

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK BASINÇTA HOMOJENİZASYON
İŞLEMİNİN KARIŞTIRILMIŞ YOĞURDUN YAPISAL
ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gıda Müh. Nuray AKINCIOĞLU**

Anabilim Dalı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ

Programı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2007

**YÜKSEK BASINÇTA HOMOJENİZASYON
İŞLEMİNİN KARIŞTIRILMIŞ YOĞURDUN YAPISAL
ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Nuray AKINCIOĞLU
(506021419)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 7 Mayıs 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 12 Haziran 2007**

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

HAZİRAN 2007

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam sırasında sonsuz çabasıyla bana destek veren çok değerli hocam Doç.Dr. Meral KILIÇ'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma boyunca bana maddi ve manevi her türlü konuda destek veren sevgili aileme, dostlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran 2007

Nuray Akıncioğlu

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
1.GİRİŞ	1
2.LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1.Yoğurt	3
2.1.1. Tanımı ve özellikleri	3
2.1.2.Klasik yoğurt ve karıştırılmış yoğurt üretiminin karşılaştırılması	3
2.1.3.Yoğurdun kalitesini etkileyen unsurlar	4
2.1.3.1.Süt standardizasyonu ve kurumadde ayarlaması	4
2.1.3.2.Homojenizasyon	8
2.1.3.3.Isıl işlem	14
2.1.3.4. Kültür ekleme ve inkübasyon	17
2.1.3.5. Soğutma	18
2.2. Yüksek Basıncın Yoğurt Üretiminde Kullanılması	19
3.MATERYAL VE METOT	21
3.1. Materyal	21
3.2. Metot	21
3.2.1. Karıştırılmış yoğurtların hazırlanması	21
3.2.2. Santrifüj ile serum ayrılması	22
3.2.3. Kendiliğinden serum ayrılması	22
3.2.4. Kıvam	22
3.2.5. pH tayini	22
3.2.6.Duyusal analizler	22
3.2.6.1.Lezzet profili analizi	22
3.2.6.2. Doku profili analizi	23
3.2.7.İstatistiksel analiz	25
4.BULGULAR VE TARTIŞMA	26
4.1. Homojenizasyon Basıncının Arttırılmasının Farklı Yağ İçeriğine Sahip Karıştırılmış Yoğurtlarda Kıvam ve Serum Ayrılmasına Etkisi	26
4.2.Karıştırılmış Yoğurtlarda Kendiliğinden Serum Ayrılması Değerleri	28
4.3.Karıştırılmış Yoğurtlara Ait Doku Profili Değerleri	28
4.4. Karıştırılmış Yoğurtlara Ait Lezzet Profili Değerleri	30

5.SONUÇ VE ÖNERİLER	32
KAYNAKLAR	34
EKLER	39
ÖZGEÇMİŞ	59

KISALTMALAR

KKF	: Kolloidal kalsiyum fosfat
TS	: Türk Standartları
β-Lg	: Beta laktoglobulin
α-La	: Alfa laktalbumin
YSK	: Yağsız Süt Kurumaddesi

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1: Sütün Bileşimi.....	5
Tablo 2.2: Süt Proteinlerinin Sınıflandırılması.....	6
Tablo 3.1: Lezzet Profili Analizinde İncelenen ÖzelliklerinReferansları ve Skaladaki Dereceleri.....	23
Tablo 3.2: Doku Profili Analizinde İncelenen Özellikler ve Açıklamaları.....	24
Tablo 3.3: Doku Profili Analizinde İncelenen Özelliklerin Referansları ve Skaladaki Dereceleri.....	25
Tablo 4.1: Farklı Basınçlarda Homojenize Edilen Sütlerden Üretilen Karıştırılmış Yoğurtlarda Kıvam ve Santrifüj ile Serum Ayrılması.....	26
Tablo 4.2: Duyusal Doku Profili Analizinde Yağ, Basınç, Yağ ve Basınç Etkileşimi ve Panelist Faktörlerinin Yoğurtların Doku Özelliklerine Etkileri.....	29
Tablo 4.3: Duyusal Lezzet Profili Analizinde Yağ, basınç, Yağ ve Basınç Etkileşimi ve Panelist Faktörlerinin Yoğurtların Doku Özelliklerine Etkileri.....	31

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1: Klasik Yoğurt ve Karıştırılmış Yoğurt Üretimindeki Temel Basamaklar ve Farklılıklar.....	4
Şekil 4.1: Karıştırılmış Yoğurtların Doku Profili Özellikleri.....	30
Şekil 4.2: Karıştırılmış Yoğurtların Lezzet Profili Özellikleri.....	32

YÜKSEK BASINÇTA HOMOJENİZASYON İŞLEMİNİN KARIŞTIRILMIŞ YOĞURDUN YAPISAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

ÖZET

Karıştırılmış yoğurt meyveli ve aromalı yoğurt üretiminde kullanılmaktadır. Karıştırılmış yoğurtta karıştırma işleminden ve yağ içeriğinin azaltılmasından dolayı gözlenen en önemli kalite kusurları kıvamdaki azalış ve serum ayrılmasındaki artıştır. Yoğurt üretiminde yapısal özellikleri geliştirmek amacıyla süte homojenizasyon işlemi uygulanmaktadır. Bu çalışmada, süte yüksek basınçta homojenizasyon işlemi uygulanmasının karıştırılmış yoğurdun yapısal özelliklerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, farklı homojenizasyon basıncı (150, 800 bar) uygulanmış yağsız ve %2 oranında yağ içeren sütlerden karıştırılmış yoğurtlar üretilmiştir. Elde edilen örneklerde kıvam, serum ayrılması ve duyusal doku ve lezzet profili özellikleri ölçülmüştür. Örneklerdeki kıvam ve serum ayrılması üzerinde yağın önemli düzeyde etkili olduğu homojenizasyon basıncının artırılmasının etkisinin ise önemli düzeyde olmadığı bulunmuştur. Duyusal doku profili analizinde homojenizasyon basıncının arttırılmasının, yağın ve bunların etkileşiminin yoğurdun kıvam, jel sıkılığı ve ağızda doyumluk özelliklerine önemli düzeyde etki ettikleri bulunmuştur. Homojenizasyon basıncının artırılmasının yoğurtta yağ oranı %2 olduğunda kıvam ve jel sıkılığı üzerinde pozitif etkisinin olduğu, fakat yağsız örnekte bu özellikleri olumsuz yönde etkilediği saptanmıştır. Duyusal doku profili analizinde yağlı örnekler yağsız örneklerden daha yüksek puanlar almışlardır, bu örneklerde homojenizasyon basıncının artırılması ile dokusal özelliklerin geliştiği saptanmıştır.

EFFECT OF HOMOGENIZATION AT HIGH PRESSURE ON PHYSICAL PROPERTIES OF STIRRED YOGHURT

SUMMARY

Stirred yoghurt is used in the production of flavoured and fruit yoghurt. Reduction in viscosity and serum separation are the main quality defects in stirred yoghurt due to reduction in fat content and stirring treatment. Homogenization treatment is applied to milk in the production of yoghurt to improve physical properties. In this study, the effect of homogenization of milk at high pressure on physical properties of stirred yoghurt was investigated. For this purpose, stirred yoghurts were prepared from milk with 2% fat and from nonfat milk homogenized at two different pressures (150 bar, 800 bar). Consistency, serum separation and sensory texture and flavor profile attributes were measured in the obtained samples. Fat was found to be significantly effective on consistency and serum separation in the samples while the effect of increasing homogenization pressure was not found to be significant. In sensory texture profile analysis, the effects of increasing homogenization pressure, fat and their interaction were found significant on attributes of consistency, gel strength and mouthfeel. Increasing homogenization pressure was found to have positive effects on consistency and gel strength in the yoghurt with 2% fat, but it adversely affected these attributes in the nonfat sample. In sensory texture profile analysis, samples containing fat received higher scores than nonfat samples, textural properties of this sample were found to be improved when homogenization pressure was increased.

1. GİRİŞ

Yoğurt klasik (karıştırılmamış) ve karıştırılmış olmak üzere iki tipte üretilmektedir. Klasik yoğurdun üretiminde süt kaplara aktarıldıktan sonra fermente edilirken, karıştırılmış yoğurt üretiminde, fermentasyon tankta gerçekleştirilir ve pıhtı karıştırıldıktan sonra kaplara dolum yapılır. Karıştırılmış yoğurt daha çok meyveli ve aromalı yoğurt üretiminde kullanılır. Karıştırılmış yoğurtta karıştırma işlemi sebebiyle kıvam düşmesi ve serum ayrılması problemleri görülebilmektedir.

Süt ürünlerinin üretiminde yağın ayrılmasını önlemek amacıyla süte homojenizasyon işlemi uygulanmaktadır. Homojenizasyonda süt 0,1 mm kadar bir aralıktan 100-400 m/s hızla geçirilerek 100-250 bar'lık dinamik bir basınç uygulanmaktadır (Bylund, 1995). Böylece sütte bulunan yağ globüllerinin çapı küçültülerek ve artan globül yüzeyine kazeinin de tutunması sağlanarak yağ ayrılması önlenmektedir (Kessler, 2002).

Garcia-Risco ve diğ. (2002) yağlı ve yağsız süütün 200 barda homojenize edilmesi ile κ -kazeinin misellerden ayrıldığı, misel boyutunun küçüldüğü ve α -laktalbumin ve β -laktoglobulinin sırasıyla %4 ve %6 oranlarında denatüre olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca homojenizasyondan sonra 104°C'de ısıtma işlemi uygulandığında denatürasyon oranının önemli oranda arttığını bulmuşlardır. Yoğurt üretiminde süt 100-150 barda ve 65-70°C'de homojenize edilmektedir (Tamime ve Robinson, 1999). Homojenizasyon yoğurt gibi ürünlerde yağın yapı içinde dağılmasını ve ağ yapısına dahil olmasını sağlayarak yapının sıkılaşmasına ve serum ayrılmasının azalmasına sebep olmaktadır (Kessler, 2002, Tamime ve Marshall, 1997).

Yağlı süte uygulanan homojenizasyon basıncı artırıldığında elde edilen yoğurdun fiziksel özelliklerinin değiştiği bildirilmektedir. Schmidt ve Bledsoe (1995) %1,5 yağ içeren ve 350 bar homojenizasyon basıncı uygulanan süttten üretilen klasik tipte yoğurdun, %3,5 yağ içeren ve 103 barda homojenize edilen süttten üretilen yoğurtla karşılaştırıldığında daha yüksek kıvama ve daha yüksek serum ayrılmasına sahip olduğunu bulmuşlardır. Serum ayrılmasının yüksek olmasını yağ içeriğinin düşük olması ile açıklamışlardır. Lanciotti ve diğ. (2004) klasik tip yoğurt üretiminde %2-8

aralığında farklı yağ ve %2-6 aralığında farklı yağsız kuru madde içeren sütlere 150-750 bar aralığında basınç uygulandığında, kıvamın 450 barda minimum olduğunu ve 450-750 bar aralığında arttığını bulmuşlardır. Serra ve diğ. (2007) 30-40°C’de ve 1000-3000 bar arasında değişen basınçlarda homojenize edilen tam yağlı süt ile yaptıkları yoğurtlarda kıvamın, kurumaddesi %3 arttırılmış, 90°C’de 90 sn pastörize edilip 150 barda homojenize edilen süt ile yapılan yoğurtların kıvamına göre daha fazla olduğunu saptamışlardır.

Literatürde retiminde 150-1000 bar arasındaki basınçlarda homojenizasyon uygulanan fermente ürünler konusunda yapılan çalışmaların yetersiz olduğu grlmştir. Ayrıca yağsız yoğurt üretiminde yüksek basınçta homojenizasyon uygulamasının yoğurdun fiziksel özelliklerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada, karıştırılmış yoğurt üretiminde süte yüksek basınçta homojenizasyon uygulanmasının yoğurdun kıvam, serum ayrılması ve doku ve lezzet profili özelliklerine etkileri araştırılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Yoğurt

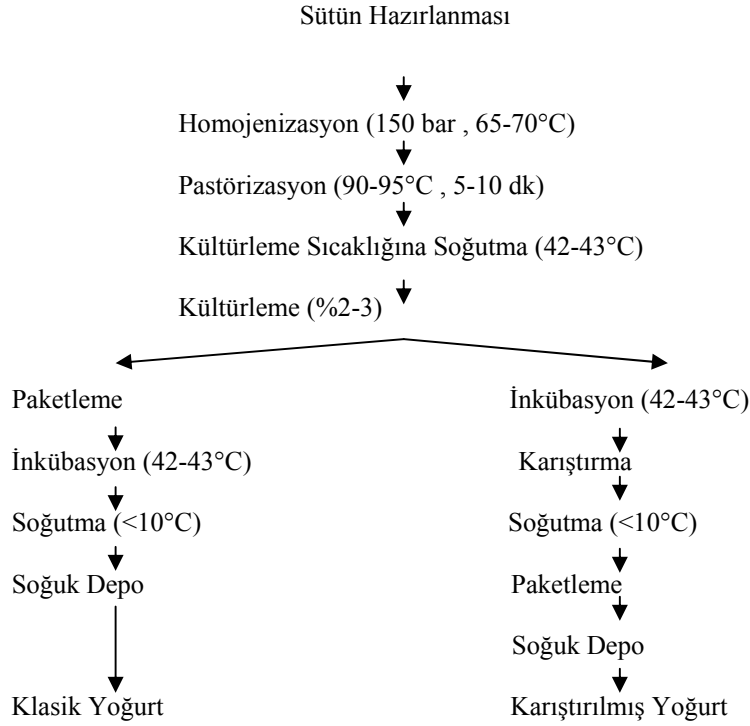
2.1.1 Tanımı ve özellikleri

Yoğurt üretim yöntemlerine göre klasik ‘set’, karıştırılmış ‘stirred’ ve konsantre ‘süzme’ olarak üç farklı şekilde sınıflandırılabilir (Bylund, 1995; Tamime ve Robinson, 1999). Yağ içeriğine göre ise tam yağlı, yağlı, yarım yağlı ve yağsız yoğurt üretilmektedir. Yoğurt doğal, meyveli ve aromalı olarak üretilebilmektedir (Bylund, 1995; Tamime ve Robinson, 1999).

Türk Gıda Kodeksi, Fermente Sütler Tebliği’ne göre yoğurt, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* bakterilerinin laktik asit fermentasyonu ile meydana gelen koagüle ürünüdür (Anonim, 2001). Yağ içeriği en az %3,8 olan yoğurt tam yağlı, yağ içeriği en az %3 olan yoğurt yağlı, yağ içeriği en az %1,5 olan yoğurt yarım yağlı, yağ içeriği en çok %1,5 olan yoğurt az yağlı, yağ içeriği en çok %0,15 olan yoğurt yağsız olarak adlandırılmaktadır (Anonim, 2001).

2.1.2 Klasik yoğurt ve karıştırılmış yoğurt üretiminin karşılaştırılması

Klasik yoğurt üretiminde süte kültür eklenerek kabına doldurulur ve inkübasyon odasında 40-45°C’de 2,5-4 saat süresince fermente edilir. Daha sonra soğutmaya alınır. Karıştırılmış yoğurt üretiminde ise fermentasyon işlemi tankta gerçekleştirilir, yoğurt jeli kısa bir süre karıştırılarak kırılır, soğutulur ve paketlenir.



