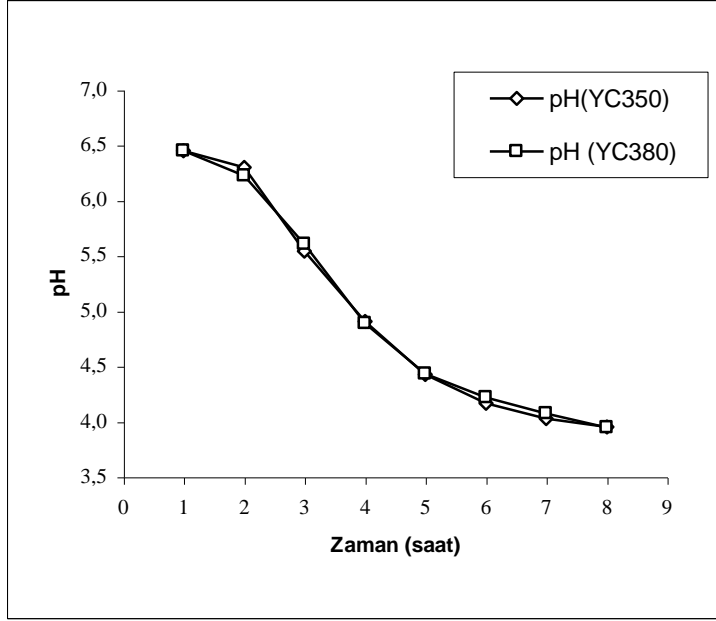
Degeest ve diğ., (2001) EPS veriminin inkübasyon süresine bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda kültürlerin EPS üretimini artırmak amacı ile *Streptococcus thermophilus* için EPS üretiminin maksimum olduğu bildirilen sekiz saatlik inkübasyon süresi uygulanmıştır (Degeest ve diğ., 2002). Ancak inkübasyon süresinin artırılması EPS miktarını artırmamıştır (Tablo 4.3). Bu sonuçlara dayanarak her iki kültürün de iz miktarda EPS ürettiği söylenebilir. Ayrıca EPS üreten YC-380 kültürünün kapsül EPS ürettiği ve bunun hücreler ve proteinlerle uzaklaştırıldığı da düşünülmektedir.

4.3. Asidifikasyon

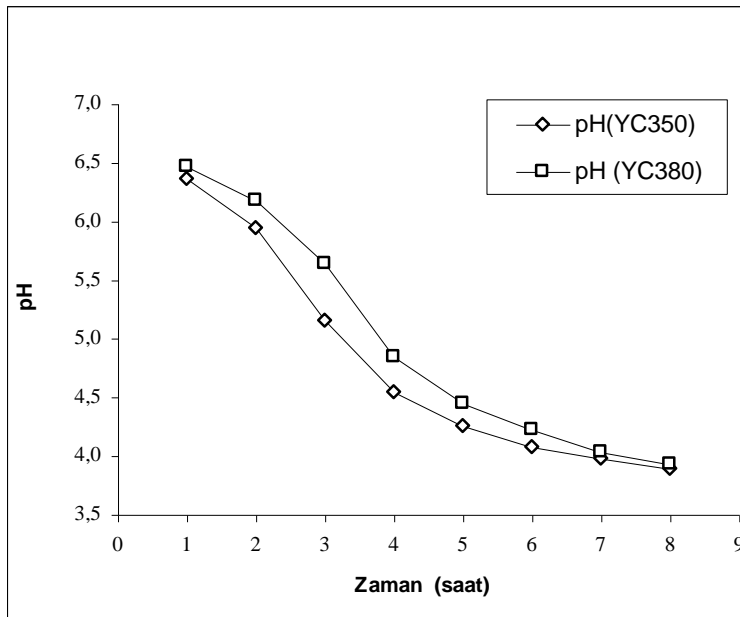
Deneylerde kullanılan iki kültürün (YC-350 ve YC-380) asidifikasyon hızlarının farklı olup olmadığını belirlemek amacıyla her iki tür kültürle hazırlanan örneklerin pH değerleri sekiz saat boyunca saat başında ölçülmüştür. 40°C’de yapılan çalışmada YC-350 ve YC-380 kültürleriyle hazırlanan örneklerin pH değerleri hemen hemen birbiriyle aynı olmakla birlikte 43°C’de yapılan çalışmada YC-350 kültürünün YC-380 kültürüne göre daha hızlı bir pH düşüşü gösterdiği gözlenmiştir.

Asidifikasyon hızı üzerine zaman, kültür ve sıcaklık faktörlerinin etkisini belirlemek amacıyla iki yollu Anova gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analiz sonunda kültür, sıcaklık ve zaman faktörlerinin pH üzerine etkisi önemli bulunmuştur (P<0,001).

Kültür-sıcaklık interaksiyonunun pH üzerine etkisi de önemli bulunmuştur. YC-350 kültürü sıcaklık değişiminden daha fazla etkilenmiş, sıcaklık arttıkça pH düşüşü artmıştır. Shaker ve diğ. (2001) 40°C, 45°C ve 48°C inkübasyon sıcaklığında çalışmışlar ve inkübasyon sıcaklığının asitlik gelişimi üzerinde etkili olduğunu bildirmişlerdir. İnkübasyon sıcaklığı 40°C iken sekiz saat süresince gözlenen pH değerleri Şekil 4.4’de ve inkübasyon sıcaklığı 43°C iken sekiz saat süresince gözlenen pH değerleri Şekil 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.4. İnkübasyon sıcaklığı 40°C iken elde edilen pH değerleri



Şekil 4.5. İnkübasyon sıcaklığı 43°C iken elde edilen pH değerleri

Üretici firmanın verdiği bilgiye göre dört saat sonunda YC-350 kültürü ile pH 4,50-4,80, YC-380 kültürü ile 4,60-4,95 değerlerine ulaşılmaktadır. Farklı inkübasyon sıcaklığında gerçekleştirilen YC-350 ve YC-380 kültürlerine ait asidifikasyon hızları Tablo 4.4’de verilmiştir. Gerçekleştirilen inkübasyonlar sonucu maksimum asidifikasyon hızı 43°C’de beşinci saatte, 40°C’de dördüncü saatte gerçekleşmiştir.

Tablo 4.4. 40°C ve 43°C’de gerçekleştirilen YC-350 ve YC-380 kültürlerine ait asidifikasyon hızı.

Saat	Asidifikasyon hızı ($\Delta\text{pH}/ \Delta t$)			
	43°C		40°C	
	YC-350	YC-380	YC-350	YC-380
1	0,211	0,208	0,297	0,196
2	0,182	0,217	0,358	0,241
3	0,372	0,352	0,502	0,341
4	0,439	0,444	0,530	0,454
5	0,447	0,446	0,481	0,443
6	0,416	0,408	0,431	0,406
7	0,377	0,370	0,383	0,375
8	0,339	0,339	0,346	0,341

4.4. Üretim parametrelerinin yapısal özellikler üzerine etkileri

İstatistiksel analiz sonucu elde edilen üç faktör (kültür, sıcaklık ve pH) ve bunların interaksiyonlarının yapısal özellikler üzerine etkileri ve p değerleri Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5. Üretim parametrelerinin yağsız ayranın yapısal özelliklerine etkileri ve P değerleri

Faktörler	Viskozite		Kıvam Katsayısı		Akış Davranış İndeksi		Halka Alanı		Serum Ayrılması	
	Etki	P Değeri	Etki	P Değeri	Etki	P Değeri	Etki	P Değeri	Etki	P Değeri
Kültür	-2,9	< 0,001	-25,5	< 0,001	0,088	< 0,001	-11,7	< 0,001	-0,250	0,075
Sıcaklık	12,3	< 0,001	66,7	< 0,001	-0,181	< 0,001	18,3	< 0,001	-2,750	0,003
pH	-1,9	0,006	-1,8	0,581	0,020	< 0,001	4,21	0,006	1,083	0,013
Kültür - Sıcaklık	0,3	0,687	5,1	0,123	-0,054	< 0,001	1,02	0,449	2,250	0,192
Kültür - pH	2,7	< 0,001	23,8	< 0,001	-0,044	0,023	-6,91	< 0,001	-0,916	0,266
Sıcaklık - pH	5,3	< 0,001	33,1	< 0,001	0,027	< 0,001	-9,17	< 0,001	-0,417	0,607
Kültür – Sıcaklık - pH	1,8	0,008	12,1	0,001	0,094	0,003	-5,28	0,001	0,750	0,360

4.5. Üretim parametreleri ve interaksiyonlarının viskozite üzerine etkisi

Viskozite üzerinde önemli etkide bulunan faktör ve interaksiyonları kültür, sıcaklık, pH, kültür-pH interaksiyonu, sıcaklık-pH interaksiyonu ve kültür-sıcaklık-pH interaksiyonudur (Tablo 4.5). Kültür-sıcaklık interaksiyonu viskozite üzerinde önemli etkide bulunmamıştır (Tablo 4.5). Faktörlerin etkileri yanında interaksiyonların da etkileri önemli bulunduğundan faktörlerin etkilerinin beraber düşünülmesi gerekir. Viskozite üzerine üretim parametrelerinin ve interaksiyonlarının etkisi Şekil 4.6'da verilmiştir.

