

Geliş Tarihi : 06.04.2000

Farklı Homojenizasyon Basıncı Derecelerinin Set Yoğurtların Bazı Fiziksel, Kimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Özelliklerine Etkisi ⁽¹⁾

Yusuf TUNÇTÜRK⁽²⁾

Ömer ZORBA⁽²⁾

Elvan ÖZRENK⁽³⁾

Özet : Homojenizasyon işlemi sütte çeşitli fiziksel ve biyokimyasal değişikliklere yol açar. Homojenize sütlerden yapılan ürünlerin de çeşitli özelliklerinde farklılıklar oluşmaktadır. Bu çalışmanın amacı, homojenizasyon basıncı derecesinin set yoğurtları üzerindeki etkisini araştırmaktır. Sütün homojenizasyonunda 5 ayrı basınç derecesi (0, 5, 10, 15, 20 MPa) kullanılmış ve bu sütlerden yapılan yoğurtların bazı fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal özellikleri incelenmiştir. Sütteki yağ globul çapları homojenizasyon basıncı arttıkça önemli derecede düşmüştür ($p<0.01$). Yoğurt örneklerinde su tutma kapasitesi ve lipoliz derecesi (ADV olarak) homojenizasyon basıncının artışına bağlı olarak artmıştır ($p<0.01$). Yoğurt örnekleri arasında asitlik, pH ve proteoliz (NPN olarak) değerleri açısından önemli bir farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$). Küf ve laktik asit bakterileri sayısı bütün yoğurt örneklerinde benzer bulunurken, genel olarak homojenizasyon basıncının artışıyla duyusal özellikler gelişmiş ve en fazla 15 MPa'da homojenize edilen süttten yapılan yoğurt beğenilmiştir.

Anahtar kelimeler: Homojenizasyon, su tutma kapasitesi, lipoliz, proteoliz

Effect of Different Homogenization Pressure Degrees on the Some Physical, Chemical, Microbiological and Sensorial Properties of Set Yogurts

Abstract : Homogenization process leads to various changes in the physical and biochemical properties of milk. Some characteristics are also different in the products prepared from homogenized milk than unhomogenized products. The objective of this study was to investigate the effects of homogenization pressure degrees on the some physical, chemical, microbiological and sensorial properties of set yogurts. Five different pressure levels were used in homogenization process (0, 5, 10, 15, 20 MPa, the first for control). It was determined that fat globule diameters significantly lowered with pressure increase ($p<0.01$). Water holding capacity and lipolysis degree (as ADV) of yogurt samples developed with increasing homogenization pressure ($p<0.01$). It was determined that there wasn't any significant difference in terms of acidity, pH and proteolysis (as NPN) among the yogurt samples ($p>0.05$). While mold and lactic acid bacteria counts of yogurt samples were almost identical, sensorial properties of yogurt samples improved by homogenization pressure in general and the most preferred yogurt was obtained when homogenization pressure performed at 15 MPa.

Key words: Homogenization, water holding capacity, lipolysis, proteolysis

Giriş

Üretilen süt ürünlerinin hem besin değeri ve hijyenik kalite açısından, hem de duyusal özellikler yönünden üstün kalitede olması büyük önem arz etmektedir. Bu amaçla üretimde yeni proses aşamaları devreye konmakta veya üretim tekniğinde bir takım değişiklikler yapılabilmektedir. Bu uygulamalardan biri de ürüne işlenecek süte homojenizasyon işleminin uygulanmasıdır.

Homojenizasyon, sütün yüksek basınç altında, çok küçük aralığa sahip sübaplardan geçirilmesi sonucu yağ globul çaplarının küçültülmesi ve daha stabil bir sistem oluşturulması işlemi olarak tanımlanabilir (Gönç, 1990). Genel olarak bu işlem valfli homojenizatörlerle yapılırken, son yıllarda mikrofludizasyon yöntemi de yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Whitaley ve Muir, 1996a,b). Homojenizasyon işlemi sonucunda, yağ fazı başta olmak üzere, süt bileşenlerinin fiziksel ve biyokimyasal