Şekil 2.1: Klasik Yoğurt ve Karıştırılmış Yoğurt Üretimindeki Temel Basamaklar ve Farklılıklar

2.1.3 Yoğurdun kalitesini etkileyen faktörler

Yoğurt üretiminde istenilen lezzet ve yapıya göre üretim reçeteleri ve işlem koşulları belirlenir (Afonso ve Maia, 1999). Yoğurdun kalitesini bileşimi, başlatıcı kültür tipi ve oranı, süte uygulanan homojenizasyon, ısıl işlem ve fermentasyon koşulları, fermentasyon sonrası karıştırma, pompalama ve soğutma işlemleri etkiler (Afonso ve Maia, 1999). Yoğurtta raf ömrü boyunca mikrobiyal yük Fermente Sütler Tebliği'ne uygun olmalıdır. Yoğurtta depolama süresince bakteri gelişimi devam edeceğinden, asitlik gelişimi, lipolitik ve proteolitik aktivite devam edecektir. Raf ömrü sonunda pH 3,90 ve proteolitik aktivite ürünü olan tirozin içeriği 0,5mg/5ml olunca üründe istenmeyen asidik ve acımsı tat ortaya çıkmaktadır (Sezgin ve diğ., 1988).

2.1.3.1 Süt standardizasyonu ve kurumadde ayarlaması

Yoğurtta mikrobiyolojik kalitesi yüksek süt kullanılması tercih edilir. Sütte antibiyotik, bakteriyofaj, CIP çözültisi ve sterilize ajanlarının kalıntısı bulunmamalıdır (Bylund, 1995). Sütün bileşimi Tablo 2.1'de verilmiştir (Walstra ve diğ., 1999);

Tablo 2.1: Sütün Bileşimi

Bileşen	Miktar (kütlece%)	Miktar aralığı (kütlece%)
Su	87,1	85,3-88,7
Yağsız kurumadde	8,9	7,9-10,0
Yağsız kurumaddede yağ	31	22-38
Laktoz	4,6	3,8-5,3
Yağ	4,0	2,5-5,5
Protein	3,3	2,3-4,4
Kazein	2,6	1,7-3,5
Mineraller	0,7	0,57-0,83
Organik asitler	0,17	0,12-0,21
Diğer	0,15	

Fermente Sütler Tebliği'ne göre yoğurtta yağsız kuru madde ağırlıkça en az %12 ve süt proteinleri oranı ağırlıkça en az %4 olmalıdır (Anonim, 2001). Kazein ve serum proteinini arttırmaya yönelik yağsız kuru madde artışı yoğurdun daha sert yapılı olmasını sağlar ve serum ayrılmasını azaltır. Yağlı yoğurt ağızda daha yoğun ve daha kremsidir. Protein, yoğurt yapısının oluşumunda temeldir. Laktoz (süt şekeri) başlatıcı (starter) kültürlerin enerji kaynağıdır (Tamime ve Robinson, 1999). Kuru madde ayarlaması şu yöntemlerle yapılır (Bylund, 1995):

- Evaporasyon
- Yağsız süttozu ilavesi (en fazla %3 oranında)
- Süt konsantresi ilavesi
- Ultrafiltrasyondan alınan retentat ilavesi

Süt kuru maddesinin arttırılmasında kullanılan yolların hepsinde, yoğurdun fiziksel ve reolojik özelliklerini etkileyen protein miktarının arttırılması esas alınır. Protein miktarındaki artış, su bağlama kapasitesindeki artışla doğru orantılıdır ki bu da jel sıkılığını arttırır. Süt kuru maddesinin artışının yoğurdun fiziksel özelliklerine kantitatif ve kalitatif etkileri kıvam, jel sıkılığı ve serum ayrılması gibi özellikler incelenerek araştırılmaktadır. Süt proteinlerinin sınıflandırılması Tablo 2.2'de verilmiştir (Bylund, 1995):

Tablo 2.2: Süt Proteinlerinin Sınıflandırılması

Protein	Sütteki konsantrasyonu (g/kg)	Proteindeki kütlece yüzdesi
Kazein		
α_{s1} -kazein*)	10	30,6
α_{s2} -kazein*)	2,6	8,0
β -kazein**)	10,1	30,8
κ -kazein	3,3	10,1
Toplam kazein	26	79,5
Serum proteinleri		
α -laktalbumin	1,2	3,7
β -laktoglobulin	3,2	9,8
Serum albumin	0,4	1,2
Immunoglobulin	0,7	2,1
Diğer (proteoz ve pepton dahil)	0,8	2,4
Toplam serum proteini	6,3	19,3
Yağ globülü membranı proteini	0,4	1,2
Toplam protein	32,7	100

*) α_s -kazein olarak da bilinir.

**) γ -kazeini de içermektedir.

Tüm kazein fraksiyonları pH 4,6'da çöker. β -kazeinin izoelektrik noktası pH 5,2 ; α_{s1} -kazeinin ise 4,8 dir (Bylund, 1995). Sütte kazein molekülündeki iyonize gruplar, hidrofobik ve hidrofilik bölgeler sebebiyle kazein polimerleri oluşur, bu kazein kompleksleri kazein misellerini oluşturur (Bylund, 1995). Kazein miselleri kazein alt misellerinden oluşur, alt misellerdeki (α_s -kazein, β -kazein, κ -kazein) her iki aminoasitten birinde hidroksil grupları fosforik asitle esterifiye olmuştur, fosforik asit kalsiyum ve magnezyuma bağlanır, bu kompleks tuzlar moleküllerin içinde ve arasında bağ oluşturur, fosfat grupları kazeinin bütünlüğünün ve kazeinin misel yapısının sağlanmasında önem taşır (Bylund, 1995).

Kazein açılacak dördüncül yapısının az olması sebebiyle ısıyla denature olmamaktadır, yine dördüncül yapısının az olması sebebiyle hidrofobik özellik kazanır (Bylund, 1995). α , β ve κ -kazeinler heterojen olarak misellerde bulunur, α_s -kazein ve β -kazeinin kalsiyum tuzları suda tam olarak çözünmez, κ -kazeinin kalsiyum tuzları suda çözünür (Bylund, 1995). κ -Kazeinin miselin dışında bulunması sebebiyle, kalsiyum κ -kazeinatın çözünürlüğü diğer kazeinlerin çözünmeme durumuna göre baskın hale geçer, böylece misel kolloid olarak çözünür halde bulunur (Bylund, 1995). Kolloidal kalsiyum fosfat, disülfid bağları, hidrojen bağları, hidrofobik etkileşimler, elektrostatik etkileşimler, van der Waals kuvvetleri ve sterik kuvvetler miselleri bir arada tutar ve stabilizeyi sağlar (Hui, 1993).

κ -Kazeinin hidrofilik C-terminali karbonhidrat grubu sebebiyle 'saç teli'ne benzeyen görünüme sahiptir, bu da miseli stabil kılar ve bunun sebebi karbonhidratların eksi yüklü olmasıdır (Bylund, 1995). Negatif yüklü kazein proteinleri sebebiyle proteinler birbirini iter ve süt stabil bir protein süspansiyonu olarak kalır (Snoeren ve diğ.,

1982). Sterik stabilizasyon sağlayan itme kuvveti ve sağlı yapı misellerin stabil olmasını sağlar, sağlı yapıda su tutma kabiliyeti vardır, kazeinin kapladığı hacim su tutma kabiliyetinden meydana gelir (Hui, 1993). Snoeren ve diğ. (Kosikowski ve Mistry, 1997) yaptığı çalışmada 1 g süt kazeininin 2,82 g su tuttuğu ve kapladığı hacmin 3,57 ml /g olduğu bulunmuştur. Serum proteinleri serumda çözünür halde bulunurlar, ısıtıldıklarına çözünürlük özelliklerini kaybederek denature olurlar ve kazeinin üstüne yapışırlar (Bylund, 1995). Bir gram denature olmuş serum proteini 2,34 g su , 1 g denature olmamış serum proteini 0,32 g su tutmaktadır (McKenna, 2003). Buchheim ve diğ.(1986), Jelen ve diğ.(1987), Modler ve diğ.(1983), Morris ve diğ.(1995) serum proteini arttırılmış yoğurdun, aynı oranda kazeini arttırılmış yoğurda göre daha az kıvamlı ve daha yumuşak jel yapısında olduğunu saptamışlardır.

Yağı 5-10 nm'lik bir membran sarar ve globül yapısı sağlar (Kessler, 2002). Membranın 1/3' ünü fosfolipidler, 2/3' ünü proteinler oluşturun, membran emülgatör gibi davranarak yağın stabilitesini sağlar (Kessler, 2002). Membranın oluşumunda diğliserid, monoglisid, kolesterol ve serbest yağ asitleri önemlidir, bununla birlikte emülgatör özelliğini veren ve ağ yapısı oluşturan ana bileşenler fosfolipidler, lipoprotein, glikoprotein ve metalproteinler gibi proteinlerdir (Kessler, 2002). Ayrıca membran, yağı enzimlere karşı da korumaktadır (Kessler, 2002). Moleküller ve molekül kompleksleri membranda hidrofilik ve hidrofobik özelliklerine göre yer alırlar, membranın dışında hidrasyon tabakası yer alır, bu kısımda hidrofilik proteinler ve polar gruplar yer alır, böylece yağ globüllerinin su içindeki stabilitesi sağlanır, membrandaki negatif yükler itme kuvveti oluşturun (Kessler, 2002). Bu kısmın altında hidrofobik proteinler, emülgatör özelliği olan fosfolipidler, nötral yağlar, yüksek derecede eriyen trigliseridler bulunur (Kessler, 2002). Ayrıca, lipoprotein ve glikoproteinler iç ve dış kısımda bulunur (Kessler, 2002).

Sütte bulunan trigiseridlerinin erime sıcaklığı -75°C (tribütirik gliserol) ve 72°C (tristearin) arasında değişmektedir, ancak süt yağının erime sıcaklığı 37°C dir, yüksek sıcaklıkta eriyen trigliseridler erimiş yağda çözünür (Hui, 1993). Homojenizasyon gibi etkilerle yağ globül yapısı bozulduğunda, yüzey alanı artar ve bazı membran materyali membran yüzeyini terk eder, bunların yerini proteinler alır (Hui, 1993).

Laktozun en önemli özelliği süt ürünlerinde fermentasyon substratı olarak kullanılmasıdır, laktoz bakteriler tarafından enerji kaynağı olarak tüketilmektedir. Laktoz, laktaz enzimi ile glukoz ve galaktoz adı verilen yapı taşlarına parçalanmaktadır. Bu durum, laktaz enzimi bulunduran laktik asit bakterilerini patojen ve ürünü bozan bakterilere karşı üstün kılar (Hui, 1993).

Na, K ve Cl tuzları serbest iyon olarak süt serumunda bulunur, koloidal Ca, Mg, inorganik fosfor ve sitrat sütte kazein miselinde bulunur (Hui, 1993). Difüz edebilen Ca, difüz edebilen Mg, difüz edebilen sitrat, Ca^{+2} ve HPO_4^{-2} miktarları pH'a göre değişmektedir, difüz edebilen Ca ve Mg'un %20-30'u serbest olarak bulunur, diğer kısmı sitrat ve fosfatlara bağlıdır, Ca^{+2} konsantrasyonu ile pH arasındaki ters orantı ve Ca^{+2} ile HPO_4^{-2} arasındaki doğru orantı sebebiyle miseller (koloidal) kalsiyum fosfata bağlıdır (Hui, 1993) .

2.1.3.2 Homojenizasyon

Sütteki yağ globüllerinin çapı genellikle 2-6 μm arasında değişmektedir, globül çapı 10-15 μm veya 0,1 μm olan globül sayısı çok azdır (Kessler, 2002). Yağ globülünün etrafındaki 8-10 nm kalınlığındaki membran serum ve yağ arasındaki gerilimi 1-2,5 mN/m gibi değerlere düşürmektedir (Hui, 1993). Böylece, globüller arasında ani çarpışma ve birleşmeler önlenir (Hui, 1993). Sütteki membranın ortalama yüzey alanı 80 m²/lt süttür (Hui, 1993). Homojenizasyon şartlarına göre globüllerin çapı 0,5 μm 'den düşük olabilmektedir (Hui, 1993). Yüzey alanı bu bozulma sebebiyle 6 kat veya daha fazla olmak üzere artar (Hui, 1993).

Homojenizasyonla yeni oluşan globüller üzerinde bir miktar yağ globül membranı yerleşmektedir, fakat membran miktarı oluşan yeni yüzey alanı için yeterli değildir (Hui, 1993). Ani bir membran bozulmasında, yağ-plazma arası gerilim artarak 15 mN/m'ye ulaşır ve plazmadaki amfifilik moleküller yağ globülüne yapışarak bu gerilimi azaltırlar (Hui, 1993). Amfifilik materyaller genellikle proteinlerinden oluşur ve 10-100 ms kadar kısa bir sürede globüle ulaşır (Hui, 1993).

İyi bir homojenizasyon sonucunda yağ globülleri komple membran materyali ile kaplanmalıdır, bu sebeple ortalama yağ globülü çapı çok küçük olmamalıdır ve homojenizasyon sıcak sütte yapılmalıdır (Kessler, 2002). Membranı oluşturacak olan materyaller yeterli miktarda bulunmalıdır (Kessler, 2002).

Homojenizasyon sonrası oluşan ikincil membran temel olarak serum proteini ve kazein misellerinden oluşur (Hui, 1993). Ayrıca ilk membrandan daha farklı özellik gösteren fosfolipid ve lipoprotein kompleksleri de ikincil membranda bulunur (Hui, 1993). İkincil membran, birincil membrana göre kompozisyon, yapı ve fonksiyonellik açısından farklılık göstermektedir (Hui, 1993).

Alan başına düşen protein miktarı emülsiyonda birim yağ yüzeyi alanına adsorbe olmuş proteine verilen isimdir (Hui, 1993). Yağ globülünde, 20 mg/m² yağsız süt, 40 mg/m² kazein misel süspansiyonu, 5 mg/m² alt kazein üniteleri süspansiyonu ve 1 mg/m² serum proteini çözeltisi bulunur (Hui, 1993). Alan başına düşen protein miktarının, küçük yağ globülleri için daha fazla olduğunu saptanmıştır; 15 mg/m², çapı yaklaşık 0,4 µm olan globüller için; 3 mg/m² çapı yaklaşık 1,6 µm olan globüller için bulunmuştur (Hui, 1993).

Homojenizasyonun verimliliği yağ globüllerinin ortalama çapları ile değerlendirilmektedir (Kessler, 2002). Küçük globüller 175 bar'ın üstünde başarılılabildiğinden, endüstriyel uygulamalarda bu basıncın uygulandığı yerlerde ikincil membran için yeterli mutlaka malzeme bulunmalıdır (Tamime ve Robinson, 1999). Küçük yağ globüllerinin protein tabakası büyük yağ globüllerine göre daha kalındır (Walstra ve diğ., 1999). Konsantre edilmiş sütte membran kalınlığı iki katına çıkar (Kessler, 2002).

Genel olarak tam yağlı ürünlerde, homojenizasyonun verimliliği artan yağ oranı ile azalmaktadır (Walstra ve diğ., 1999). Yağ oranı ve basınç arttığında yeni oluşan çok sayıdaki globülün membranlarının yapılabilmesi için membran materyalinin yeterli gelmediği görülmüştür (Walstra ve diğ., 1999). Membran materyalinin yeterli olmaması durumunda yağ globülleri birleşir (Walstra ve diğ., 1999). Sıcaklık arttıkça ortalama globül çapı azalır, basınç arttıkça ortalama globül çapı azalır, yağ oranı arttıkça ortalama globül çapı büyümektedir (Walstra ve diğ., 1999). Yağ globülünün membran ile kapatılması yüzey gerilimi ve membran materyali arasındaki orana bağlıdır, eğer oran çok büyükse globülün materyal ile örtülmesi başarılmaz (Kessler, 2002).

Eğer ikincil membran oluşumu için yeterli protein yoksa yağ globüllerinin ortalama çapı ve relatif dağılım genişliği büyür (Walstra ve diğ., 1999). Kremada globül membranının oluşumu için geçen zaman süte göre daha fazladır (Walstra ve diğ.,

1999). Aynı zamanda yağ globüllerinin birleşmesi de membran oluşum süresine göre daha kısadır (Walstra ve diğ., 1999). Ayrıca artan yağ oranlarında, yağ globülleri arasındaki uzaklığın ortalama çapa göre daha kısa olduğu ve bu sebeple birleşme olasılığının arttığı saptanmıştır (Walstra ve diğ., 1999).