YC-350 kültürü kullanımıyla elde edilen ayranların viskozite değerleri, YC-380 kültürü kullanımıyla elde edilen ayranların viskozite değerlerinden daha yüksektir (Şekil 4.6.a). Literatürde kültürlerin farklı viskozite değerleri vermeleri EPS üretimleriyle açıklanmıştır. Wachter-Rodarte ve diğ. (1993), Schellhaass ve Morris (1985), Cerning ve diğ., EPS üreten kültürlerin fermente sütlerde viskoziteyi artırdığını bildirmişlerdir. Rawson ve Marshall (1997) EPS üreten kültürlerin EPS üretmeyen kültürlere göre viskoziteyi daha fazla artırdığını bildirmiştir. Üretici firmanın verdiği bilgiye göre YC-350 kültürü düşük, YC-380 kültürü ise yüksek kıvam sağlamaktadır. Üretici firmayla yaptığımız görüşmelerde YC-350 kültürünün EPS üretmediği, YC-380 kültürünün kapsüllü ve kapsülsüz EPS ürettiği ancak çok düşük seviyelerde olduğu öğrenilmiştir (Jensen, 2003). Yapılan ölçümlerde her iki kültürün EPS üretimlerinin düşük olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.3).

Yüksek sıcaklıkta daha yüksek viskozite değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.6.b). Shaker ve diğ. (2001), yoğurta üç farklı inkübasyon sıcaklığı (40, 45 ve 48°C) kullanıldığında inkübasyon sıcaklığının artmasıyla viskozitenin arttığını bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar tarafından asitlik gelişimi boyunca sütü yüksek sıcaklıkta inkübasyona bırakmanın, protein yapısını zincir polipeptid yapısına dönüştüren önemli bir konformasyonel değişikliğe sebep olabileceği ve oluşan bu yapının güçlü S-S çapraz bağlarını oluşturmak üzere katlandığı bildirilmiştir.

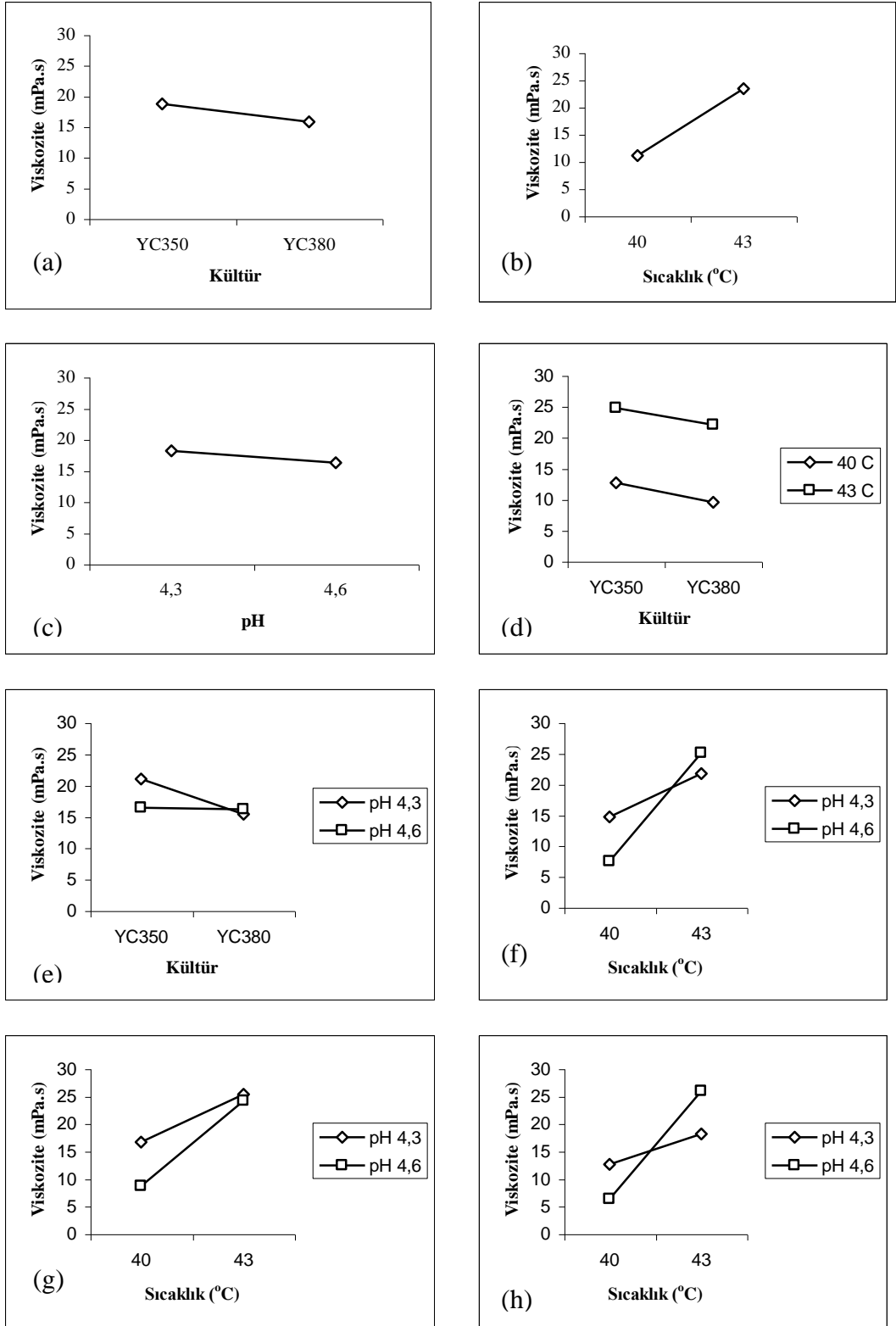
Schellhaass ve Morris (1985) üç farklı inkübasyon sıcaklığında (32, 37 ve 45°C) yaptıkları çalışmada sıcaklık arttıkça viskozitenin arttığını saptamışlardır. Haque ve diğ. (2001) 37°C–46°C aralığında inkübasyon sıcaklığının yoğurt reolojisi üzerine etkisi konusunda yaptıkları çalışmada, inkübasyon sıcaklığının artırılmasının viskoziteyi artırdığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Skriver ve diğ. (1993)

fermentasyon sıcaklığı arttıkça kayma geriliminin arttığını gözlemlemiştir. Beal ve diğ. (1999) karıştırılmış yoğurttta üç farklı inkübasyon sıcaklığında (39, 42 ve 45°C) çalışmışlar ve inkübasyon sıcaklığının viskozite üzerinde önemli etkisi olduğunu belirtmişlerdir ($P<0,001$). Aynı araştırmacılar düşük fermentasyon sıcaklığının en viskoz ürünü vereceğini, bunun jelin yapısıyla, polisakkaritlerin konsantrasyonları ve polisakkaritlerin yapısıyla veya EPS ile proteinlerin farklı sıcaklıkta farklı etkileşimleri ile açıklanabileceğini ileri sürmüşlerdir. Cho-Ah-Ying ve diğ. (1990) ise inkübasyon sıcaklığının viskozite üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını bildirmiştir.

Viskozite düşük pH'da daha yüksek değer almıştır (Şekil 4.6.c). Benzer şekilde Beal ve diğ. (1999) karıştırılmış yoğurttta pH'nın viskozite üzerinde önemli etkisi olduğunu ($P<0,001$), düşük pH'nın daha viskoz ürünü vereceğini bildirmiştir.

Kültür-sıcaklık interaksiyonunun viskozite üzerine etkisi yoktur (Tablo 4.6.d). Benzer şekilde Skriver ve diğ. (1993) karıştırılmış yoğurttta fermentasyon sıcaklığı ve kültür interaksiyonunun önemli olmadığını bildirmişlerdir. YC-380 kültürü kullanıldığı durumda pH'nın viskozite üzerine etkisi azalmaktadır (Şekil 4.6.e). Sıcaklık artışıyla pH'nın viskozite üzerine etkisi azalma göstermiştir (Şekil 4.6.f). Sıcaklık 40°C olduğunda pH 4,3'te daha yüksek viskozite gözlenirken, sıcaklık 43°C'ye yükseldiğinde pH 4,6'da daha yüksek viskozite gözlenmiştir. Beal ve diğ. (1999) sıcaklık-kültür interaksiyonu ($P<0,001$), kültür-pH interaksiyonu ($P<0,001$), sıcaklık-pH interaksiyonunun ($P<0,05$) karıştırılmış yoğurt viskozitesine önemli etkide bulunduğunu bildirmiştir.

Sıcaklık 43°C ve pH 4,3 olduğunda ve YC-350 kültürü kullanıldığında yüksek viskoziteye ulaşılmaktadır. Bunun yanında YC-350 kültürü için 43°C ve pH 4,6'da yüksek viskozite sağlamaktadır. YC-380 kültürü kullanıldığında en iyi sıcaklık-pH kombinasyonu 43°C ve pH 4,6'dır. Bu durumda sıcaklığın 43°C olması viskoziteyi artırıcı etki gösterirken pH'nın etkisi kültüre göre değişebilmektedir.



Şekil 4.6. Ayıranda üretim parametrelerinin viskozite üzerine etkisi.

(a): kùltür, (b): sıcaklık, (c): pH, (d): kùltür-sıcaklık, (e): kùltür-pH, (f): sıcaklık-pH, (g): YC-350 kùltürü kullanıldığında sıcaklık-pH, (h): YC-380 kùltürü kullanıldığında sıcaklık-pH etkisi.

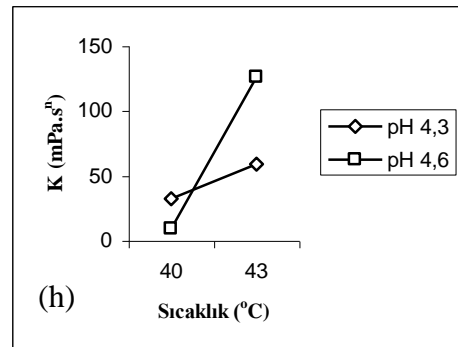
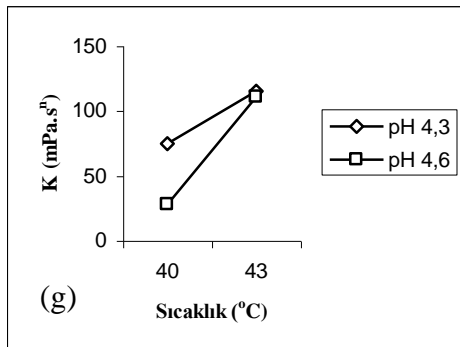
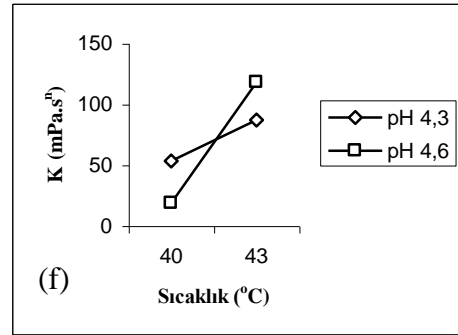
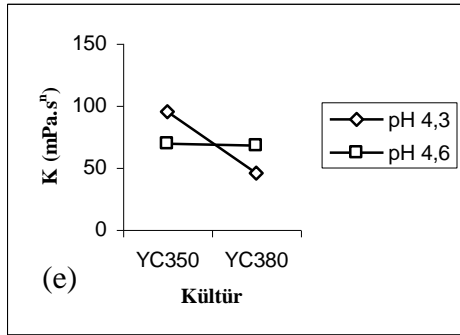
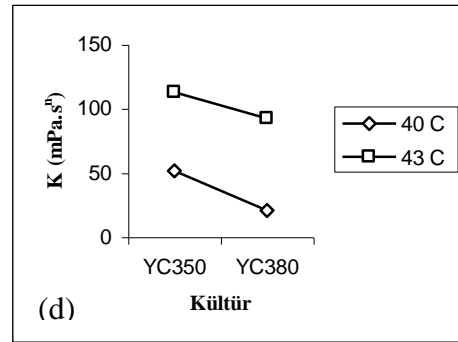
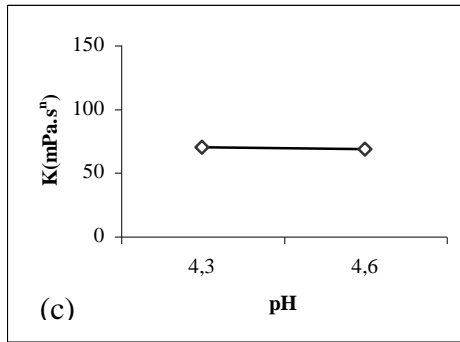
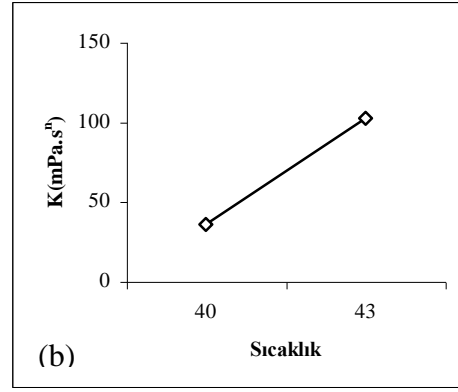
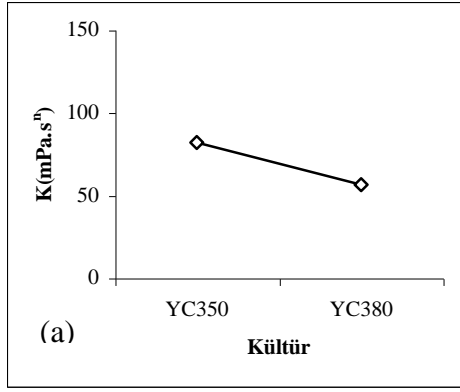
4.6. Üretim parametreleri ve interaksiyonlarının kıvam katsayısı üzerine etkisi

Kültür, sıcaklık, kültür-pH interaksiyonu, sıcaklık-pH interaksiyonu kıvam katsayısını etkileyen faktör ve interaksiyonlardır (Tablo 4.5). Kültür-sıcaklık interaksiyonu ve pH faktörü kıvam katsayısını etkilememiştir (Tablo 4.5). YC-350 kültürü, YC-380 kültürü kullanımıyla karşılaştırıldığında daha yüksek kıvam katsayısı vermiştir (Şekil 4.7.a).

Yüksek sıcaklıkta daha yüksek kıvam katsayısı elde edilmiştir (Şekil 4.7.b). Benzer sonuçlar Schellhaass ve Morris (1985) tarafından bildirilmiştir. Schellhaass ve Morris (1985) *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus*'un EPS üreten ve üretmeyen suşlarıyla farklı inkübasyon sıcaklıklarında (32°C, 37°C ve 45°C) çalışmışlardır. EPS üreten ve üretmeyen kültürlerde inkübasyon sıcaklığı arttıkça kıvam katsayısının arttığı gözlenmiştir. Schellhaass ve Morris (1985) düşük sıcaklıkta EPS üreten kültürlerin EPS üretmeyen kültürlerle göre daha düşük kıvam katsayısına sahip olduğunu bildirmişlerdir. En yüksek inkübasyon sıcaklığında fermente edilen EPS üreten kültürün en yüksek kıvam katsayısına sahip olduğu aynı çalışmada bildirilmiştir (Schellhaass ve Morris, 1985).

Kıvam katsayısını etkilemeyen faktör pH'tır (Şekil 4.7.c). Hassan ve diğ. (1996) kapsül üreten kültürle pH'nın 4.8'den 4.2'ye düşmesi durumunda kıvam katsayısının 2.74'ten 11.93'e yükseldiğini bildirmiştir.