Kazein miselleri serum proteinlerine göre membranda daha çok yer alır (Walstra ve diğ., 1999). Membranın oluşumu için kullanılacak olan materyallerde molekül ağırlığı arttıkça membranda daha çok yer almaktadır (Kessler, 2002). Kazeinler 20 mg/m² oranında, serum proteinleri 2-3 mg/m² oranında membranda yer almaktadır (Kessler, 2002). Membran malzemelerinin gelişigüzel membranda yer almaları sebebiyle membran kalınlığı her yerde aynı değildir (Kessler, 2002). Monomoleküler serum proteinin bulunduğu yerlerdeki kalınlık 3nm iken bütün kazein moleküllerinin yapıştığı yerler 100 nm'dir (Kessler, 2002). Bunun sebebi, kazeinler serum proteinlerine göre, yaklaşık 4 kat daha geniştir ve kazeinlerin hidrofilik ve hidrofobik karakteri sebebiyle emülgatör olarak hareket etmektedirler, kazeinlerden α_{s1} -ve β -kazein, kazein miktarının %60'ını oluşturmaktadır ve ikincil membranda mutlaka bulunur, κ -kazein membranda daha az bulunur, para- κ -kazein homojenizasyon öncesi bulunabilir (Kessler, 2002). Protein adsorbsiyonu birkaç saat içinde tersinirliğini kaybeder (Hui, 1993). Fakat moleküllerin alan için birbirleriyle yarışmalarından veya denatürasyondan dolayı tekrar düzenlemeler olabilir (Hui, 1993).

Homojenizasyon sıcaklığı genel olarak 40-75°C olarak önerilmektedir (Walstra ve diğ., 1999). Daha düşük sıcaklıklarda yağın bir miktarının kristal durumda kalması sebebiyle homojenizasyon etkisi düşmektedir, sıcaklığın 70°C'den yüksekte olmasının homojenizasyon etkisini vizkozitenin düşmesi sebebiyle çok değiştirmedeği görülmüştür (Walstra ve diğ., 1999). Sıcaklık 40-70°C'de iken , 141 bar, 201 bar ve 250 bar'da uygulanan homojenizasyonların derecelerinin, 63°C'ye kadar artma eğiliminde olduğu daha sonra değişmediği belirtilmiştir (Walstra ve diğ., 1999).

Homojenizasyon derecesi, 0,7 μ m'den daha düşük globül çapına sahip yağ globüllerinin hacminin toplam globül hacmine oranıdır (Kessler, 2002). Homojenizasyon sıcaklığı 40-60°C arasında arttırıldığında homojenizasyon derecesinde artış meydana gelmektedir (Kessler, 2002). Bunun sebebi sadece kıvamdaki değişiklik ya da fazlar arasındaki gerilim farkı ile açıklanamaz, vananın

özelliği ve homojenizasyon sırasında oluşan kavitasyon ile açıklanır (Kessler, 2002). Sütün homojenizasyonu için 60-70°C uygundur (Kessler, 2002).

Membran oluşumu sırasında sıcaklık 70°C'ye kadar yükselirse membranda daha ince bir protein tabakası yer alır, sebebi kazeinin yüksek sıcaklıkta daha hızlı yayılmasıdır (Hui, 1993). Örnek olarak, 60°C'de homojenizasyon yapıldığında membranda 6 mg/m² protein tabakası, 40°C'de yapıldığında 10,7 mg/m² protein tabakası bulunmaktadır (Hui, 1993).

Globül membranında birim alana düşen protein miktarı homojenizasyon sıcaklığı arttıkça (40-60°C) azalmaktadır, pastörizasyon sıcaklığı ile birim alana düşen protein miktarı pastörizasyon sıcaklığı arttıkça (40-60°C) artmaktadır, homojenize olmuş sütün globül çapı küçüldükçe birim alana düşen protein miktarı artmaktadır (Walstra ve diğ., 1999). Ayrıca, sütün homojenizasyonu bazı serum proteinlerini denatüre eder; denatürasyon sebebiyle veya tuz dengesindeki değişim sebebiyle kazein /serum proteini etkileşimi olur (Tamime ve Robinson, 1999). Sanayi tipindeki homojenizasyona dayanan kazeinler 5000 bar'dan sonra bir miktar değişmektedirler (Fox ve McSweeney, 1998). Yoğurt sütünün homojenizasyonunun yoğurtta sebep olduğu değişiklikler aşağıdaki gibi özetlenebilir (Tamime ve Robinson, 1999):

*Yağ globülü boyutundaki azalma ve kazein miseliyle birleşmesi ile asılı duran hacmin artması sonucu kıvam artar. Süt proteinlerinin su tutma kabiliyetinde artış ve böylece serum ayrılmasının azalmasını sağlar. Globül membranının genellikle kazein içermesinden dolayı, homojenize yağ globülleri büyük kazein molekülleri gibi davranır. Böylece kazein konsantrasyonu artmış olur ve yağ globülleri de asitle çökebilir.

* Sütteki enzim miktarının yarısını barındıran globül membranının parçalanması ile ksantin oksidaz enziminin aktivitesi artar.

* Işığın yansıtılmasını sağlayan yağ globüllerinin sayısının artması ile renk beyazlar.

* Lipazın etkileyebileceği toplam yağ yüzey alanı artar ve globül membranı parçalanarak başlatıcı kültürlerin enzimleri sebebiyle oluşacak olan lipoliz artar.

* Süt tozu ile süt zenginleştirildiğinde homojen karışım sağlanır.

* Yağ globül membranı materyalinin dağılması sebebiyle, yağsız kısma geçmesi ile serumdaki fosfolipidler artar.

- * Özellikle inkübasyon sırasında yoğurtta krema fazının oluşması, yağ globül boyutunun azalması ile azalır.
- * Yağsız süte fosfolipidlerin geçmesi ve serum proteinlerinin denatürasyonu ile saklı SH gruplarının ortaya çıkmasıyla antioksidan gibi davranan sülfidril gruplarının oluşması ile okside tat azalır.
- * Denatürasyon ve tuz dengesindeki değişimden dolayı protein-protein etkileşiminin değişmesi ile protein stabilitesi azalır. Homojenizasyonun oluşturduğu türbülans kazeinin serum proteinleri üzerine yapışmasını sağlar.
- * Yağ globüllerine kazein miselleri ve alt misellerinin adsorbsiyonundan dolayı yağların birleşmesi azalır.
- * Yeni oluşan küçük yağ globüllerindeki membran oluşumu için bir miktar kazeinin yağsız kısımdan ayrılması ile yağsız kısımdaki kazein azalır. Yağ globül yüzey alanı artar, globül boyutu azalır, globül membranı değişir.
- * Kazein-yağ globülü etkileşimi ve diğer protein ve protein etkileşimleri sebebiyle su bağlama kapasitesinin artması ve hidrofilik özelliğin artması ile serum ayrılması azalır. Ürünün sertliği ve ağız doygunluğu artar.

Homojenizasyon tek veya çift basamaklı yapılabilir (Tamime ve Robinson, 1999). Krema gibi yüksek yağ içeren ürünlerde tek ve çift basamak kritiktir, bu ürünlerde tek basamaktan sonra yağların birleşme ihtimali çok olduğundan çift basamaklı homojenizasyon önerilir (Tamime ve Robinson, 1999).

Yoğurt sütü genellikle 65-70°C’de tek basamaklı homojenizasyon uygulanarak 100-200 barda homojenize edilir (Tamime ve Robinson, 1999). Kebary ve Morris (1989) iki basamaklı homojenizasyonu 276/35 bar’da uygulayarak yapılandırılmış sütte yağların birleşmesinin ve dağılımının basınç ve yağ artışı ile arttığını saptamışlardır.

Augilera ve Kessler (1988) homojenize olmayan sütte, büyük yağ globüllerinin jel ağını bozarak sertliği azalttığını belirtmişlerdir. Van Vliet ve Dentener –Kikkert (1982) membran materyalinin homojenizasyon sonrası diğer süt proteinleri ile yer değiştirmesinin, yağ globüllerinin çapraz bağlarla yapıya bağlanarak jele dahil olmasını sağladığını saptamışlardır.

Yağ globüllerinin jel ağına dahil olmasında, globül boyutu, homojenizasyon şartları önemlidir (Kessler, 2002). Plock ve diğ. (1992) yağ globül çapı azaldığında kıvamın arttığını ve düşük basınçta homojenizasyonun çok basamaklı yapılmasının etkili

olduğunu saptamışlardır. Basamaklı homojenize etmenin penetrasyon kuvvetine ve serum ayrılması üzerine etkisi araştırılmıştır (Kessler, 2002). İkiyüz bar'da iki kere homojenize edilen sütle yapılan yoğurdun, 300 bar'da bir kere homojenize edilen sütle yapılan yoğurda göre daha kıvamlı olduğu tespit edilmiştir (Kessler, 2002). Sütün 200 barda 3 kez homojenize edilmesiyle oluşan yoğurt diğerlerine göre daha kıvamlı bulunmuştur, ayrıca serum ayrılması daha az bulunmuştur (Kessler, 2002).

Yüzde 10 yağlı , %4 proteinli, 70°C'de homojenize edilmiş ve 95°C/80 sn ısıtma işlemi görmüş yoğurt sütünde yağ globüllerinin boyutunun 1,8 µm'den homojenizasyonla 1,1 µm'ye indiği ve kıvamın iki katına çıktığı görülmüştür (Kessler, 2002). Basamaklı homojenizasyonda partikül boyutu dağılımı daralmaktadır, böylece büyük globül miktarı azalmaktadır ve yağ globüllerinin proteinli ağı daha çok dahil olmasıyla yapı gelişmektedir (Kessler, 2002).

Basıncın 0-150 bar arasında olduğu bir çalışmada homojenizasyon basıncının artmasıyla koagülasyon hızının arttığı tespit edilmiştir, homojenizasyon basıncının bu şekilde de kıvamın artışı sağladığı belirtilmiştir (Tamime ve Robinson, 1999). Isıl işlem gören ve görmeyen iki süt 50-300 bar arasında artan homojenizasyon basınçlarında homojenize edilmiş ve basınç arttıkça bu sütlerle yapılan fermente ürünlerin kıvamının arttığı gözlemlenmiştir (Tamime ve Robinson, 1999). Sütün ısıtma işlem görmesi de su tutma kabiliyetini arttırdığından ısıtma işlem gören süt ile yapılan fermente ürün, ısıtma işlem görmeyen süt ile yapılan ürüne göre daha kıvamlı bulunmuştur (Tamime ve Robinson, 1999).

Homojenizasyon sonrası oluşan yağ globüllerinin etrafına kazein miselleri adsorbe olur, oluşan türbülans ile de bir miktar serum proteini de yağ globülünün üstüne yapışır ve bunun üstüne de kazein yapışır (Fox, 1995). Homojenizasyonun basıncına ve artan yüzey alanına bağlı olarak homojenize edilmiş yağ globülü üzerindeki doğal membran materyali miktarı değişebilir (Fox, 1995). Homojenizasyon sıcaklığı 70-72°C arasında iken globül üzerindeki protein miktarı azalır, çünkü κ-kazein ve kazein miselleri seruma yayılmıştır (Fox, 1995). Homojenizasyon sonrası iki globülün aynı kazein miselini kullanması sonucu birleşmeler meydana gelebilir (Fox, 1995). Bu durum protein ve yağ oranına, uygulanan basınca ve globüldeki protein miktarına bağlıdır (Fox, 1995). Fakat %8 yağın altında bu tür birleşmeler olmayacağı gibi, %18 yağ üstünde kaçınılmazdır (Fox, 1995). Yağ globülü membranı yüzeyindeki kazein diğer kazeinlerin verdiği tüm reaksiyonları verebilir

(Fox, 1995). Önce ısıtma sonra homojenizasyon olduğunda yağ globülü etrafındaki protein miktarı artar ve bu da birleşmeleri tetikler (Fox, 1995).

Özellikle yüksek yağ içeren sütlerde homojenizasyon basıncının artması kıvamı arttırmakta ve serum ayrılmasını azaltmaktadır, bu durumun küçülen yağ globülleri sebebiyle olduğu düşünülmektedir; yağ globül boyutu küçüldükçe yoğurttaki 3 boyutlu ağ yapısına daha kolay dahil olabilmektedir (Kessler, 2002). Kazein ve serum proteinlerinin ikincil yağ globül membranına ilavesi, globüllerin mevcuttaki proteinli jel-matriksi ile aktif etkileşim içinde olmasını, yapı içinde tutunabilmesini sağlar (Kessler, 2002). Homojenizasyonun yoğurdun jel yapısı üzerindeki etkisini incelerken yağ globül sayısının ve boyutunun, ikincil globül membran materyalinin ve kıvamdaki artışın etkileri incelenmelidir (Kessler, 2002).

Teorik olarak, asidik jel sistemlerinde yağ globül boyutunun önem taşımasının sebebi kazein miselleri gibi davranabiliyor olmasıdır (Kessler, 2002). Kazein misellerinin ortalama çapı 50-200 nm'dir (Kessler, 2002). Fermente süt ürünlerinde kazein 400 nm'lik agregatlar yaparak ağ yapısını oluşturur (Kessler, 2002). Yağ oranı %10 olan yağlı bir üründe yağ globüllerinin ortalama çapı 550 nm'dir, ki bu değer de kazein çapına çok yakındır (Kessler, 2002). Bu durumda yağ globülleri kazein partikülleri gibi ağ yapısında etkili olabilmektedir.

2.1.3.3 Isıl işlem

Yoğurda ısıtma işlemi uygulanmasının temel sebepleri şöyledir (Tamime ve Robinson, 1999):

- Patojenlerin ve diğer istenmeyen mikroorganizmaların öldürülmesi
- Yoğurttaki başlatıcı (starter) kültürler için gerekli ortamın sağlanması
- Yoğurt üretimi için gerekli olan fizikokimyasal değişimlerin sağlanması

Yoğurt üretiminde süt yüksek pastörizasyon olarak adlandırılan 85°C/30 dk veya 90-95°C/5 dk ısıtma işlemiyle ısıtılır, bakteri sporları hariç tüm canlı hücreler öldürülür, sütte bulunan bakteriyel proteinaz ve lipaz dışındaki çoğu enzim inaktive olur, serum proteinleri denature olur, enzimlerin hepsinin inaktive edilemiyor olmasının yoğurt endüstrisinde büyük bir probleme yol açtığı görülmemiştir (Tamime ve Robinson, 1999). Isıl işlemin sütte kimyasal ve fiziksel etkileri ve bu etkilerin yoğurt üretimindeki katkıları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Tamime ve Robinson, 1999):

*Serum proteininde immunoglobulin agregasyonu ve denatürasyonu olur. Yoğurtta bu özellik etkilidir. Kremalaşma azalır.

*Serum proteininde aktif SH grupları oluşur. Pişmiş tat oluşur, antioksidan maddeler oluşur.

* Serum proteininde α -La ve β -Lg etkileşimleri κ -kazein ile etkileşimden önce olur. α -La ve κ -kazein etkileşimi ile serum ayrılması azalır, misel boyutu artar, jel stabilize olur.

*Enzimler etkisiz hale gelir, süt kaynaklı ve bakteriyel lipaz ve proteinaz bozulur. Ransid tat ve acımsı tat gibi kötü tatlar azalır.

*Kazeinde kısmi hidroliz olur. κ -Kazeinden glikopeptid ayrılır. Serbest aminoasit ve peptid miktarı çok az artar. Defosforilasyon olur, ancak bunun yoğurt üzerinde etkisi azdır.

*Kazeinde birleşmeler ve ayrılmalar olur. İzopeptid bağları ile zincirler arası çapraz bağlanma oluşur. Misel boyutu artar ve protein ağı oluşur.