Kültür-sıcaklık interaksiyonu kıvam katsayısını etkilememiştir (Tablo 4.7.d). Kıvam katsayısı pH'nın 4,6 olduğu durumda kültür değişiminden fazla etkilenmezken, pH 4,3 olduğu durumda YC-350 için yüksek kıvam katsayısı, YC- 380 için düşük kıvam katsayısı gözlenmiştir (Şekil 4.7.e). Sıcaklık düşükken (40°C) pH'nın 4,3 olduğu örnek daha yüksek kıvam katsayısı değerine sahipken, sıcaklık arttığında (43°C) pH'nın 4,6 olduğu örnek daha yüksek kıvam katsayısı değerine sahip olmaktadır. (Şekil 4.7.f).



Şekil 4.7. Ayranda üretim parametrelerinin kıvam katsayısı üzerine etkisi.

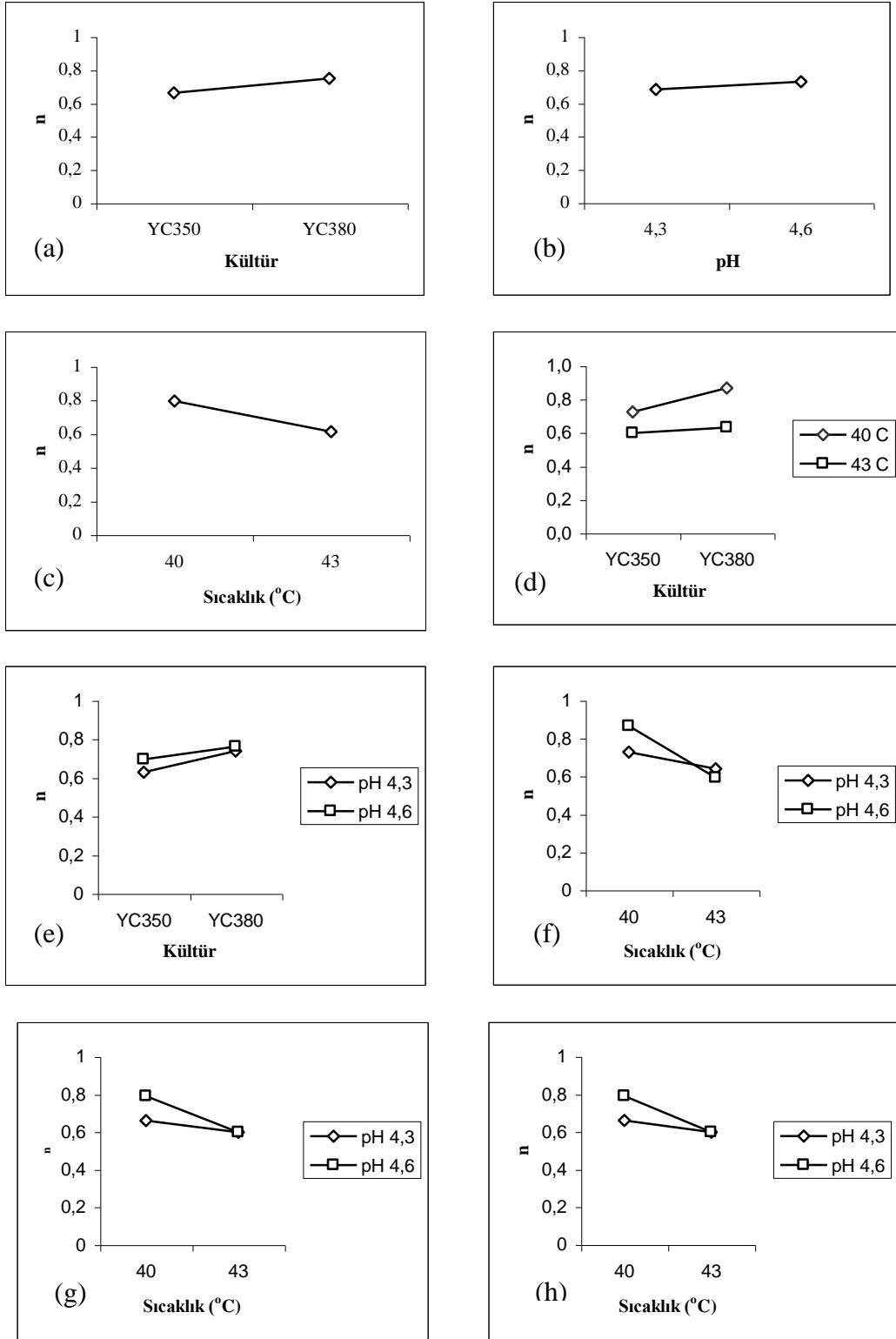
(a): kültür, (b): sıcaklık, (c): pH, (d): kültür-sıcaklık, (e): kültür-pH, (f): sıcaklık-pH, (g): YC-350 kültürü kullanıldığında sıcaklık-pH, (h): YC-380 kültürü kullanıldığında sıcaklık-pH etkisi.

4.7. Üretim parametreleri ve interaksiyonlarının akış davranış indeksi üzerine etkisi

Bütün faktör ve interaksiyonları akış davranış indeksi üzerinde önemli etkiye sahiptir (Tablo 4.3). YC-380 kullanılan örneklere ait akış davranış indeksi değerleri, YC-350 kullanılan örneklere ait akış davranış indeksi değerlerinden daha yüksektir (Şekil 4.8.a). Sıcaklık arttıkça akış davranış indeksinde azalma gözlenmiştir (Şekil 4.8.b).

Yüksek pH'da daha büyük akış davranış indeksi değeri elde edilmiştir (Şekil 4.8.c). Benzer olarak Hassan ve diğ. (1996) yüksek pH'da daha yüksek akış davranış indeksi gözlemlediklerini bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar akış davranış indeksini pH 4,8'de 0,44, pH 4,2'de 0,20 olarak saptamışlardır.

YC-350 kültürü kullanıldığı durumda sıcaklığın akış davranış indeksi üzerine etkisi, YC-380 kültürü kullanıldığı duruma göre daha azdır (Şekil 4.8.d). Akış davranış indeksi pH değişiminden YC-350 kültürü kullanıldığı durumda YC-380 kültürü kullanıldığı duruma göre daha fazla etkilenmektedir (Şekil 4.8.e). Sıcaklık 40°C'den 43°C'ye yükseldiğinde pH'nın akış davranış indeksi üzerindeki etkisi azalmıştır. Sıcaklık 40°C iken pH'sı 4,6 olan örnekler daha yüksek akış davranış indeksine sahipken sıcaklık 43°C'ye yükseldiğinde pH'sı 4,3 olan örnekler yüksek akış davranış indeksine sahiptir (Şekil 4.8.f).



Şekil 4.8. Ayrılanda üretim parametrelerinin akış davranış indeksi üzerine etkisi.

(a): kültür, (b): sıcaklık, (c): pH, (d): kültür-sıcaklık, (e): kültür-pH, (f): sıcaklık-pH, (g): YC-350 kültürü kullanıldığında sıcaklık-pH, (h): YC-380 kültürü kullanıldığında sıcaklık-pH etkisi.