*Belirtilen protein etkilerine ilave olarak; aminoasitler lezzet bileşenlerine ayrılır. Aminoasit ve laktoz reaksiyonu ile Maillard reaksiyonu, Schiff bazı oluşur. Lisinde azalma görülür. Aminoasit ve aminoasit etkileşimi çok azdır.

*Laktoz bozunarak organik asit, furfural ve hidroksimetilfurfural oluşur. pH düşer ve formik asit oluşur. Başlatıcı kültürlerin gelişimi etkilenir. Yoğurt aroması oluşumunda etkilidir.

*Yağdan lakton, metil keton ve diğer uçucu ketonlar oluşur. Lezzet değişir.

*Bazı suda çözünen vitaminlerin aktivitesi azalır.

*Ca, P ve Mg'un koloidal ve çözünür formları arasında değişimler olur. Bu durumun yoğurt üzerinde belirgin bir etkisi vardır. Kazein miselindeki yüzey yapısı değişir. pH düşer, jel partikülleri etkilenir ve koagülasyon süresi kısalır.

*Patojen ve diğer bazı mikroorganizmalar öldürülür.

*Çözünmüş oksijen, azot ve karbondioksit azalır. Böylece başlatıcı kültürler için mikroaerofilik ortam oluşur.

Pastörizasyon işlemi ile sporlar öldüremez ve bazı enzimleri inaktive edilemez, fakat bu sıcaklıklardaki ısıtma işlemi, başlatıcı (starter) kültürler için iyi bir medya

oluşturur (Tamime ve Robinson, 1999). DeBeukellar ve diğ. (1977) yüksek sayıdaki psikrotrofik bakterilerin enzimlerinin β -kazein , α_s -kazein ve yağ bileşenlerini hidrolize ettiğini tespit etmişlerdir, kazein degradasyonu zayıf yapıya ve devamındaki serum ayrılmasına sebep olur, yağ bileşenlerinin parçalanması hidrolitik ransiditeye ve istenmeyen tatların oluşumuna neden olur.

Yoğurtta uygulanan pastörizasyon muhafaza amacını karşılayan değerden daha fazladır (McKenna, 2003). Law (1996) ve Pearce (1995) pastörizasyon miktarının serum proteini denatürasyonu için yeterli olması gerektiğini belirtmişlerdir. Denatüre olan serum proteini kazeine bağlanmaktadır (McKenna, 2003). 80°C/10 dk ısıtılan süte, 63°C/30 dk ısıtılan süte göre kazein miktarı artmış, kazein olmayan fraksiyon miktarı azalmış, çözünür protein miktarı azalmış, β -Lg miktarı azalmıştır, protein olmayan fraksiyonda değişim olmamıştır (Tamime ve Robinson, 1999).

Kazeinlerin ısı stabilitesinin β -Lg ve α -La'ya göre daha fazla olduğu bilinmektedir (Tamime ve Robinson, 1999). β -Lg ve α -La uygulanan ısıtma koşullarında denatüre olmaktadır (Tamime ve Robinson, 1999). β -Lg denatüre olduktan sonra κ -kazein ile etkileşir, α -La , β -Lg'e göre daha yüksek sıcaklıklarda bu tür etkileşimlere girmektedir (Tamime ve Robinson, 1999).

Isıl işlem sonrası süt proteinlerinde meydana gelen değişimler ve sonrasındaki asit gelişimi, jel oluşumu yoğurdun diğer özelliklerini de etkiler, proteinler 85°C/30dk ısıtıldıklarında hidrofilik özellikleri optimum düzeye gelir (Tamime ve Robinson, 1999). Isıtma işleminin sıcaklığı ve süresi koagülasyon zamanını, asitliğini ve pH'ını etkilemektedir (Tamime ve Robinson, 1999). Isıtma süresinin artması ile jel oluşumunun hızlanmasının sebebi kazein ve β -Lg arasındaki etkileşim olarak bildirilmektedir, ısıl işlem 80°C/30 dk olduğunda β -Lg'nin %90'dan fazlasının ve α -La'nın %60 oranında denatürasyonunu sağlamaktadır (Tamime ve Robinson, 1999).

Isıtma serum proteinlerinin hacmini ve serum proteinlerinin su bağlama kapasitesini arttırır, çözünürlüğünü azaltır (McKenna, 2003). Globüler serum proteinlerinin reaktif yan grupları, özellikle tiol grupları açılırlar ve disülfid bağlarına okside olurlar, serum proteinleri ve kazein arasında birleşmeler olur (McKenna, 2003). Denatüre olmamış serum proteinleri ısıl işlem sonrası süte katıldığında jel matriksine giremezler, denatüre olmuş serum proteinleri ısıtma sırasında kazeinlerle birleşir ve

ısıtma devam ederken diğer denatüre olmuş serum proteinleri ile etkileşirler, denatüre olmuş serum proteinleri izoelektrik noktalarına yaklaştıkça birbirlerine yakınlaşırlar (McKenna, 2003).

Mottar ve diğ. (1989), denatürasyon ve kazeine bağlanma konusunda bir model geliştirmişlerdir, bu modele göre faz 1’de denatüre olmuş β -Lg , kazeindeki κ -kazein ile birleşir, böylece yapısı homojen olmayan kazein miseline girişler olmakta ve yüzey hidrofobikliği artmaktadır, faz 2’de ise α -La denatüre olduğunda, β -Lg ile bağlar yapar ve faz 1 ‘de oluşan boşlukları doldurur. Miselde bulunan α -La miktarı ısıtma derecesine bağlıdır. Böylece yüzey düzgünleşir, hidrofobikliği azalır ve protein matriksinin su tutma kabiliyeti artar (Mottar ve diğ., 1989). β -Lg denatürasyonunun %60-99 arasındayken serum ayrılması azalmaktadır, ancak yoğurt jeli β -Lg’in %10’u denatüre olmadan kaldığı zaman serum ayrılması ve kıvam açısından optimumda olur (McKenna, 2003).

Süte sadece ısıtma işlem uygulandığında denatüre serum proteini ve kazein etkileşimi sonucunda kazein miselleri büyüüp misellerin boyut dağılımı genişlemektedir, homojenizasyonda ise yağlı ve yağsız sütte misel boyutu küçülmektedir (Garcia-Risco ve diğ., 2002). Homojenizasyon öncesi ısıtma işlemi yağ globülü ikincil membranına daha fazla protein adsorbe olmasına sebep olur (Garcia-Risco ve diğ., 2002). Misel bozulması koloidal kalsiyum fosfatın çözünmesi ile görülmektedir (Garcia-Risco ve diğ., 2002). Homojenizasyon bir miktar β -Lg ve α -La’nin denatürasyonuna sebep olmaktadır, ısıtıldığında denatürasyon daha da artmaktadır, denatürasyon düzeyi süt önce homojenize edilip sonra ısıtıldığında, önce ısıtılıp sonra homojenize edilmesine göre daha fazla olmaktadır, genel olarak yağsız sütte denatürasyon yağlı süte göre daha fazla olmaktadır (Garcia-Risco ve diğ., 2002). Homojenizasyon sonrası oluşan yağ globüllerine kazeinler adsorbe olurken serum proteinleri sadece ısıyla denatüre edildiklerinde ikincil membranda yer alabilir (Garcia-Risco ve diğ., 2002).

2.1.3.4 Kültür ekleme ve inkübasyon

Başlatıcı (starter) kültürler süt şekeri olan laktozu kullanırlar. Temel başlatıcı kültürlerden olan *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* laktozu laktik aside dönüştürürler.

Streptococcus thermophilus ve *Lactobacillus bulgaricus* belli oranlardaki karışım halinde süte verilerek simbiyotik olarak ürerler ve istenilen asitlik ve lezzet profilini oluştururlar. İstenilen yapı yoğurdun 40-45°C’de pH 4,6-4,7’ye kadar inkübe edilmesiyle elde edilir (Cho-ah-ying ve diğ., 1990).

Yoğurt yapısının oluşumu, kazein kompleksinin destabilizasyonu sonucunda gerçekleşir, farklı protein fraksiyonları birbirine kalsiyum-fosfat köprüleriyle bağlıdır (Tamime ve Robinson, 1999). Fermentasyon sırasında oluşan laktik asit sebebiyle pH’nın düşmesiyle koloidal kalsiyum fosfat çözünür hale geçer ve serumdaki kalsiyum, magnezyum ve sitrat miktarı artar, sütün pH’sı 4,6-4,7 olduğunda kazein koagüle olur, çöker ve yoğurt jeli oluşur, misellerin ayrılması ve birleşmesindeki mekanizmalar pH, sıcaklık ve iyon konsantrasyonundan etkilenmektedir (Tamime ve Robinson, 1999). Sütün pH’sı 5,6’ya düştükten sonra kazein miselleri en dıştan başlayarak birbirinden ayrılmaya başlar, koloidal kalsiyum fosfatın çözünmesi ise pH 5,3’te başlar, kazeindeki karboksil gruplarına kalsiyum bağlanabilir, pH düşüşü kazein misellerinin yükünü nötralize eder, itme kuvveti azalır ve hidrofobik bağlarla koagülasyon gerçekleşir (Tamime ve Robinson, 1999).

Ayrıca, laktik asit yoğurdun kendine has keskin ve asidik tadını da verir. Yoğurdun özel lezzeti ekteki bileşenlerinden gelmektedir (Tamime ve Robinson, 1999):

- Uçucu olmayan asitler (laktik, pürivik, okzalik, süksinik)
- Uçucu asitler (formik, asetik, propiyonik, bütirik)
- Karbonilli bileşikler (asetaldehit, aseton, asetoin veya diasetil)
- Diğer bileşenler (protein, yağ ve laktozun ısıyla parçalanmasından oluşur)

2.1.3.5 Soğutma

Fermentasyon sırasında pH 4,6 olunca veya laktik asit %0,9 oranında üretildiğinde yoğurt soğutmaya alınır. Başlatıcı kültürler 10°C’nin altında gelişemediklerinden sıcaklığı 10°C’nin altına indirmek gereklidir.

2.2 Yüksek Basıncın Yoğurt Üretiminde Kullanılması

Yoğurt üretiminde süte 100-150 bar basınçta ve 65-70°C’de homojenizasyon uygulanmaktadır. Homojenizasyon basıncının arttırılmasının yağlı yoğurdun yapısal özelliklerini olumlu yönde etkilediği bildirilmektedir. Literatürde homojenizasyon basıncının arttırılmasının yağlı yoğurdun yapısal özelliklerini geliştirdiği bildirilmektedir. Ancak, yağsız yoğurdun yapısal özelliklerine etkisi hakkında bir bilgi bulunmamaktadır.

Schmidt ve Bledsoe (1995) sütün homojenizasyon basıncının klasik tip yoğurt üretiminde kıvam üzerine etkisi sütte yağ oranı değiştirilerek ve süte farklı basınçlar uygulanarak araştırmıştır. Yağ oranı %1,5 olan sütte homojenizasyon basıncı 0 bar ve 350 bar olarak uygulanmış; kıvam ve santrifüj ile serum ayrılması açısından standart üretim olan %3,5 yağlı ve 103 barda homojenize edilmiş süttten yapılmış yoğurt ile karşılaştırılmıştır. %1,5 yağlı yoğurdun kıvamı, homojenizasyon uygulanmadığında standart üretimden düşük bulunmuş; 350 bar homojenizasyon uygulandığında standart üretimden yüksek bulunmuştur. Santrifüj ile serum ayrılması açısından %1,5 yağlı homojenize edilmeyen süt ve %1,5 yağlı 350 barda homojenize edilen süt ile yapılan yoğurtlarda, standart üretime göre fazla bulunmuştur. Yağ oranı %1,5 olan ürünlerde ayrılan serum miktarının, %3,5 yağlı standart üründen ayrılan serum miktarına göre fazla olmasının sebebi yağ oranının düşük olması ile açıklanmıştır. Sonuç olarak yağlı süte uygulanan basıncın arttırılmasının bu süt ile yapılan yoğurdun kıvamı üzerine pozitif etkisinin olduğunu, serum ayrılması üzerine ise özellikle yağ oranının etkili olduğunu belirtmiştir. İlgili çalışmada yoğurdun kıvamı Instron University Testing Machine (model 1122) ile ölçülmüştür. Yapılmış olan mevcut çalışmada ise yoğurdun kıvamı Bostwick yöntemi ile ölçülmüştür. Bostwick kıvam analizi küçük farklılıkları gösteren bir analiz olamayabileceği, örnekler arası farklılığı tespit edebilmek için daha hassas bir yonteme ihtiyaç duyulabileceği düşünülmüştür.

Serra ve diğ. (2007) tarafından yapılan çalışmada da süte uygulanan yüksek homojenizasyon basıncının kıvam üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu araştırmada 30-40°C’de ve 1000-3000 bar arasında değişen basınçlarda homojenize edilen tam yağlı süt ile yaptıkları yoğurtlarda kıvamın, kurumaddesi %3 arttırılmış, 90°C’de 90 sn pastörize edilip 150 barda homojenize edilen süt ile yapılan yoğurtların kıvamına göre daha fazla olduğunu saptamışlardır. Mevcut çalışmamızda

ilgili çalışmadaki gibi yüksek basınçlara çıkılmamıştır, bu nedenle farklılığın tespit edilemediği düşünülmüştür.

Lanciotti ve diğ. (2004) yağ oranı %2-8 arasındaki sütlere uygulanan homojenizasyon sonrası yapılmış karıştırılmış yoğurtlarda kıvamın 450 barda en az bulunduğunu , 450 bar-750 bar arasında artma eğiliminde olduğunu tespit etmişlerdir.

Mevcut çalışmada ilgili çalışmadaki gibi yüksek yağ oranlarında çalışılmamıştır. Bu çalışmada karıştırılmış yoğurdun yapısal özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla yüksek basınçta homojenizasyon uygulaması incelenmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Bu çalışmada pastörize yağsız süt konsantresi (Akgıda, Sakarya), su ve pastörize krema (Akgıda, Sakarya) kullanılmıştır. Yağsız süt konsantresinin yağsız süt kurumaddesi oranı $21,5 \pm 0,5$; yağ oranı $0,2 \pm 0,05$ ve pH'sı $6,55 \pm 0,05$ 'dir. Kremanın yağsız süt kurumaddesi oranı $4,5 \pm 0,5$; yağ oranı $40 \pm 0,5$ ve pH'sı $6,63 \pm 0,05$ 'dir.

Kültür olarak 1:1 oranında *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus* içeren eden kültür kullanılmıştır (Danisco 410, Danimarka). Kültür ekzopolisakkarid üretmemektedir.

3.2 Metot

3.2.1 Karıştırılmış yoğurtların hazırlanması

Yoğurtlar yağsız süt konsantresi ve su kullanarak, yağsız kurumaddesi %10 olacak şekilde ayarlanmıştır. Krema eklenerek %0 yağın yanında %2 yağlı örnekler de hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımlar homojenizasyon sıcaklığına (70°C) mikrodalga fırında ısıtılmış, hedeflenen basınçlarda (150, 800 bar) homojenizatörde (APV-1000, Macaristan) homojenize edilmiş, 92°C'ye mikrodalga fırında getirilmiş ve 92°C'lik su banyosunda 5 dk tutulmuştur.

Örnekler buzlu su içeren su banyosunda 42°C'ye soğutulmuş ve %2 oranında kültür eklenmiştir. İnkübasyon 42°C'ye ayarlı etüvde pH 4,62 oluncaya kadar sürdürülmüştür. İnkübasyon yaklaşık 3,5 saat sürmüştür. İnkübasyon sonrası örnekler etüvden çıkarılarak, el mikseri (Mikso, Arçelik, Türkiye) ile 4. devirde 30 sn karıştırılmıştır ve 4°C'de depolanmıştır. Yoğurt örneklerinin üretimden bir gün sonra pH değeri ölçülmüştür. Üretimden üç gün sonra örneklerin pH değeri, kıvamı, santrifüj ile serum ayrılması ölçülmüş ve duyusal analizleri (doku profili analizi ve lezzet profili analizi) yapılmıştır. Üretimden onbeş gün sonra kendiliğinden serum

ayrılması ve pH değeri ölçülmüştür. Denemeler iki ayrı günde iki ayrı sütün üretim yapılarak iki tekrarlı yapılmıştır.

3.2.2 Santrifüj ile serum ayrılması

Harwalkar ve Kalab'ın (1983) metodu adapte edilerek belirlenmiştir. Çözünürlük (50 mL) tüplerine $50\pm0,5$ g numune konularak 750 rpm'de 6°C'de 10 dk santrifüj edilerek yüzeyde biriken serum alınmıştır. Sonuçlar ayrılan serumun toplamdaki kütlece yüzdesi olarak ifade edilmiştir (McKenna, 2003).

3.2.3 Kendiliğinden serum ayrılması

Örnekler çapı 75 mm olan bir kaba 100 ± 1 g konularak 15 gün 4°C'de tutulmuştur. Ayrılan serum kaptaki örneğin yüzeyinden pipetle alınarak tartılmıştır (Folkenberg ve diğ., 2004). Sonuçlar ayrılan serumun toplamdaki kütlece yüzdesi olarak ifade edilmiştir.

3.2.4 Kıvam

Kıvam 4°C'de dikdörtgen bir kanala sahip olan Bostwick düzeneği (İsviçre) ile ölçülmüştür. Örneği kanala koyduktan sonra 30 sn sonunda aldığı yol cm olarak ölçülmüştür. Santimetre cinsinden ifade edilen kıvamın yüksek değerde olması örneğin düşük kıvamda olduğunu gösterir.

3.2.5 pH tayini

Hammadde olarak kullanılan krema ve yağsız süt kurumaddesinin pH değerleri ve yoğurtların pH değerleri pHmetre (Mettler Toledo SevenEasy, Çin) kullanılarak saptanmıştır.

3.2.6 Duyusal analizler

3.2.6.1 Lezzet profili analizi

Başarılı bir panel için panel eğitimi olmalıdır. Panelistin temel tatlara hassasiyeti ölçülmeli, farklılığı algılaması saptanmalı, algılanan farklılığın ölçülüp aktarılabilmesi sağlanmalıdır (Dethmers, 1981). Bu sebeple TS 3904/ISO 3972, TS 5915/ISO 4120 ve TS ISO 8586-1'e göre eğitim verilmiştir (TSE, 2001; TSE, 1988; TSE, 1997). Bu kapsamda altı temel tat değerlendirme, tat eşiği değerlendirme, ayırt

etme ve koku tanımlama konularında panelistlere örneklerle bilgi verilmiştir. Bu ön çalışmadan sonra lezzet profili analizi için panel lideri tarafından panelistlerle toplantılar yapılmış ve incelenecek kriterler konusunda eğitim verilmiştir.

Lezzet profili analizi için en az 4 kişi olmalıdır (Hootman, 1992). Bu çalışmada 6 kişi ile çalışılmıştır. Yoğurdun karakteristik özellikleri referans örnekler sunularak ve 0-7 aralığında bir skala oluşturularak panelistlere öğretilmiştir. Skalada özelliği göstermeyen örnek 0, özelliği en çok gösteren örnek 7 değerini almıştır (Meilgaard ve diğ., 1991). Eğitim sırasında 0 ve 7 derecelerini alan referanslar ile panelistler eğitilmiştir (Tablo 3.1, EkA). Daha sonra deneme ürünlerini değerlendirirken, karşılaştırma için ilgili referansların ve skala derecelerinin göz önünde bulundurulması istenmiştir (Hootman, 1992).

Tablo 3.1: Lezzet Profili Analizinde İncelenen Özelliklerin Referansları ve Skaladaki Dereceleri

Özellik	Skalada ‘0’ değerini alan referans	Skalada ‘7’ değerini alan referans
Ekşilik	Su	0,43 g/L lik sitrik asit solüsyonu
Acılık	Su	0,195 g/L lik kafein solüsyonu
Ransid tat	Su	0,33 g/L lik bütirik asit solüsyonu
Süt yağı	Su	Tereyağı

3.2.6.2 Doku profili analizi

Doku profili analizinde eğitimli 6-10 kişi yeterlidir (Hootman, 1992). Bu çalışmada 6 kişi ile çalışılmıştır. Doku profili analizinde incelenen özellikler belirlenmiştir (McKenna, 2003). Doku profili özelliklerinin derecelendirilmesini sağlamak amacıyla 0-7 aralığında bir skala oluşturulmuştur. Skalada özelliği göstermeyen örnek 0, özelliği en çok gösteren örnek 7 değerini almıştır (Meilgaard ve diğ., 1991). Eğitim sırasında 0 ve 7 derecelerini alan referanslar ile panelistler eğitilmiştir (Tablo

3.2, Tablo 3.3, EkA). Daha sonra deneme ürünlerini değerlendirirken, karşılaştırma için ilgili referansların ve skala derecelerinin göz önünde bulundurulması istenmiştir (Hootman, 1992).

Tablo 3.2: Doku Profili Analizinde İncelenen Özellikler ve Açıklamaları

Özellik	Açıklaması
Jel Sıklılığı	Çay kaşığı ile jeli deldiğinizde ve karıştırmadan bir miktar yoğurdu aldığımızda hissedilen yapı
Ağızda doygunluk	Yoğurdu damak ve dil arasında sıkıştırdığımızda hissedilen dolgunluk
Kıvam	Yoğurdu kaşıkla karıştırmak istediğimizde hissedilen direnç
Kısa yapı	Karıştırılmış ürün çay kaşığından dökülürken algılanan uzama
Pürüzsüzlük	Yoğurt kaşıkla alındığında kaşığın arka yüzeyindeki tanecikli yapı
Kumsuzluk	Ağızda hissedilen tanecikli yapı
Kremsilik	Ağızda hissedilen kaygan, kremi yapı

Tablo 3.3: Doku Profili Analizinde İncelenen Özelliklerin Referansları ve Skaladaki Dereceleri

Özellik	Skalada ‘0’ değerini alan referans	Skalada ‘7’ değerini alan referans
Jel Sıklılığı	Mayonez	Jöle
Ağızda doygunluk	Krema	Süzme yoğurt
Kıvam	Krema	Süzme yoğurt
Kısa yapı	Bal	Puding
Pürüzsüzlük	Kesik süt	Mayonez
Kumsuzluk	Kesik süt	Mayonez
Kremsilik	Taze yağsız beyaz peynir	Krema

3.2.7 İstatistiksel analiz

Homojenizasyon basıncının ve yağın kıvama, santrifüj ile serum ayrılmasına ve duyuşal özelliklere etkileri iki faktörlü, iki seviyeli ANOVA (SPSS 10, A.B.D.) kullanılarak incelenmiştir. Örnekler arasındaki farklılıklar Duncan testi kullanılarak tespit edilmiştir (O’Mahony, 1986). İstatistiksel analizlerde 0,05 önem düzeyi kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yağsız kuru madde oranı %10 olan ve yağı %0 ve %2 olan sütlerle 150 bar ve 800 bar homojenizasyon basıncı uygulanarak üretilen karıştırılmış yoğurt örneklerinin üretimden 3 gün sonraki kıvam, santrifüj ile serum ayrılması, üretimden 3 gün sonraki lezzet ve doku profili değerleri ve üretimden onbeş gün sonraki kendiliğinden serum ayrılması değerleri aşağıda verilmiştir. Yoğurtların karıştırma işleminden sonraki pH'sı $4,6 \pm 0,03$ değerlerindedir. Üretimlerinin birinci gününde pH değerleri $4,4 \pm 0,03$ olarak, üretimlerinin üçüncü gününde $4,3 \pm 0,03$ olarak, üretimlerinin onbeşinci gününde $4,2 \pm 0,03$ olarak ölçülmüştür.

4.1 Homojenizasyon Basıncının Arttırılmasının Farklı Yağ İçeriğine Sahip Karıştırılmış Yoğurtlarda Kıvam ve Serum Ayrılmasına Etkisi

İki farklı süt ile yapılan yoğurtların ortalama kıvam ve santrifüj ile serum ayrılması değerleri Tablo 4.1'de gösterilmiştir. Homojenizasyon basıncı 150 bar olan örnekler endüstriyel uygulama örneklerini temsil etmektedir.

Tablo 4.1: Farklı Basınlarda Homojenize Edilen Sütlerden Üretilen Karıştırılmış Yoğurtlarda Kıvam ve Santrifüj ile Serum Ayrılması¹

Örnek	Sütün kütlece yağ oranı (%)	Basıncı (bar)	Kıvam ² (cm)	Santrifüj ile serum ayrılması (kütlece %)
1	0	150	$7,2 \pm 1,8^a$	$20,3 \pm 4,0^{ab}$
2	0	800	$7,9 \pm 0,8^a$	$26,4 \pm 7,2^a$
3	2	150	$5,5 \pm 1,0^{ab}$	$8,4 \pm 2,6^{ab}$
4	2	800	$3,7 \pm 0,3^b$	$5,2 \pm 4,1^b$

¹: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır ($P < 0,05$)

²: Bostwick düzeneğinde 30 saniyede aktığı cm cinsinden mesafedir.

Süte uygulanan basıncın derecesinin karıştırılmış yoğurtların kıvam ve santrifüj ile serum ayrılması özelliklerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P < 0,05$), fakat süt yağı miktarının karıştırılmış yoğurtların kıvam ve santrifüj ile serum ayrılması özelliklerine etkisi istatistiksel olarak önemli tespit edilmiştir ($P < 0,05$). Farklı işlem görmüş sütler ile yapılan tüm yoğurtlar Duncan testine göre

kıvam ve santrifüj ile serum ayrılması açısından önemli düzeyde farklı bulunmamıştır ($P<0,05$).

Kullanılan sütlerin fizikokimyasal özelliklerinin farklı olmasından dolayı ölçülen özelliklerde değişkenlik yüksek olmuş olabilir. Literatürde (Schmidt ve Bledsoe, 1995; Serra ve diğ., 2007; Lanciotti ve diğ., 2004) yağlı yoğurt üretiminde homojenizasyon basıncının artırılmasının yapısal özellikleri üzerinde olumlu bulunduğu bildirilmektedir. Bu çalışmada homojenizasyon basıncının artırılması yağlı ve yağsız yoğurt örneklerinde yapısal özelliklere önemli düzeyde etkilemediği bulunmuştur. Bunun bir sebebi kullanılan sütlerin fizikokimyasal özelliklerinin farklı olması olabilir. Ayrıca serum ayrılmasının sentrifüj yöntemi ile ölçümü sırasında ölçüm değişikliğinin fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu da sonuçlardaki değişkenliğe katkıda bulunmuş olabilir. Ayrıca sütün yağsız kuru maddesinin düşük oluşu ve incelenen yağ düzeyinin bu etkiyi belirgin kılacak şekilde yüksek olmayışının basınç etkisinin görülmeişine sebep olabileceği düşünülmüştür.

Homojenizasyonla yağ globül yüzey alanı artmaktadır, globül boyutu azalmaktadır, globül membranının yapısı değişmektedir (Tamime ve Marshall, 1997). Homojenizasyon etkisiyle serum ayrılmasının azaldığı, ürünün sertliğinin ve ağızda doluluğun arttığı bildirilmektedir (Tamime ve Marshall, 1997).

Yağ oranı ve/veya basınç arttığında yeni oluşan çok sayıdaki globülün membranlarının yapılabilmesi için membran materyalinin yeterli gelmediği ve birleşmelerin meydana geldiği bildirilmiştir (Walstra ve diğ., 1999). Kielczewska ve diğ. (2003) yağ globüllerinin birleşmesinin 800 bar'dan sonra olabileceğini belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada basınç 800 bar'ın üstüne çıkmadığından membran materyalinin yetmeyişi sebebiyle globüllerin birleşmesi gibi bir problem yaşanılmamıştır.

Isıl işlem sonucu denatürasyonla birleşen serum proteinlerinin büyük globüller oluşturmaya karşılık yağlı ve yağsız sütte homojenizasyon uygulandığında kazein misel boyutunun küçüldüğü ve yağsız sütte miselin daha az bozulduğu veya homojenizasyonla bozulan miselin daha sonra tekrar eski yapısını kazandığı bildirilmiştir (Garcia-Risco ve diğ., 2002). Yüksek basınçta homojenizasyon işlemi yüzeydeki kazein misellerinin bir kısmını kopartmaktadır (Sandra ve Dalgleish, 2005).

Özellikle yüksek homojenizasyon basıncı ile kazeinin hasar görmesi sebebiyle yapının zayıf oluşmasının karıştırılmış yoğurtlarda santrifüj ile serum ayrılmasının artmasına sebep olduğu düşünülmüştür. Yağsız yoğurtta homjenizasyon basıncının artırılmasının etkisinin görülmeyişi ise homojenizasyonun kazein misellerinde ayrışmaya sebep olması ile açıklanabilir.

Yüksek homojenizasyon basıncı uygulanan sütlerde yağ globülleri küçülerek etrafı kazein ve serum proteinleri ile kaplandığı ve her globül yapı taşı olarak ağ yapısında yer aldığı, dolayısıyla yağlı yoğurtta süte uygulanan basıncın artmasının yapıyı güçlendirip serum ayrılmasını azalttığı bilinmektedir. Ancak bu durum yağsız örnekte geçerli değildir. Aksine basıncın artırılması ile kazein misellerinin yüzeydn kısmi olarak parçalandığı bildirilmektedir (Garcia-Risco ve diğ., 2002; Tamime ve Marshall, 1997).

4.2 Karıştırılmış Yoğurtlarda Kendiliğinden Serum Ayrılması Değerleri

Depolamanın 15.gününde serum ayrılması %2 yağ, homojenizasyon basıncı 800 bar ve %2 yağ, homojenizasyon basıncı 150 bar örneklerinde gözlemlenmemiştir.

Yağsız ve homojenizasyon basıncı 800 bar olan örnekte %1,9; yağsız ve homojenizasyon basıncı 150 bar olan örnekte %2,8 serum ayrılması saptanmıştır. Yağlı örneklerde kendiliğinden serum ayrılması görülmezken; yağsız örneklerde kendiliğinden serum ayrılması saptanmıştır. Yağsız örnekte kendiliğinden serum ayrılması yüksek basınçlı örnekte daha az olmuştur.