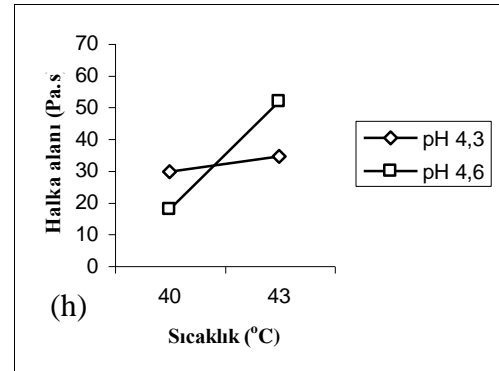
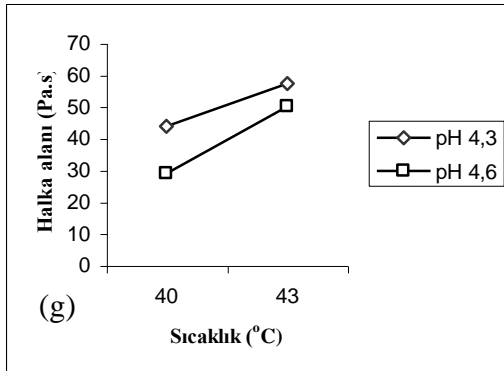
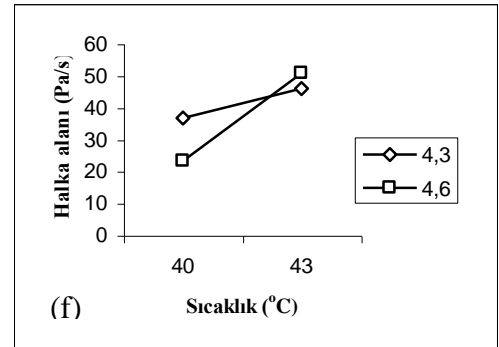
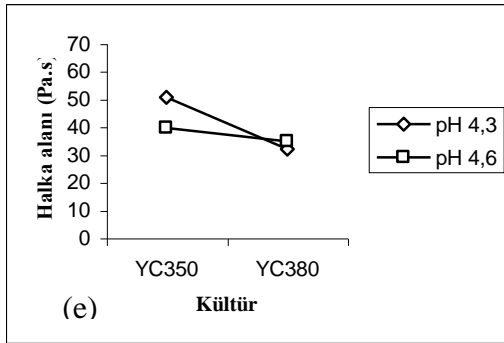
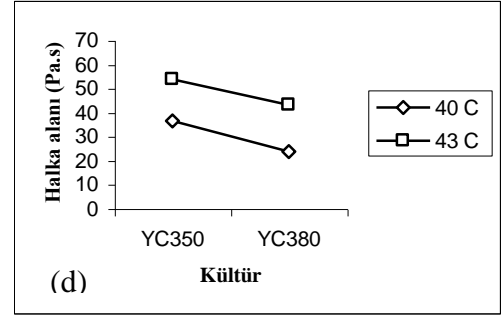
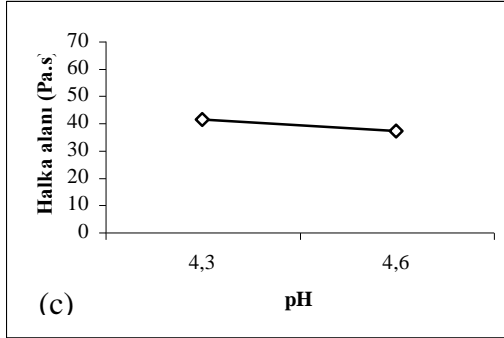
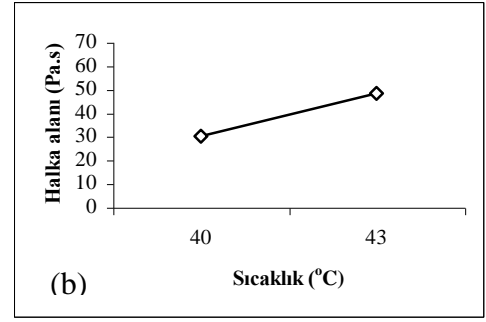
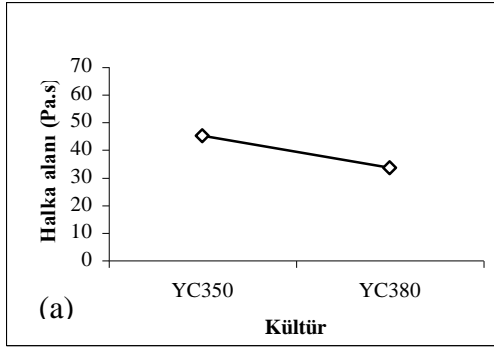
4.8. Üretim parametreleri ve interaksiyonlarının halka alanı üzerine etkisi

Kültür, sıcaklık, pH, kültür-pH, sıcaklık-pH ve kültür-sıcaklık-pH faktör ve interaksiyonları halka alanı üzerinde önemli etkiye sahiptir (Tablo 4.5). YC-350 ile üretilmiş ayranlardan elde edilen halka alanı değerleri YC-380 kullanılan ayranlara göre daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.9.a). Sıcaklık arttıkça daha yüksek halka alanı değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.9.b). Son ürün pH'sı arttıkça halka alanı artmıştır (Şekil 4.9.c).

YC-350 kültürü ile elde edilen ayranların halka alanı, YC-380 ile üretilen ayranların halka alanına göre pH'tan daha fazla etkilenmektedir (Şekil 4.9.e). Yüksek sıcaklıkta pH'nın halka alanı üzerindeki etkisi daha azdır. Halka alanı pH 4,6'da sıcaklık değişiminden çok fazla etkilenirken pH 4,3'de sıcaklık değişiminden çok fazla etkilenmemektedir (Şekil 4.9.f).

Bu çalışmada kullanılan kültürlerle elde edilen halka alanı değerleri literatürde EPS üreten kültürlerle elde edilen halka alanı değerlerinden daha düşük bulunmuştur. Ayrıca Skriver ve diğ. (1993) ve Teggatz ve Morris (1990) EPS üreten kültürle elde ettikleri yoğurtlarda 200 s^{-1} 'e kadar olan kayma hızlarında kayma gerilimi değerlerinin hızla arttığını ve daha sonra değerlerin daha az artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu eğilim yoğurdun yapısındaki bağların parçalanmaya direnci olarak yorumlanmıştır. Bu çalışmada ayran örneklerinde elde edilen kayma gerilimi kayma hızı grafiklerin birbirine benzer olduğu gözlenmiştir. Bu gözlem kullanılan kültürlerin EPS üretmedikleri veya iz miktarda ürettikleri fikrini desteklemektedir.

Jaros ve diğ., (2002) EPS üreten kültür kullanılarak elde edilen yoğurtlarda EPS üretmeyen kültür kullanılarak elde edilen yoğurtlardan daha yüksek halka alanı saptamıştır.



Şekil 4.9 . Ayranda üretim parametrelerinin halka alanı üzerine etkisi.

(a): kültür, (b): sıcaklık, (c): pH, (d): kültür-sıcaklık, (e): kültür-pH, (f): sıcaklık-pH, (g): YC-350 kültürü kullanıldığında sıcaklık-pH, (h): YC-380 kültürü kullanıldığında sıcaklık-pH etkisi.

4.9. Üretim parametreleri ve interaksiyonlarının serum ayrılması üzerine etkisi

Serum ayrılması üzerine sıcaklık ve pH'nın etkisi bulunmaktadır. Sıcaklık arttıkça serum ayrılması azalmaktadır. pH yükseldikçe serum ayrılması artmaktadır. Diğer faktör ve interaksiyonların serum ayrılması üzerinde önemli bir etkisi yoktur (Tablo 4.5).

Depolamanın 1., 5. ve 10. günlerinde ölçülen serum ayrılması sonuçlarına göre serum ayrılması depolamanın beşinci gününde onuncu gününe göre daha fazla artış göstermiştir (Tablo 4.10). Bu da yapıdaki değişimlerin ilk beş günde daha fazla meydana geldiğini göstermektedir. . Ayrarlarda 15 günlük depolama süresince serum ayrılması miktarında artış görülmüştür. Köksoy ve Kılıç (2003), depolamanın başlangıcında daha az serum ayrılması olmasının sebebini izoelektrik noktadan daha düşük pH değerlerinde (pH 4,2) protein miselleri arasındaki elektrostatik itmelerin yeniden etkili olabileceğine bağlamışlardır. Aynı araştırmacılar depolama boyunca agregasyona ve serumun jelden ayrılmasına sebep olan protein-protein interaksiyonlarına bağlı olarak artabileceğini bildirmişlerdir.

İnkübasyon sıcaklığının artışı serum ayrılmasını azaltmıştır (Şekil 4.10.b). Serum ayrılması kazein partiküllerinin birleşmesi ve ardından çökmesi sonucu oluşur (Amice-Quemeneur ve diğ., 1995). Stoke eşitliğine göre çökme, sürekli fazın viskozitesi büyüdükçe azalmaktadır (Hiemenz ve Rajagopalan, 1997). Örneğin hidrokolloidler sürekli fazın viskozitesini artırarak çökmeyi diğer bir deyişle serum ayrılmasını engellemektedirler (Fox ve diğ, 1993). İnkübasyon sıcaklığı arttıkça viskozite artmıştır (Şekil 4.6.b) Sürekli fazın viskozitesinin artması proteinlerin çökmesini engellemiş ve dolayısıyla serum ayrılmasını azaltmış olabilir.

Schellhaass ve Morris (1985) *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus*'un EPS üreten ve üretmeyen suşlarıyla farklı inkübasyon sıcaklıklarında (32°C, 37°C ve 45°C) çalışmışlardır. EPS üreten ve üretmeyen kültürlerde inkübasyon sıcaklığı arttıkça serum ayrılmasının arttığı saptanmıştır. En yüksek serum ayrılması 45°C, en düşük serum ayrılması ise 32°C'de gözlenmiştir. Bu sonuçlar bu çalışmada bulunan sonuçlarla uyumlu değildir. Ancak yukarıda açıklandığı gibi yüksek sıcaklıkta viskozitenin artmasına bağlı olarak serum ayrılmasının azalacağı görülmektedir. Aynı çalışmada EPS üreten kültürlerin EPS üretmeyen kültürlere göre daha düşük serum ayrılması gösterdiği bildirilmiştir.