4.3 Karıştırılmış Yoğurtlara Ait Doku Profili Değerleri

Doku profili analizinde yağ, basınç, yağ ve basınç etkileşimi ve panelist faktörlerinin yoğurtlardaki jel sıklığı, ağızda doygunluk, kıvam, kısa yapı, pürüzsüzlük, kumsuzluk ve kremsilik özelliklerine etkileri incelenmiştir. Tüm doku profili özelliklerine yağın istatistiksel olarak etkili olduğu saptanmıştır (Tablo 4.2). İstatistiksel olarak basıncın yoğurtta kıvam, kremsilik, jel sıklığı ve ağızda doygunluk özellikleri üzerinde etkili olduğu bulunmuştur. Yağ ve basınç etkileşiminin yoğurtta kıvam, jel sıklığı ve ağızda doygunluk özellikleri üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Doku profili özelliklerinden bazılarında yağ ve basınç etkileşiminin etkili olduğu tespit edilmiştir. Yağsız yoğurtlarda süte uygulanan homojenizasyon basıncı arttıkça yoğurtta kıvam, jel sıklığı ve ağızda doygunluk özelliklerinin azaldığı, yağlı

yoğurtlarda ise süte uygulanan homojenizasyon basıncı arttıkça yoğurtta kıvam, jel sıkılığı ve ağızda doyumluk özelliklerinin arttığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.2: Duyusal Doku Profili Analizinde Yağ, Basınç, Yağ ve Basınç Etkileşimi ve Panelist Faktörlerinin Yoğurtların Doku Özelliklerine Etkileri¹

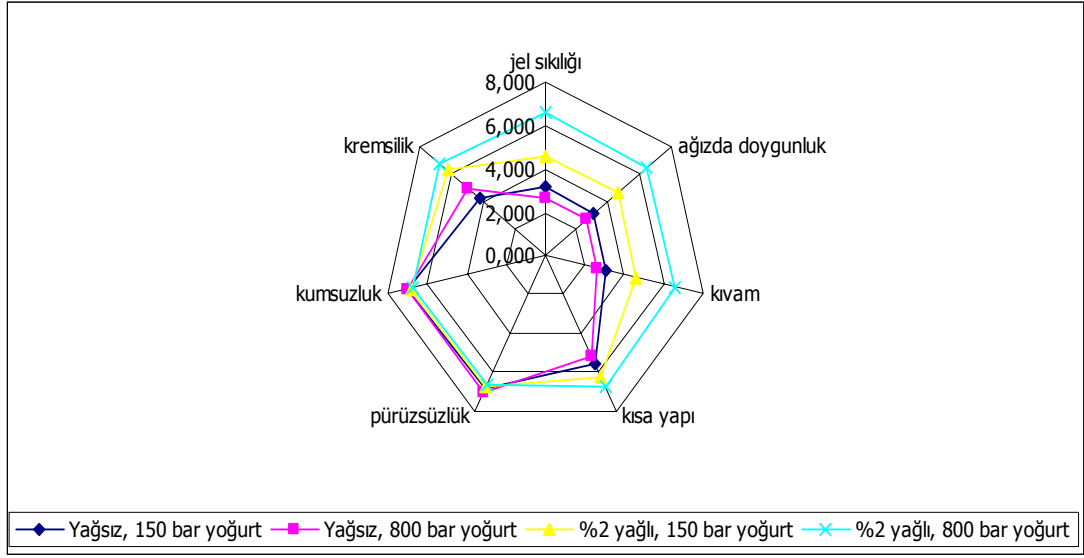
Özellikler	Sütün kütlece yağ oranı	Basınç	Yağ ve basınç etkileşimi	Panelist
Pürüzsüzlük	0,022	0,561	0,246	0,588
Kumsuzluk	0,030	0,464	1,000	0,754
Kıvam	<0,001	<0,001	0,000	0,340
Kısa yapı	<0,001	0,313	0,003	0,258
Kremsilik	<0,001	<0,001	0,704	0,020
Jel sıkılığı	<0,001	0,001	<0,001	0,986
Ağızda doyumluk	<0,001	0,001	<0,001	0,822

¹: Etki $P < 0,05$ olduğunda önemlidir.

Jel sıkılığı, ağızda doyumluk, kıvam, kısa yapı, kremsilik parametrelerinde %2 yağlı, 800 barda homojenize edilen süt ile yapılan yoğurt örneği diğer örneklerle göre daha yüksek değer almıştır (Şekil 4.1, EkB). Aynı özellikler için %2 yağlı, 150 barda homojenize edilen süt ile yapılan yoğurt örneği ikinci yüksek değerleri almıştır. Pürüzsüzlük ve kumsuzluk açısından tüm örnekler eşittir.

Yağlı örnekler jel sıkılığı, ağız hissi, kıvam, kısa yapı, kremsilik parametrelerinde yağsız örneklerden daha yüksek değerler almıştır çünkü yağlı olunca yapı güçlenmektedir. Yağlı örneklerde sütün homojenizasyon basıncının artmasıyla yoğurtlarda belirtilen özelliklerin değerleri artmıştır. Yağsız ve 150 barda homojenize edilen süt ile yapılan yoğurt örneği jel sıkılığı, ağızda doyumluk, kıvam ve kısa yapı özelliklerinde yağsız ve 800 barda homojenize edilen süt ile yapılan yoğurt örneğine göre daha yüksek değerde iken, kremsilikte düşüktür. Yağsız süte uygulanan homojenizasyon basıncının artırılması ile kazein misellerinde oluşan hasar sonucu yapının büyük kazein partikülleri yanında dağınık küçük partiküller de içermesinin yapıyı kremi yönde geliştirdiği düşünülmektedir.

Şekil 4.1: Karıştırılmış Yoğurtların Doku Profili Özellikleri



Yağsız örneklerde basıncın artması kazeinin üst kısmından kopmalara neden olduğundan artan homojenizasyon basıncı ile kıvam ve yapı zayıflamıştır. Artan basıncın kremsiliği arttırmasının sebebi olarak da kazeindeki bu değişimi düşünebiliriz, daha çok yapı taşı seruma yayılmıştır ve farklı bir yapı kazandırmaktadır ancak protein orijinal halinde olmadığından yapı güçlü değildir.

4.4 Karıştırılmış Yoğurtlara Ait Lezzet Profili Değerleri

Lezzet profili analizinde yağ, basınç, yağ ve basınç etkileşimi ve panelist faktörlerinin yoğurtlardaki acılık, ekşilik, süt yağı, ransid tat özelliklerine etkileri incelenmiştir. Acılık, ekşilik ve süt yağı üzerine yağın ve sütün homojenizasyon basıncının etkisinin önemli olduğu istatistiksel olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.3). Yağ ve basınç etkileşiminin etkisi sadece acılık için bulunmuştur, basınç arttıkça yağsız üründe acılık azalırken bu azalma yağlı üründe çok daha az miktarda olmaktadır. Yabancı tat sadece yağsız sütün 150 barda homojenize edilmesiyle üretilen yoğurtta hissedilmiştir. Hiçbir örnekte ransid tat bulunmamıştır.

Tablo 4.3: Duyusal Lezzet Profili Analizinde Yağ, Basınç, Yağ ve Basınç Etkileşimi ve Panelist Faktörlerinin Yoğurtların Lezzet Özelliklerine Etkileri¹

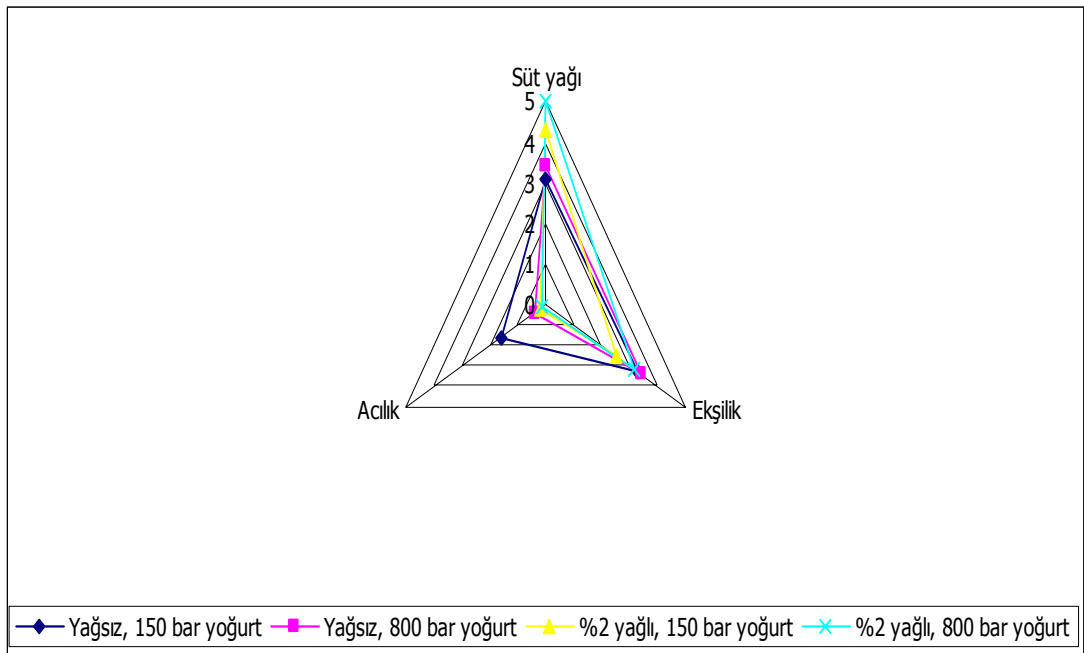
Özellikler	Sütün yağ oranı	Basınç	Yağ ve basınç etkileşimi	Panelist
Ekşilik	<0,001	0,005	0,057	0,209
Acılık	<0,001	<0,001	<0,001	0,781
Süt yağı	<0,001	<0,001	0,117	0,572

¹: Etki $P < 0,05$ olduğunda önemlidir.

Süt yağının en yoğun alındığı örnek %2 yağlı ve 800 barda homojenize edilen süt ile yapılan yoğurttur, ikinci yoğun alınan örnek %2 yağlı ve 150 barda homojenize edilen süt ile yapılan yoğurttur (Şekil 4.2, EkB). Yüksek homojenizasyon yağ partiküllerini küçültüp sayısını arttırdığından ürün daha yağlı hissedilmektedir.

Yağsız örneklerde 150 barda homojenize edilen süt ile yapılan yoğurtta acılık , 800 barda homojenize edilen süt ile yapılan yoğurda göre daha çok alınmaktadır, buna paralel olarak 800 barda homojenize edilen süt ile yapılan yoğurtta 150 barda homojenize edilen süt ile yapılan yoğurda göre daha çok süt yağı tadı hissedilmektedir, bu tadın acılığı kapattığı düşünülmektedir.

Şekil 4.2: Karıştırılmış Yoğurtların Lezzet Profili Özellikleri



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında yağsız ve %2 yağlı süte, 150 ve 800 bar'da homojenizasyon uygulanıp karıştırılmış yoğurtlar üretilmiştir. Yağın ve homojenizasyon basıncının arttırılmasının karıştırılmış yoğurtlardaki kıvam, serum ayrılması, duysal doku ve lezzet profiline etkileri incelenmiştir.

Yoğurtların kıvam ve santrifüj ile serum ayrılması özelliklerine sütün yağının ve süte uygulanan homojenizasyon basıncı faktörlerinden yağın etkisinin önemli düzeyde olduğu saptanmış, homojenizasyon basıncının arttırılmasının etkisi önemsiz bulunmuştur. Raf ömrü sonunda yağlı yoğurtlarda kendiliğinden serum ayrılması görülmemiştir, yağsız sütle yapılan yoğurtlarda kendiliğinden serum ayrılması olmuştur.

Yağlı süte uygulanan homojenizasyon basıncının arttırılması, karıştırılmış yoğurtların duysal doku profilinde jel sıkılığı, ağızda dolgunluk, kısa yapı, kıvam ve kremsilik özelliklerinin artmasına sebep olmuştur. Yağlı sütlerle yapılan karıştırılmış yoğurtların jel sıkılığı, ağızda dolgunluk, kısa yapı, kıvam ve kremsilik özellikleri yağsız sütlerle yapılan karıştırılmış yoğurtlara göre daha yüksek bulunmuştur. Kumsuzluk ve pürüzsüzlük özelliği açısından yoğurtlar arasında fark bulunmamıştır. Homojenizasyon basıncı 800 bar olan yağsız sütle yapılan karıştırılmış yoğurt, 150 barda homojenize edilen yağsız sütle yapılan karıştırılmış yoğurttan daha kremsi bulunmuştur.

Duysal analizlerde yoğurt sütüne uygulanan homojenizasyon basıncının arttırılmasının , süt yağının ve bunların etkileşiminin doku profili özelliklerine etki ettiği bulunmuştur. Yağ oranı %2 olduğunda basıncın arttırılmasının doku profili özelliklerinden kıvam ve jel sıkılığı üzerinde pozitif etkisinin bulunduğu, fakat yağsız örnekte olumsuz yönde etkisinin bulunduğu saptanmıştır. Ancak enstrümental kıvam ve serum ayrılması analizlerinde homojenizasyon basıncının arttırılmasının etkisi önemsiz düzeyde bulunmuştur. Örneklerde yağ ve yağsız kuru madde oranının

düşük olması ve bu nedenle etkilerin düşük derecede olması farklılıkların saptanmamasına sebep olmuş olabilir. Ayrıca, tekrarlarda kullanılan sütlerin fizikokimyasal özelliklerinin farklı olması da farklılıkların saptanamamasına sebep olmuş olabilir. Buna ek olarak, daha hassas enstrümental analiz yöntemleri kullanılarak saptanabilir düzeyde farklılıkları elde etmenin mümkün olabileceği düşünülmektedir.

Yağlı karıştırılmış yoğurtlarda ise süte uygulanan homojenizasyon basıncının arttırılmasının yapısal özelliklere etkisinin bu çalışmadakinden daha yüksek yağ içeren yoğurtlarda daha açık olarak görülebileceği sonucuna varılmıştır. Yağsız karıştırılmış yoğurtta bu çalışmada süte uygulanan homojenizasyon basınçlarından daha yüksek basınçların etkisi de araştırılabilir.

KAYNAKLAR

- Afonso, I.M. and Maia, J.M.,** 1999. Rheological monitoring of structure evolution and development in stirred yoghurt, *Journal of Food Engineering*, **42**, 183-190.
- Aguilera, J.M. and Kessler, H.G.,** 1988. Physico-chemical and rheological properties of milk fat globules with modified membranes, *Milchwissenschaft*, **43**, 183-190.
- Altuğ, T. ve Elmacı, Y.,** 1995. Gıdalarda Duyusal Değerlendirme , s. 67-92, Meta Basım, İzmir.
- Anonim,** 2001. Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği. (Tebliğ No, 2001/21) Resmi Gazete Sayı 24512, 3 Eylül 2001, Başbakanlık Basımevi, Ankara.
- Buchheim, W., Peters, K. H., and Kaufmann, W.,** 1986. Technologische physikalisch-chemische und sensorische Aspekte von Milch und Sauermilch mit modifiziertem Casein/ Molkenprotein-Verhältnis, *Milchwissenschaft*, **41**, 139-141.
- Bylund, G.,** 1995. Dairy Processing Handbook, pp. 23-26, 243, 244, Tetra Pak Processing Systems AB, Sweden.
- Calvo, M.M., Leaver, J. and Banks, J.M.,** 1993. Heat stability of homogenized milk, *International Dairy Journal*, **3**, 79.
- Cano-Ruiz, M.E. and Richter, R.L.,** 1997. Effect of homogenisation pressure on the milk fat globule membrane proteins, *Journal of Dairy Science*, **80**, 2732-2739.
- Cho-Ah-Ying, F., Duitschaeffer, C.L. and Buteau, C.,** 1990. Influence of temperature of incubation on the physico-chemical and sensory quality of yoghurt, *Food Technology*, **8**, 11-14.
- Corredig, M. and Dalgleisch, D.G.,** 1999. The mechanisms of heat-induced interaction of whey proteins with casein micelles in milk, *International Dairy Journal*, **9**, 233-236.
- Datta, N., Hayes, M.G., Deeth, H.C. and Kelly, A.L.,** 2005. Significance of frictional heating for effects of high pressure homogenisation on milk, *Journal of Dairy Research*, **72**, 393-399.
- Debeukellar, N.J., Cousin, M.A., Bradley, JR., and Marth, E.H.,** 1977. Influence of the composition of the milk fat globule membrane on the rheological properties of acid milk gels, *Journal of Dairy Science*, **60**, 857.

- Dethmers, A.E.**, 1981. Sensory evaluation guide for testing food and beverage products, *Food Technology*, **11**, 50-59.
- Dutta, S.M., Kuila, R.K. and Ranganathan, B.**, 1973. Effect of pressure and fat content on particle size in microfluidized milk, *Milchwissenschaft*, **28**, 231.
- Felipe, X., Capellas, M. and Law, A.R.**, 1997. Comparison of the effects of high-pressure treatments and heat pasteurisation on the whey proteins in goat's milk, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **45**, 3, 627-631.
- Folkenberg, D.M., Dejmek, P., Skriver, A., Guldager, H.S. and Ipsen, R.**, 2004. Sensory and rheological screening of exopolysaccharide producing strains of bacterial yoghurt cultures, *International Dairy Journal*, **16**, 111-118.
- FOX, P.F.**, 1995. Heat-induced Changes in Milk, pp. 57-62, International Dairy Federation, Belgium.
- Fox, P.F. and Mcsweeney, P.L.H.**, 1998. Dairy Chemistry and Biochemistry pp. 182, Blackie Academic&Professional, England.
- Garcia-Risco, M.R., Ramos, M. and Lopez-Fandino, R.**, 2002. Modifications in milk proteins induced by heat treatment and homogenization and their influence on susceptibility to proteolysis, *International Dairy Journal*, **12**, 679-688.
- Gerrit, S.**, 2003. Dairy Processing Improving Quality, pp. 311-321, Woodhead Publishing Limited, England.
- Guerzoni, M.E., Suzzi, G., Lanciotti, R., Vannini, R. and Chaves Lopez, C.**, 1997. Effects of high pressure homogenization on biochemical and texture characteristics of yoghurt, *Proceeding of the FIL-IDF Conference on Texture of Fermented Milk Products and Dairy Desserts*, Vicenza, Italy, 5-6 May 1997, 172-180.
- Harwalkar, V.R. and Kalab, M.**, 1983. Susceptibility of yoghurt to syneresis, Comparison of centrifugation and drainage methods, *Milchwissenschaft*, **38**, 517-522.
- Hayes, M.G., Fox, P.F. and Kelly, A.L.**, 2004. Potential applications of high pressure homogenisation in processing of liquid milk, *Journal of Dairy Research*, **72**, 25-33.
- Hayes, M.G. and Kelly, A.L.**, 2003a. High pressure homogenization of raw whole milk (a) effects on fat globule size and other properties, *Journal of Dairy Research*, **70**, 297-305.
- Hayes, M.G. and Kelly, A.L.**, 2003b. High pressure homogenization of raw whole milk (b) effects on indigenous enzyme activity, *Journal of Dairy Research*, **70**, 307-313.
- Hootmann, R.C.**, 1992. Manual on Descriptive Analysis Testing for Sensory Evaluation, ASTM Manual Series, pp. 2-46, MNL 13, Philadelphia, U.S.A.
- Hui, Y.H.**, 1993. Dairy Science and Technology Handbook, 1 Principles and

Properties, pp. 20-45, VCH, U.S.A.

- Huppertz, T., Fox, P.F. and Kelly, A.L.,** 2004. High pressure treatment of bovine milk effects on casein micelles and whey proteins, *Journal of Dairy Research*, **71**, 97-106.
- Huppertz, T., Kelly, A.L. and Fox, P.F.,** 2002. Effects of high pressure on constituents and properties of milk, *International Dairy Journal*, **12**, 561-572.
- Huss, M. and Kessler, H.G.,** 1991. Potential applications of high pressure homogenisation in processing liquid milk, *Lebensmittelindustrie und Milchwirtschaft*, **112**, 982.
- Iyengar, M.K., Nambudripa, D., V.K.N. and Dudani, A.T.,** 1967. Bacterial inactivation by high-pressure homogenisation and high hydrostatic pressure, *Indian Journal of Dairy Science*, **20**, 8.
- Jelen, P., Buchheim, W. and Peters, K.H.,** 1987. Heat stability and use of milk with modified casein: whey protein content in yoghurt and cultured milk products, *Milchwissenschaft*, **57**, 447-450.
- Kebary, K.M.K. and Morris, H.A.,** 1989. Relation between sensory texture analysis and rheological properties of stirred yoghurt, *Cultured Dairy Products Journal*, **24**, 2, 4.
- Kessler, H.G.,** 2002. Food and Bio Process Engineering Dairy Technology, pp. 110-129, Verlag A. Kessler, Germany
- Kielczewska, K., Kruk, A., Czemiesz, M., Warminska, M. and Haponiuk, E.,** 2003. The effect of high-pressure homogenization on changes in milk colloidal and emulsifying systems, *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, **12**, 43-46.
- Kosikowski, F.V. ve Mistry, V.V.,** 1997. *Cheese and Fermented Milk Products V:1*, pp. 388, F.V.Kosikowski, L.L.C., U.S.A.
- Lanciotti, R., Vannini, L., Pittia, P. and Guerzoni, M.E.,** 2004. Suitability of high-dynamic-pressure-treated milk for the production of yoghurt, *Food Microbiology*, **21**, 753-760.
- Law, A.J.R.,** 1996. Effect of heat treatment and acidification on the dissociation of bovine casein micelles, *J. Dairy Res.*, **63**, 35-48.
- McKenna, B.M.,** 2003. Texture in Food, Volume 1: Semi-solid foods, pp. 326-341, Woodhead Publishing Limited, England.
- Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T.,** 1991. Sensory Evaluation Techniques, pp. 54, CRC, U.S.A.
- Modler, H.W., Larmond, M.E., Lin, C.S., Froehlich, D. and Emmons, D.B.,** 1983. Physical and sensory properties of yoghurt stabilized with milk proteins, *J. Dairy Sci.*, **66**, 422-429.
- Morris, H.A., Ghaleb, H.M., Smith, D.E. and Bastian, E.D.,** 1995. A comparison of yoghurt fortified with nonfat dry milk and whey protein concentrates, *Cult. Dairy Prod. J.*, **30**, 2-4.
- Mottar, J., Bassier, A., Joniau, M. and Baert, J.,** 1989. On the stability of casein

- miselles, *Journal of Dairy Science*, **72**, 2247.
- O'Mahony, M.**, 1986. Sensory Evaluation of Foods, pp. 151-171, Marcel Dekker, Inc., U.S.A.
- Parry JR., R.M.**, 1974. In Fundamentals of Dairy Chemistry, pp. 603-661, Ed. By Webb, B.H., Johnson, A.H. ve Alford, J.A. AVI Publishing, Westport, U.S.A.
- Pearce, R.J.**, 1995. Food functionality: success or failure for dairy based ingredients, *Aus.J. Dairy Technol.*, **50**, 15-23.
- Plock, J., Huss, M., Kennel, R. and Kessler, H.G.**, 1992. Bedeutung des Homogenisierens bei der Herstellung fetthaltiger Sauermilchprodukte, *dmz Deutsche Milchwirtschaft*, **49**, 1558-1563.
- Plock, J. and Kessler, H.G.**, 1992. Effects of high hydrostatic pressure on milk, *Lebensmittelindustrie und Milchwirtschaft*, **113**, 928.
- Prodanski, P.**, 1967. Possible implications of milk pasteurisation on the manufacture and sensory quality of ripened cheese, *Milchwissenschaft*, **22**, 167.
- Sandra, S. and Dalgleish, D.G.**, 2005. Effects of ultra-high-pressure homogenization and heating on structural properties of casein micelles in reconstituted skim milk powder, *International Dairy Journal*, **15**, 1095-1104.
- Schmidt, K. and Bledsoe, K.**, 1995. Effects of homogenization pressure on physical and sensory characteristics of low fat yogurt, *Food Technology*, **30/4**, 7-10.
- Schrader, K. and Buchheim, W.**, 1998. High pressure effects on the colloidal calcium phosphate and the structural integrity of micellar casein in milk. II. Kinetics of the casein micelle disintegration and protein interactions in milk, *Kieler Milchwirtsch Forsch*, **50**, 79-88.
- Sezgin, E., Atamer, M. ve Gürsel, A.**, 1988. Yerli ve yabancı starter kullanılarak yapılan yoğurtların kaliteleri üzerinde bir araştırma, *KÜKEM Kongresi Tebliği*.
- Smiddy, M.A., Martin, J., Huppertz, T. and Kelly, A.L.**, 2006. Microbial shelf-life of high-pressure-homogenised milk, *International Dairy Journal*, **17**, 29-32.
- Snoeren, T.H.M., Damman, A.J. and Klok, H.J.**, 1982. The viscosity of skimmilk concentrates, *Neth. Milk Dairy J.*, **36**, 305-316.
- Tamime, A.Y. and Marshall, V.M.E.**, 1997. In Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk, 2nd Edition, pp. 57-152, Ed. by Law, B.A., Blackie Academic & Professional, London.
- Tamime, A.Y. and Robinson, R.K.**, 1999, Yoghurt Science and Technology, (2nd ed.) pp. 9-69, Woodhead Publishing Limited, England.
- Thiebaud, M., Dumay, E., Picart, L., Guiraud, J.P. and Cheftel, J.C.**, 2003. High-pressure homogenisation of raw bovine milk. Effects on fat globule size distribution and microbial inactivation, *International Dairy Journal*, **13**, 427-439.

- Trujilo, A.J., Capellas, M., Saldo, J., Gervilla, R. and Guamis, B., 2002.**
Applications of high-hydrostatic pressure on milk and dairy products:
a review, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, **3**,
295-307.
- TS-3904, 2001.** Duyusal Analizler-Metodoloji-Tat Duyarlılığının Araştırılması
Metodu, Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara.
- TS-5915, 1988.** Tarım Ürünleri-Gıda Madde ve Mamülleri Duyusal Analizler –
Metodoloji-Üçlü Deney, Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara.
- TS-8586-1, 1997.** Duyusal Analiz, Değerlendirmecilerin Seçimi, Eğitimi ve
Gözlemlenmesi için Genel Kurallar-Bölüm 1- Seçilmiş
Değerlendirmeciler. Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara.
- Van Vliet, T. and Dentener-Kikkert, A., 1982.** Influence of the composition of the
milk fat globule membrane on the rheological properties of acid skim
milk gels, *Neth. Milk Dairy J.*, **36**, 261-265.
- Walstra, P., Geurts, T.J., Noomen, A., Jellema, A. and Boekel van M.A.J.S.,**
1999. Dairy Technology pp. 4, 127, 252-257, Marcel Dekker, Inc.,
U.S.A.

EKLER

Tablo A.1: Lezzet Profili Analizi Formu

Lezzet Profili Analizi Formu

Adı, Soyadı:

Tarih:

Kodu	
Algı sırası	Yoğunluk
Kalıcı tat	
Süreklilik	
Geniş kapsamlı etki	
Kodlu örneklerdeki dokuyu 0-7 skalasında değerlendiriniz. 0 - özelliği göstermeyen örnek içindir. 7 - özelliği en çok gösteren örnek içindir. Her örnek için doldurunuz.	

Tablo A.2: Doku Profili Analizi Formu

Doku Profili Analizi Formu

Adı, Soyadı:

Tarih:

Parametreler	Kodu							
Jel sıklığı								
Ağızda doygunluk								
Kıvam								
Kısa yapı								
Pürüzsüzlük								
Kumsuzluk								
Kremsilik								
Kodlu örneklerdeki dokuyu 0-7 skalasında değerlendiriniz. 0 - özelliği göstermeyen örnek içindir. 7 - özelliği en çok gösteren örnek içindir.								

EK B.

Tablo B.1: Kıvam için Anova Sonuçları

Between-Subjects Factors

	N
BASINÇ 150.00	4
800.00	4
YAĞ .00	4
2.00	4

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: KIVAM

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	320.155 ^a	4	80.039	66.216	.001
BASINÇ	.551	1	.551	.456	.537
YAĞ	17.701	1	17.701	14.644	.019
BASINÇ * YAĞ	3.001	1	3.001	2.483	.190
Error	4.835	4	1.209		
Total	324.990	8			

a. R Squared = .985 (Adjusted R Squared = .970)

ANOVA

KIVAM

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	21,254	3	7,085	5,861	,060
Within Groups	4,835	4	1,209		
Total	26,089	7			

KIVAM

Duncan^a

NO	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
4,00	2	3,7500	
3,00	2	5,5000	5,5000
1,00	2		7,2500
2,00	2		7,9500
Sig.		,187	,094

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,000.

Tablo B.2: Serum Ayrılması için Anova Sonuçları

Between-Subjects Factors

	N
YAG ,00	4
2,00	4
BASINÇ 150,00	4
800,00	4

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: SERUM

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	2416,017 ^a	4	604,004	26,381	,004
YAĞ	548,600	1	548,600	23,961	,008
BASINÇ	4,263	1	4,263	,186	,688
YAĞ * BASINÇ	42,274	1	42,274	1,846	,246
Error	91,583	4	22,896		
Total	2507,600	8			

a. R Squared = ,963 (Adjusted R Squared = ,927)

ANOVA

SERUM

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	595,137	3	198,379	8,664	,032
Within Groups	91,583	4	22,896		
Total	686,720	7			

SERUM

Duncan^a

NO	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
4,00	2	5,2370		
3,00	2	8,3745	8,3745	
1,00	2		20,3390	20,3390
2,00	2			26,3965
Sig.		,548	,067	,274

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,000.

Tablo B.3: Doku Profili – Ağızda Doygunluk için Anova Sonuçları

Between-Subjects Factors

		N
PANELIST	1,00	16
	2,00	16
	3,00	16
	4,00	16
	5,00	16
	6,00	16
YAĞ	,00	48
	2,00	48
BASINÇ	150,00	48
	800,00	48

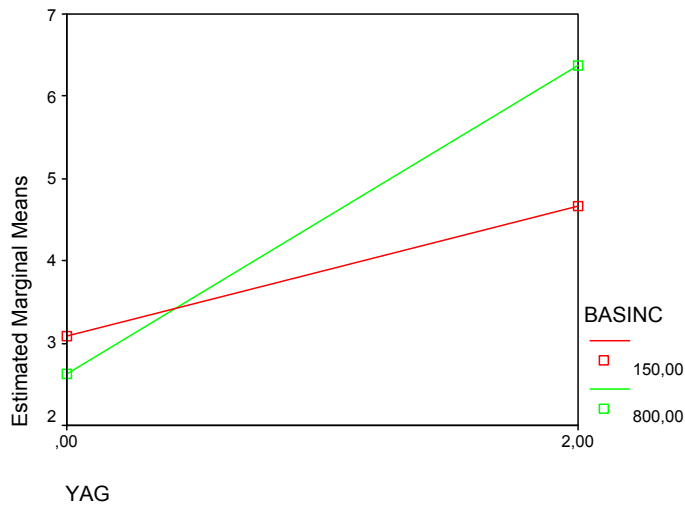
Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: AGIZDADO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	1893,208 ^a	9	210,356	282,459	,000
PANELIST	1,625	5	,325	,436	,822
YAĞ	170,667	1	170,667	229,165	,000
BASINÇ	9,375	1	9,375	12,588	,001
YAĞ * BASINÇ	28,167	1	28,167	37,821	,000
Error	64,792	87	,745		
Total	1958,000	96			

a. R Squared = ,967 (Adjusted R Squared = ,963)

Estimated Marginal Means of AGIZDADO



ANOVA

AGİZDADO

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	208,208	3	69,403	96,136	,000
Within Groups	66,417	92	,722		
Total	274,625	95			

AGİZDADO

Duncan^a

İŞLEM	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
2,00	24	2,6250		
1,00	24	3,0833		
3,00	24		4,6667	
4,00	24			6,3750
Sig.		,065	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24,000.

Tablo B.4: Doku Profili – Kremsilik için Anova Sonuçları

Between-Subjects Factors

	N
PANELIST 1,00	16
2,00	16
3,00	16
4,00	16
5,00	16
6,00	16
YAĞ ,00	48
2,00	48
BASINÇ 150,00	48
800,00	48

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: KREMSILI

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	3055,000 ^a	9	339,444	1181,267	,000
PANELIST	4,083	5	,817	2,842	,020
YAĞ	92,042	1	92,042	320,305	,000
BASINÇ	10,667	1	10,667	37,120	,000
YAĞ * BASINÇ	4,167E-02	1	4,167E-02	,145	,704
Error	25,000	87	,287		
Total	3080,000	96			

a. R Squared = ,992 (Adjusted R Squared = ,991)

ANOVA

KREMSILI

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	102,750	3	34,250	108,344	,000
Within Groups	29,083	92	,316		
Total	131,833	95			

KREMSILI

Duncan^a

İŞLEM	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
1,00	24	4,2083			
2,00	24		4,9167		
3,00	24			6,2083	
4,00	24				6,8333
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24,000.