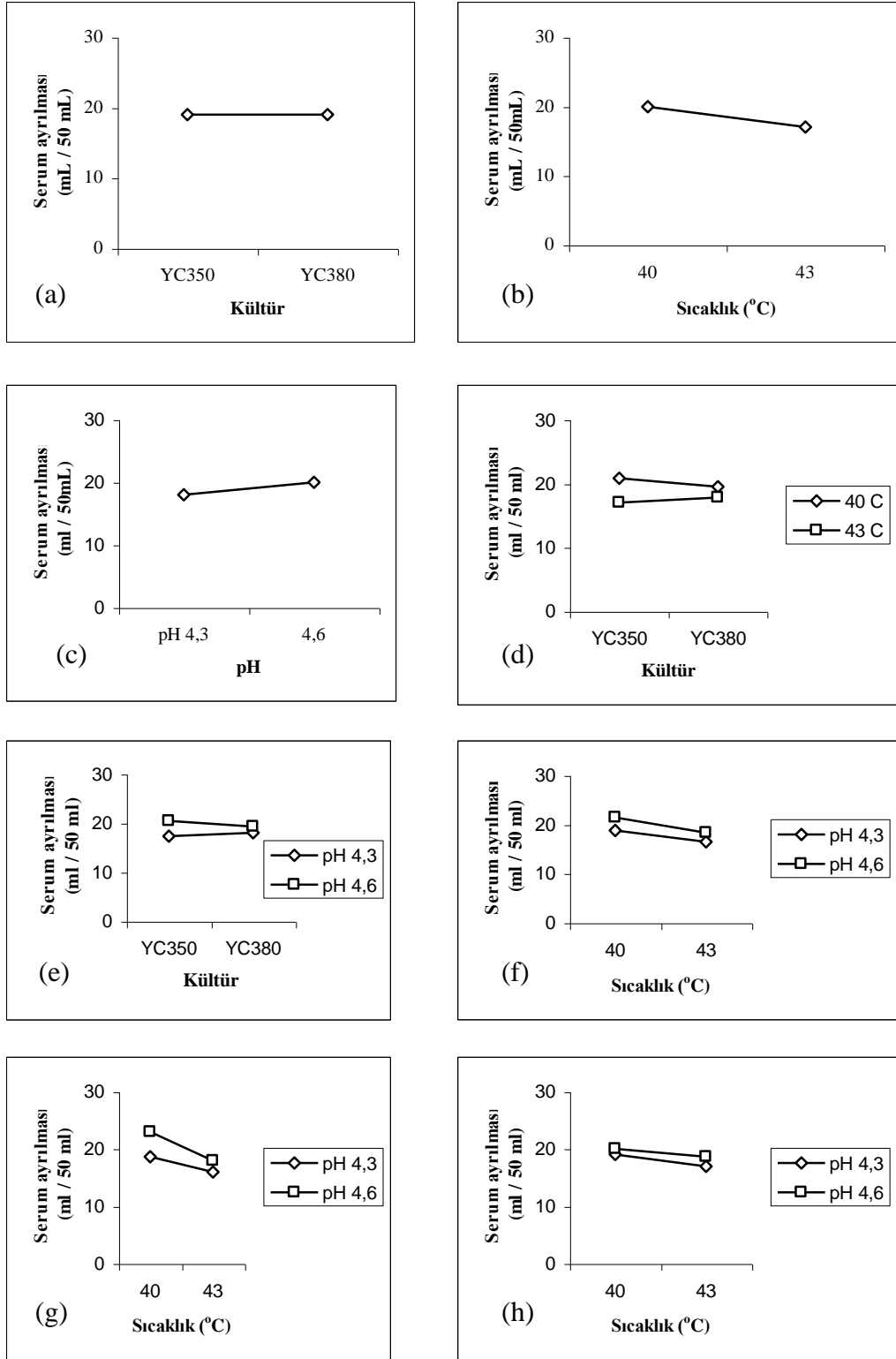
Benzer olarak Wachter- Rodarte ve diğ. (1993), *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*'un EPS üreten suşlarının, özellikle karıştırılmış yoğurtlarda serum ayrılmasını engellemekte olduğunu, Cerning ve diğ. (1986) EPS üreten kültürlerin fermente sütlerde serum ayrılmasını azalttığını bildirmişlerdir.

Serum ayrılmasını etkileyen bir diğer faktör pH'tır (Tablo 4.5). Serum ayrılması yüksek pH'da daha fazla gerçekleşmektedir. Serum ayrılmasının en yüksek olduğu kombinasyon YC-350 / 40°C / pH 4,6, serum ayrılmasının en düşük olduğu kombinasyon ise YC-350 / 43°C ve pH 4,3 kombinasyonudur.

Jaros ve diğ., (2002) karıştırılmış yoğurtta iki farklı kurumadde (%10 ve %14) ve iki farklı kültürle (YC460 ve YC191) yaptıkları çalışmada kurumadde oranı artırıldığında serum ayrılmasının azaldığını bulmuşlardır. Serum ayrılması YC 460 için %55.9'dan (%10 KM) % 44.5'e (%14 KM), YC 191 için ise % 61.3'ten (% 10 KM) % 46.5'e (% 14 KM) düşmüştür (Jaros ve diğ., 2002).

Tablo 4.10. Hazırlanan ayranların üretimden 1 gün, 5 gün ve 10 gün sonra serum ayrılması değerleri.

Kültür	Sıcaklık (°C)	pH	1. Gün Serum Ayrılması	5. Gün Serum Ayrılması	10. Gün Serum Ayrılması
YC-350	40	4,3	3 ± 1	16 ± 1	19 ± 1
YC-350	40	4,6	3 ± 2	13 ± 5	23 ± 2
YC-350	43	4,3	5 ± 2	14 ± 3	16 ± 3
YC-350	43	4,6	3 ± 1	13 ± 3	18 ± 1
YC-380	40	4,3	4 ± 1	16 ± 1	19 ± 1
YC-380	40	4,6	3 ± 1	16 ± 4	20 ± 2
YC-380	43	4,3	5 ± 2	15 ± 3	17 ± 1
YC-380	43	4,6	4 ± 1	16 ± 3	19 ± 3



Şekil 4.10. Ayranda üretim parametrelerinin serum ayrılması üzerine etkisi.

(a): kültür, (b): sıcaklık, (c): pH, (d): kültür-sıcaklık, (e): kültür-pH, (f): sıcaklık-pH, (g): YC-350 kültürü kullanıldığında sıcaklık-pH, (h): YC-380 kültürü kullanıldığında sıcaklık-pH etkisi.

SONUÇLAR

Farklı üretim parametrelerinde üretilen ayranlara ait en düşük görünen viskozite değeri YC-380 / 40°C / pH 4,6 ve YC-350 / 40°C / pH 4,6 kombinasyonlarında gözlenmiştir. En yüksek görünen viskozite değeri ise YC-350 / 43°C / pH 4,3 ve YC-350 / 43°C / pH 4,6 ve YC 380 / 43°C / pH 4,6 kombinasyonlarında elde edilmiştir. Bu kombinasyonlar karşılaştırıldığında sıcaklık faktörü ön plana çıkmaktadır.

Kıvam katsayısı görünen viskozitenin en yüksek olduğu kombinasyonlarda en yüksek değeri almaktadır (YC 380 / 43°C / pH 4,6, YC-350 / 43°C / pH 4,3). Kıvam katsayısının en düşük olduğu kombinasyon ise kültür olarak YC-380 kültürünün kullanıldığı, sıcaklığın 40°C ve pH'nın 4,6 olduğu kombinasyondur. Kıvam katsayısı ile görünen viskozite değerleri birbiriyle uyumlu sonuçlar vermiştir.

Akış davranış indeksinin en yüksek olduğu kombinasyon YC-380, sıcaklık 40°C ve pH 4,6 kombinasyonudur. Akış davranış indeksinin en düşük değeri aldığı kombinasyonlar ise YC-350 / 43°C / pH 4,3 ve YC-350 / 43°C / pH 4,6 ve YC 380 / 43°C / pH 4,6 kombinasyonlarıdır. Akış davranış indeksi görünen viskozite ve kıvam katsayısı değerlerinin en düşük olduğu kombinasyonda en yüksek değeri almakta, görünen viskozite ve kıvam katsayısının en yüksek değerleri aldığı kombinasyonlarda ise en düşük değerleri almaktadır.

Halka alanı görünen viskozitenin ve kıvam katsayısının yüksek olduğu YC-350, sıcaklık 43°C ve pH'nın 4,3 olduğu kombinasyonda en yüksek değeri almıştır. Halka alanının en düşük olduğu kombinasyonlar ise görünen viskozite ve kıvam katsayısının en düşük olduğu kombinasyondur (YC-380, sıcaklık 40°C ve pH 4,6). Çalışmada EPS üreten kültürle üretilen ayranların EPS üretmeyen kültürle üretilen ayranlara göre daha düşük viskozite, kıvam katsayısı ve halka alanı ve daha yüksek akış davranış indeksine sahip oldukları bulunmuştur . EPS varlığının proteinler arası etkileşimleri azaltarak kıvamda düşüğe sebep olduğu düşünülmektedir. Ayrıca ayranında EPS üreten kültürün 43°C / pH 4.6 kombinasyonunda EPS üretmeyen kültürle aynı reolojik özellikleri sağladığı bulunmuştur. Buna dayanarak EPS üretiminin her zaman aynı oranda meydana gelmeyeceği sonucuna varılmıştır. EPS

üreten kültürlerin ayıranda kullanılması ile ilgili daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Serum ayrılmasına yalnızca inkübasyon sıcaklığı ve pH'nın etkide bulunduğu saptanmıştır. Serum ayrılmasının en yüksek olduğu kombinasyon YC-350 / 40°C / pH 4,6, serum ayrılmasının en düşük olduğu kombinasyon ise YC-350 / 43°C / pH 4,3 kombinasyonudur. Ancak tüm ayranlarda önemli düzeyde serum ayrılması gözlenmiştir.

Ayıranda kıvamı artırmak ve serum ayrılmasını azaltmak amacıyla 43°C inkübasyon sıcaklığı ve pH 4,3 tercih edilmelidir. Üretim parametrelerinin hassas bir şekilde kontrol edilmesi ayıranda kalitenin sağlanması açısından önemli bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- Abu-Jdayil, B.**, 2003. Modelling the time-dependent rheological behaviour of semisolid foodstuffs, *Journal of Food Engineering*, **57**, 97-102.
- Afonso, I.M., Maia, J.M.**, 1999. Rheological monitoring of structure evolution and development in stirred yoghurt, *Journal of Food Engineering*, **42**, 183-190.
- Amice-Quemeneur, N., Haluk, J.P., Hardy, J., Kravtchenko, T.P.**,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.
- Anonim**, 1990. Süt ve Mamülleri Analiz Yöntemleri, Türkiye Süt Endüstrisi Kurumu Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim**, 2001. Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği. (Tebliğ No,2001/21) Resmi Gazete Sayı 24512, 3 Eylül 2001, Başbakanlık Basımevi, Ankara.
- Atamer, M., Gürsel A., Tamuçay, B., Gençer, N., Yıldırım G., Odabaşı, S., Karademir, E., Şenel E., Kırdar S.**, 1999. Dayanıklı ayran üretiminde pektin kullanım olanakları üzerine bir araştırma, *Gıda*, **24**(2), 119-126.
- Basak, S., 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*, **21**, 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 yoghurt, *Journal of Dairy Science*, **82**, 673-68.
- Benezech T., Maingonnat, J.F.**, 1993. Flow properties of stirred yoghurt, structural parameter approach in describing time dependency, *Journal of Texture Studies*, **24**, 455-473.
- Bhattacharya, S.**, 1999. Yield stress and time-dependent rheological properties of mango pulp, *Journal of Food Science*, **64**(6), 1029-1033.
- Bourne, M.C.**, 2002. Food Texture and Viscosity, Concept and Measurement, 2nd Edition, Academic Press, San Diego.

- Bouzar F., Cerning, J., Desmazeaud M.,** 1997. Exopolysaccharide production and texture promoting abilities of mixed-strain starter culture in yogurt production, *Journal of Dairy Science*, **80**, 2310-2317.
- Bouzar F., Cerning, J., Desmazeaud M.,** 1996. Exopolysaccharide production in milk by *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* CNRZ 1187 and by two colonial variants, *Journal of Dairy Science*, **79**, 205.
- Caric' M.,** 1994. Concentrated and Dairy Products. VCH Publishers Inc., New York.
- Cerning, J.,** 1995. Production of exopolysaccharides by lactic acid bacteria and dairy propionibacteria, *Lait*, **75**, 463-472.
- Cerning, J., Bouillanne C., Desmazeaud, M.J., Landon, M.,** 1986. Isolation and characterization of exocellular polysaccharide produced by *Lactobacillus bulgaricus*, *Biotechnology Letters*, **8**, 625-628.
- Cerning, J., Bouillanne, C., Desmazeaud, M. J., & Landon, M.,** 1988. Exocellular polysaccharide production by *Streptococcus thermophilus*, *Biotechnology Letters*, **10**, 255–260.
- Cho-Ah-Ying, F., Duitschaever, C.L., Buteau, C.,** 1990. Influence of temperature of incubation on the physico-chemical and sensory quality of yoghurt, *Cultured Dairy Products Journal*, August 1990, 11-14.
- Dannenberg and Kessler,** 1988. Effect of β -lactoglobulin on texture properties of set style non-fat yoghurt.1. Syneresis, *Milchwissenschaft*, **43**(10), 632-635.
- Degeest, B., Vaningelgem F., De Vuyst, L.,** 2001. Microbial physiology, fermentation kinetics, and process engineering of heteropolysaccharide production by lactic acid bacteria, *International Dairy Journal*, **11**, 747–757.
- Degeest, B., Mozzi, F., De Vuyst, L.,** 2002. Effect of medium composition and temperature and pH changes on exopolysaccharide yields and stability during *Streptococcus thermophilus* LY03 fermentations, *International Dairy Journal*, **79**, 161-174.
- De Vuyst, L., Degeest, B.,** 1999. Heteropolysaccharides from lactic acid bacteria *FEMS Microbiology Reviews*, **23**,153-177.
- De Vuyst L., De Vin, F., Vaningelgem, F., Degeest, B.,** 2001. Recent developments in the biosynthesis and applications of heteropolysaccharides from lactic acid bacteria, *International Dairy Journal* **11** (2001) 687–707.
- De Vuyst, L., Vanderveken, F., Van de Ven, S., Degeest, B.,** 1998. Production by and isolation of exopolysaccharides from *Streptococcus thermophilus* grown in a milk medium and evidence for their growth-associated biosynthesis, *Journal of Applied Microbiology*, **84**, 1059-1068.
- Dolz, M., Bugaj, J., Hernandez, M.J., Gorecki, M.,** 1997. Thixotropy of highly viscous sodium (carboxymethyl) cellulose hydrogels, *Journal of Pharmaceutical Sciences*, **86** (11), 1283-1287.
- Driessen, F.M.,** 1984. Modern trends in the manufacture of yoghurt, *International Dairy Bulletin*, Doc.No. **179**,107-115.