Tablo B.5: Doku Profili – Kıvam için Anova Sonuçları

Between-Subjects Factors

	N
PANELIST 1,00	16
2,00	16
3,00	16
4,00	16
5,00	16
6,00	16
YAĞ ,00	48
2,00	48
BASINÇ 150,00	48
800,00	48

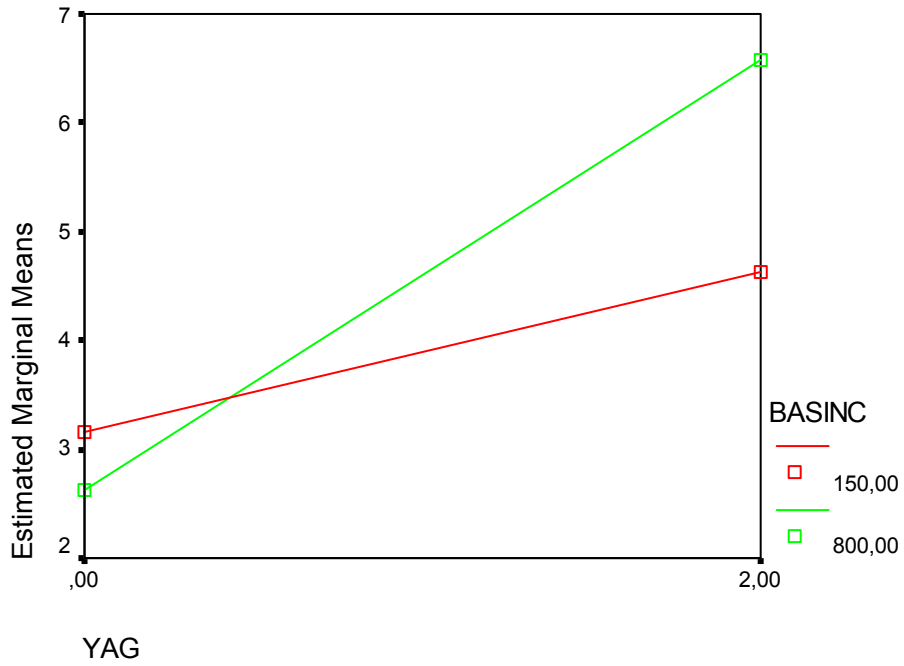
Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: KIVAM

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	1963,208 ^a	9	218,134	346,361	,000
PANELIST	3,625	5	,725	1,151	,340
YAĞ	176,042	1	176,042	279,525	,000
BASINÇ	12,042	1	12,042	19,120	,000
YAĞ * BASINÇ	37,500	1	37,500	59,544	,000
Error	54,792	87	,630		
Total	2018,000	96			

a. R Squared = ,973 (Adjusted R Squared = ,970)

Estimated Marginal Means of KIVAM



ANOVA

KIVAM

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	225,583	3	75,194	118,423	,000
Within Groups	58,417	92	,635		
Total	284,000	95			

KIVAM

Duncan^a

İŞLEM	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
2,00	24	2,6250			
1,00	24		3,1667		
3,00	24			4,6250	
4,00	24				6,5833
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24,000.

Tablo B.6: Doku Profili – Kumsuzluk için Anova Sonuçları**Between-Subjects Factors**

	N
PANELIST 1,00	16
2,00	16
3,00	16
4,00	16
5,00	16
6,00	16
YAĞ ,00	48
2,00	48
BASINÇ 150,00	48
800,00	48

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: KUMSUZLU

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	4593,292 ^a	9	510,366	6618,905	,000
PANELIST	,208	5	4,167E-02	,540	,745
YAĞ	,375	1	,375	4,863	,030
BASINÇ	4,167E-02	1	4,167E-02	,540	,464
YAĞ * BASINÇ	,000	1	,000	,000	1,000
Error	6,708	87	7,711E-02		
Total	4600,000	96			

a. R Squared = ,999 (Adjusted R Squared = ,998)

ANOVA

KUMSUZLU

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,417	3	,139	1,847	,144
Within Groups	6,917	92	7,518E-02		
Total	7,333	95			

KUMSUZLUDuncan^a

		Subset for alpha = .05
İŞLEM	N	1
4,00	24	6,8333
3,00	24	6,8750
2,00	24	6,9583
1,00	24	7,0000
Sig.		,056

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24,000.

Tablo B.7: Doku Profili – Pürüzsüzlük için Anova Sonuçları

Between-Subjects Factors

	N
PANELIST 1,00	16
2,00	16
3,00	16
4,00	16
5,00	16
6,00	16
YAĞ ,00	48
2,00	48
BASINÇ 150,00	48
800,00	48

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: PÜRÜZSÜZ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	4511,375 ^a	9	501,264	4104,467	,000
PANELIST	,458	5	9,167E-02	,751	,588
YAĞ	,667	1	,667	5,459	,022
BASINÇ	4,167E-02	1	4,167E-02	,341	,561
YAĞ * BASINÇ	,167	1	,167	1,365	,246
Error	10,625	87	,122		
Total	4522,000	96			

a. R Squared = ,998 (Adjusted R Squared = ,997)

ANOVA

PÜRÜZSÜZ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,875	3	,292	2,421	,071
Within Groups	11,083	92	,120		
Total	11,958	95			

PÜRÜZSÜZ

Duncan^a

İŞLEM	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
4,00	24	6,7083	
3,00	24	6,8333	6,8333
1,00	24	6,9167	6,9167
2,00	24		6,9583
Sig.		,051	,244

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24,000.

Tablo B.8: Doku Profili – Jel Sıklığı için Anova Sonuçları

Between-Subjects Factors

		N
PANELIST	1,00	16
	2,00	16
	3,00	16
	4,00	16
	5,00	16
	6,00	16
YAĞ	,00	48
	2,00	48
BASINÇ	150,00	48
	800,00	48

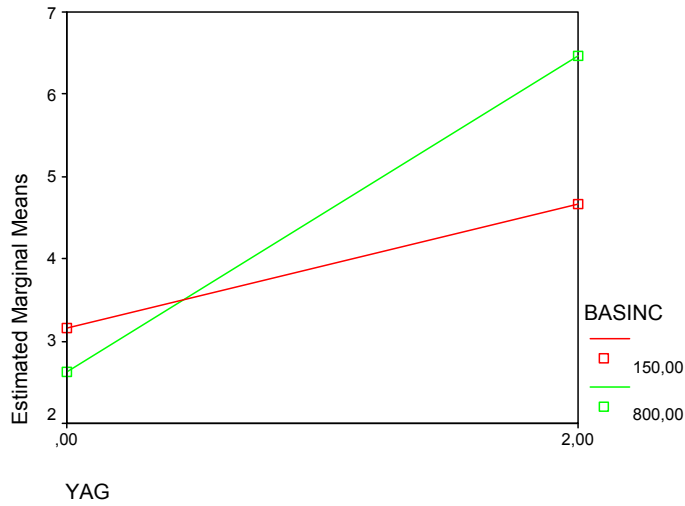
Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: JELSIKIL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	1930,208 ^a	9	214,468	292,494	,000
PANELIST	,458	5	9,167E-02	,125	,986
YAĞ	170,667	1	170,667	232,758	,000
BASINÇ	9,375	1	9,375	12,786	,001
YAĞ * BASINÇ	32,667	1	32,667	44,551	,000
Error	63,792	87	,733		
Total	1994,000	96			

a. R Squared = ,968 (Adjusted R Squared = ,965)

Estimated Marginal Means of JELSIKILIGI



ANOVA

JELSiKiL

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	212,708	3	70,903	101,526	,000
Within Groups	64,250	92	,698		
Total	276,958	95			

JELSiKiL

Duncan^a

İŞLEM	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
2,00	24	2,6250			
1,00	24		3,1667		
3,00	24			4,6667	
4,00	24				6,4583
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24,000.

Tablo B.9: Doku Profili – Kısa Yapı için Anova Sonuçları

Between-Subjects Factors

	N
PANELIST 1,00	16
2,00	16
3,00	16
4,00	16
5,00	16
6,00	16
YAĞ ,00	48
2,00	48
BASINÇ 150,00	48
800,00	48

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: KISAYAPI

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	3433,927 ^a	9	381,547	770,661	,000
PANELIST	3,302	5	,660	1,334	,258
YAĞ	29,260	1	29,260	59,101	,000
BASINÇ	,510	1	,510	1,031	,313
YAĞ * BASINÇ	4,594	1	4,594	9,279	,003
Error	43,073	87	,495		
Total	3477,000	96			

a. R Squared = ,988 (Adjusted R Squared = ,986)

ANOVA

KISAYAPI

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	34,365	3	11,455	22,724	,000
Within Groups	46,375	92	,504		
Total	80,740	95			

KISAYAPI

Duncan^a

İŞLEM	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
2,00	24	5,2500		
1,00	24	5,5417		
3,00	24		6,2083	
4,00	24			6,7917
Sig.		,158	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24,000.

Tablo B.10: Lezzet Profili – Acılık için Anova Sonuçları

Between-Subjects Factors

		N
PANELIST	1,00	16
	2,00	16
	3,00	16
	4,00	16
	5,00	16
	6,00	16
YAĞ	,00	48
	2,00	48
BASINÇ	150,00	48
	800,00	48

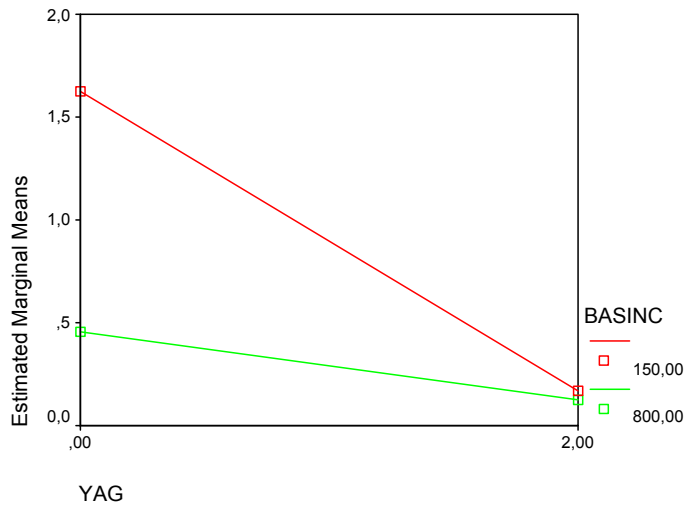
Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ACILIK

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	70,052 ^a	9	7,784	32,326	,000
PANELIST	,594	5	,119	,493	,781
YAĞ	19,260	1	19,260	79,992	,000
BASINÇ	8,760	1	8,760	36,383	,000
YAĞ * BASINÇ	7,594	1	7,594	31,538	,000
Error	20,948	87	,241		
Total	91,000	96			

a. R Squared = ,770 (Adjusted R Squared = ,746)

Estimated Marginal Means of ACILIK



ANOVA

ACİLİK

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	35,615	3	11,872	50,701	,000
Within Groups	21,542	92	,234		
Total	57,156	95			

ACİLİK

Duncan^a

İŞLEM	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
4,00	24	,1250		
3,00	24	,1667		
2,00	24		,4583	
1,00	24			1,6250
Sig.		,766	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24,000.

Tablo B.11: Lezzet Profili – Ekşilik için Anova Sonuçları

Between-Subjects Factors

	N
PANELIST 1,00	16
2,00	16
3,00	16
4,00	16
5,00	16
6,00	16
YAĞ ,00	48
2,00	48
BASINÇ 150,00	48
800,00	48

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: EKŞİLİK

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	938,875 ^a	9	104,319	258,386	,000
PANELIST	2,958	5	,592	1,465	,209
YAĞ	6,000	1	6,000	14,861	,000
BASINÇ	3,375	1	3,375	8,359	,005
YAĞ * BASINÇ	1,500	1	1,500	3,715	,057
Error	35,125	87	,404		
Total	974,000	96			

a. R Squared = ,964 (Adjusted R Squared = ,960)

ANOVA

EKŞİLİK

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10,875	3	3,625	8,757	,000
Within Groups	38,083	92	,414		
Total	48,958	95			

EKŞİLİK

Duncan^a

İŞLEM	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
3,00	24	2,5417	
4,00	24		3,1667
1,00	24		3,2917
2,00	24		3,4167
Sig.		1,000	,209

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24,000.

Tablo B.12: Lezzet Profili – Süt Yağı için Anova Sonuçları**Between-Subjects Factors**

	N
PANELIST 1,00	16
2,00	16
3,00	16
4,00	16
5,00	16
6,00	16
YAĞ ,00	48
2,00	48
BASINÇ 150,00	48
800,00	48

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: SÜTYAĞI

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	1551,677 ^a	9	172,409	511,530	,000
PANELIST	1,302	5	,260	,773	,572
YAĞ	46,760	1	46,760	138,736	,000
BASINÇ	6,510	1	6,510	19,316	,000
YAĞ * BASINÇ	,844	1	,844	2,503	,117
Error	29,323	87	,337		
Total	1581,000	96			

a. R Squared = ,981 (Adjusted R Squared = ,980)

ANOVA

SÜTYAĞI

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	54,115	3	18,038	54,188	,000
Within Groups	30,625	92	,333		
Total	84,740	95			

SÜTYAĞIDuncan^a

İŞLEM	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
1,00	24	3,0833			
2,00	24		3,4167		
3,00	24			4,2917	
4,00	24				5,0000
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24,000.

Tablo B.13: Farklı Yağ Oranlarında ve Farklı Homojenizasyon Basıncı Uygulanmış Sütlerden Üretilen Yoğurtların Duyusal Doku Profili Özellikleri¹

Özellikler	Panelist puanlarının ortalaması			
	Sütün kütlece yağ oranı (%) / Sütün homojenizasyon basıncı (bar)			
	0/150	0/800	2/150	2/800
Pürüzsüzlük	6,9 ^{ab}	7,0 ^a	6,8 ^{ab}	6,7 ^b
Kumsuzluk	7,0 ^a	7,0 ^a	6,9 ^a	6,8 ^a
Kıvam	3,1 ^c	2,6 ^d	4,6 ^b	6,6 ^a
Kısa yapı	5,5 ^c	5,2 ^c	6,2 ^b	6,8 ^a
Kremsilik	4,2 ^d	4,9 ^c	6,2 ^b	6,8 ^a
Jel sıklığı	3,2 ^c	2,6 ^d	4,7 ^b	6,5 ^a
Ağızda doygunluk	3,1 ^c	2,6 ^c	4,7 ^b	6,4 ^a

¹: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır. (p<0,05)

Tablo B.14: Farklı Yağ Oranlarında ve Farklı Homojenizasyon Basıncı Uygulanmış Sütlerden Üretilen Yoğurtların Duyusal Lezzet Profili Özellikleri¹

Özellikler	Panelistlerin puanlarının ortalaması			
	Sütün kütlece yağ oranı (%) / Sütün homojenizasyon basıncı(bar)			
	0/150	0/800	2/150	2/800
Ekşilik	3,3 ^a	3,4 ^a	2,5 ^b	3,2 ^a
Acılık	1,6 ^a	0,4 ^b	0,2 ^c	0,1 ^c
Süt yağı	3,1 ^d	3,4 ^c	4,3 ^b	5,0 ^a

¹: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır. (P<0,05)

ÖZGEÇMİŞ

1975 yılında Adapazarı'nda doğdu. 1993 yılında Sakarya Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 1994-1999 yıllarında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği'nde lisans eğitimini aldı. 2002 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği'nde yüksek lisans eğitimine başlamıştır.