- Duboc, P., Mollet, B.,** 2001. Applications of exopolysaccharides in the dairy industry, *International Dairy Journal*, **11**, 759-768.
- Fox, J.E., Ingenpass, P., Zachow, S.,** 1993. Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition, Volume 7, p 4352, Academic Press, London.
- Haque, A., Richardson R.K., Morris, E.R.,** 2001. Effect of fermentation temperature on the rheology of set and stirred yogurt, *Food Hydrocolloids*, **15**, 593-602.
- Haque, Z., Kinsella, J.E.,** 1988. Interaction between heated κ -casein and β -lactoglobulin, predominance of hydrophobic interactions in the initial stages of complex formation, *Journal of Dairy Research*, **55**, 67-80.
- Harwalkar, V.R., Kalab, M.,** 1983, *Milchwissenschaft*, 38, 517-522.
- Hashizume, K., Sato, T.,** 1988. Gel forming characteristics of milk proteins.1. Effect of heat treatment, *Journal of Dairy Science*, **71**, 1439-1446.
- Hassan, A.N., Frank, J.F., Schmidt, K.A., Shalabi, S.I.,** 1996. Rheological properties of yoghurt made with encapsulated nonropy lactic cultures, *Journal of Dairy Science*, **79**,2091-2097.
- Hess, S.J., Roberts, R.F., Ziegler, G.R.,** 1997. Rheological properties of nonfat yogurt stabilized using *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* producing exopolysaccharide or using commercial stabilizer systems, *Journal of Dairy Science*, **80**, 252-263.
- Hiemenz, P.C., Rajagopalan, R.,** 1997. Principles of Colloid and Surface Chemistry, p. 69, Marcel Dekker, Inc., New York.
- Jaros, D., Haque, A., Kneifel, W., Rohm, H.,** 2002. Influence of starter culture on the relationship between dry matter content and physical properties of stirred yoghurt, *Milchwissenschaft*, **57**(8), 447-450.
- Jennes, R.,** 1988. Composition of milk in Fundamentals of Dairy Chemistry, Wong, N.P., Van Nostrand Reinhold, New York.
- Jensen, N.B.S.,** 2003. Kişisel görüşme.
- Keogh M.K., O’Kennedy, B.T.,** 1998. Rheology of stirred yogurt as affected by added milk fat, protein and hydrocolloids, *Journal of Food Science*, **63**, 108-112.
- Kılıç, S., Karagözlü, C., Akbulut, N., Mater, Y.,** 2003. *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*’un eksopolisakkarit oluşturma özellikleri. Gıda, **1**, 64-68.
- Köksoy, A., Kılıç, M.,** 2003. Effects of water and salt level on rheological properties of ayran, a Turkish yoghurt drink, *International Dairy Journal*, **13**, 835-839.
- Kuyruklyıldız, M.,** 2001. Kişisel görüşme.
- Lucey, J.A.,** 2001. The relationship between rheological parameters and whey separation in milk gels, *Food Hydrocolloids*, **15**, 603-608.
- Lucey, J.A., Singh, H,** 1998. Formation and physical properties of acid milk gel, a review, *Food Research International*, **30**(7),529-542.

- Lucey, J.A., Tamehana, M., Singh, H., 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.
- Montgomery, D.C.,** 1991. Design and Analysis of Experiments, pp. 270-318, John Wiley & Sons, New York.
- Mottar, J., Bassier, A., Joniau, M., Baert, J.,** 1989. Effect of heat-induced association of whey proteins and casein micelles on yoghurt texture, *Journal of Dairy Science*, **72**, 2247-2256.
- Mozzi, E., Savoy de Glori, G., Oliver, G., Font de Valdez, G.,** 1995. Exopolysaccharide production by *Lactobacillus casei*. II. Influence of carbon source, *Milchwissenschaft*, **50**(6), 307-309.
- O'Donnell H.J., Butler, F.,** 2002. Time-dependent viscosity of stirred yogurt. Part I, couette flow, *Journal of Food Engineering*, **51**, 249-254.
- Oliveira, M.N., Sodini, I., Tissier, J.P., Corrieu, G.,** 2002. Manufacture of fermented lactic beverages containing probiotic cultures, *Journal of Food Science*, **67**(6),2336-2340.
- Penna, A.L.B., Sivieri, K., Oliveira, M.N.,** 2001. Relation between quality and rheological properties of lactic beverages, *Journal of Food Engineering*, **49**, 7-13.
- Rasic, J.L., Kurmann, J.A.,** 1978. Yoghurt, pp 56-68, 192-199, 298-299, Technical Dairy Publishing House, Copenhagen, Denmark.
- Rawson, H.L., Marshall, V.M.,** 1997. Effect of ropy strains of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* on rheology of stirred yoghurt, *International Journal of Food Science and Technology*, **32**, 213-220.
- Robin, O., Turgeon, S., Paquin P.,** 1993. Functional properties of milk proteins in Dairy Science and Technology Handbook. Volume 1. Hui Y.H. VCH Publishers Inc., New York.
- Rohm, H.,** 1993. Influence of dry matter fortification on flow properties of yogurt. 2. Time dependent behaviour, *Milchwissenschaft*, **48** (11), 614-617.
- Rohm, H., Kovac, A.,** 1994. Effects of starter cultures on linear viscoelastic and physical properties of yoghurt gels, *Journal of Texture Studies*, **25**, 311-329.
- Ross-Murphy, S.B.,** 1995. *Journal of Rheology*, **39**, 1451.
- Ruas-Madiedo,P., Tuinier R., Kanning M., Zoon P.,** 2002. Role of exopolysaccharides produced by *Lactobacillus lactis* subsp. *cremoris* on the viscosity of fermented milks, *International Dairy Journal*, **12**, 689-695.
- Schellhaass, S.M., Morris, H.A.,** 1985. Rheological and scanning electron microscope examination of skim milk gels obtained by fermenting with ropy and non-ropy strains of lactic acid bacteria, *Food Microstructure*, **4**, 279-287.

- Schkoda, P., Hechler, A., Kessler, H.G.,** 1999. Effects of minerals and pH on rheological properties and syneresis of milk-based acid gels, *International Dairy Journal*, **9**, 269-273.
- Schmidt, K., Bledsoe, K.,** 1995. Effects of homogenization pressure on physical and sensory characteristics of low fat yogurt, *Cultured Dairy Product Journal*, **30**, 7-10.
- Shaker, R.R., Abu-Jdayil, B., İbrahim, S.A.,** 2001. Rheological properties of set yoghurt during gelation process, II. Impact of incubation temperature, *Milchwissenschaft*, **56**(11), 622-625.
- Shaker, R.R., Abu-Jdayil, B., Jumah, R.Y.** 2002. Rheological properties of set yogurt as influenced by incubation temperature and homogenization, *Journal of Food Quality*, **25**, 409-418.
- Singh, H.,** 1995. Heat-induced changes in casein, including interactions with whey proteins. Heat Induced Changes in Milk. 2nd Edition, ed., P.F. Fox, pp.86-104, International Dairy Federation, Brussels.
- Shihata A., Shah, N.P.,** 2002. Influence of addition of proteolytic strains of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* to commercial ABT starter cultures on texture of yoghurt, exopolysaccharide production and survival of bacteria, *International Dairy Journal*, **12**, 765-772.
- Shoemaker, C.F., Figoni, P.I.,** 1984. Time-dependent rheological behaviour of foods, *Food Technology*, March, 112-114.
- Singh, H., Waungana A.,** 2001. Influence of heat treatment of milk on cheesemaking properties, *International Dairy Journal*, **11**, 543-551.
- Skriver, A., Buchheim, W., Qvist, K.B.,** 1995. *Milchwissenschaft*, **50**, 683-686.
- Skriver, A., Roemer, H., Qvist, K.B.,** 1993. Rheological characterization of stirred yoghurt, Viscometry, *Journal of Texture Studies*, **24**, 185-198.
- Steffe, J.F.,** 1992. Rheological Methods in Food Process Engineering, p. 21, Freeman Press, Michigan, USA.
- Syrbe, A., Bauer, W.J., Klostermeyer, H.,** 1998. Polymer science concepts in dairy systems- an overview of milk protein and food hydrocolloid interaction, *International Dairy Journal*, **8**, 179-193.
- Tamime, A.Y., Robinson, R.K.,** 1985. Yoghurt Science and Technology, Pergamon Press, Oxford.
- Tamime, A.Y., Robinson, R.K.,** 1999. Yoghurt Science and Technology (2nd ed.) pp.27-32, Freeman Press, East Lansing.
- Teggatz, J.A., Morris, H.A.,** 1990. Changes in the rheology and microstructure of ropy yogurt during shearing, *Food Structure*, **9**, 133-138.
- TS-3810,** 1982. Ayran, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Velez-Ruiz, J.,F., Barbosa Canovas G.,V.,** 1997. Rheological properties of selected dairy products, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **37**(4),311-359.
- Wacher-Rodarte, C.,Galvan, M.V., Farres, A., Gallardo, F., Marshall, V.M.E., Garcia-Garibay M.,** 1993. Yoghurt production from reconstituted skim

milk powder using different polymer and non-polymer forming starter cultures, *Journal of Dairy Research*, **60**, 247-254.

Yanes, M., Duran, L., Costell, E., 2002. Effect of hydrocolloid type and concentration on flow behaviour and sensory properties of milk beverages model systems, *Food Hydrocolloids*, **16**, 605-611.

Yanes, M., Duran, L., Costell, E., 2002. Rheological and optical properties of commercial chocolate milk beverages, *Journal of Food Engineering*, **51**, 229-234.

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Kastamonu'da doğdu. 1994 yılında Sinop Anadolu Öğretmen Lisesi'nden mezun oldu. 1994-1999 yıllarında Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği'nde lisans eğitimi aldı. 2001 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği'nde yüksek lisans eğitimine başlamıştır.