özelliklerinde büyük değişiklikler olmaktadır (Sharma ve Dalglish, 1993). Yağ globullerinin çapları küçülmekte, sayıları ve yüzey alanları uygulanan basınç değerleriyle orantılı olarak artmaktadır. Yüzey alanının 10 katına yakın değerlerde artması, yağ globullerinin çevresini saran fosfolipit-protein kompleksinden oluşan membranın zayıflamasına ve parçalanmasına neden olmakta, miktar olarak yeni oluşan yüzeyi kaplamasında yetersiz kalmaktadır. Globullerin süt ortamında stabilizasyonu için, yeni oluşan yüzeye proteinler adsorbe olmakta veya bağlanmaktadır. Yüzey aktif proteinler, özellikle kazeinler hem misel formunda, hem de ayrılmış halde (submisel halinde) yeni yüzeye interaksiyona girmekte ve yağ zerreciklerinin birleşmesini engellemektedir (Walstra ve Oortwijn, 1982).

⁽¹⁾ Bu çalışma Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Araştırma Fonu Başkanlığınca desteklenmiştir.

⁽²⁾ Yrd. Doç. Dr. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 65080 VAN

⁽³⁾ Arş. Gör. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 65080 VAN

Isıl işlem görmemiş homojenize sütlerde bu yeni oluşan yüzeye serum proteinleri çok az oranda bağlanırken, ısıl işlem uygulamasıyla, özellikle β -laktoglobulin ve daha az oranda α -laktoalbumin denatüre olarak yüzeye artan miktarlarda bağlanmaktadır (Dalglish ve Banks, 1991). Bu esnada denatürasyon sonucu oluşan disülfid bağları yoluyla proteinler arasında da yeni interaksiyonlar şekillenmekte ve yüzeye adsorbe olmuş bulunan serum proteinleri ile başta κ -kazein olmak üzere kazeinler birleşerek daha kalın bir membran oluşturmaktadır. Süt yağı globülünü çevreleyen bu yeni membran, özellikçe orjinal membrandan daha farklı özellikler göstermektedir (Dalglish ve Sharma, 1993). Homojenizasyon ve ısıl işlem uygulanması sonucu, sütün fiziksel ve biyokimyasal niteliklerinde birçok değişiklik olmakta ve bu durum böyle sütlerden yapılan ürünlerin özelliklerini de etkilemektedir. Homojenize sütlerden işlenen yoğurtlarda su tutma kapasitesi yükselmekte ve sinerez düşmekte (Schmidt ve Bladsoe, 1995), süt yağı emülsiyon özellikleri iyileşmekte (Goulet, 1994), penetrasyon değeri düşmekte (Balasubramanyam ve Kulkarni, 1991), yoğurdun duyusal özellikleri gelişmektedir (Balasubramanyam ve Kulkarni, 1991; Kulkarni ve ark., 1990).

Homojenize sütlerden yapılan yoğurtlarda yağ globülünü çevreleyen membranın zayıflamasına ve yüzey alanının artmasına bağlı olarak lipaz aktivitesine daha açık hale geldiği ve daha kolay sindirildiği bildirilmektedir (Goulet, 1994).

Daha önce ülkemizde yapılan bir araştırmada farklı basınç derecelerinde homojenizasyon işleminin yoğurtların penetrometre ve viskozite değerleri ile serbest yağ asitleri içeriğine etkileri incelenmiş, ancak serum ayrılması, duyusal özellikleri ve mikrobiyolojik özellikleri üzerinde durulmamıştır (Atamer ve ark., 1992a,b). Bu çalışmada farklı basınç derecelerinin sütteki yağ globülleri büyüklüğüne, yoğurtta serum ayrılmasına, lipoliz ve proteoliz değerlerine, mikrobiyolojik ve duyusal özelliklerine etkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırmada Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Süt İşleme Tesisine gelen ve genel özellikleri yönünden yoğurda işlenmeye uygun bulunan sütler kullanılmıştır. Sütlerin başlıca özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Starter kültür olarak *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*’un liyofilize formdaki karışımı kullanılmıştır (Chr. Hansens, “YC-180” Kopenhag, Danimarka). Kültürler doğrudan kullanılabilir formda olmasına rağmen, yağsız süt tozundan hazırlanan % 10’luk ortamda iki defa çoğaltılarak kullanılmıştır.

Analizlerde kullanılan tüm kimyasal malzemenin, analiz tipine uygun analitik saflıkta olmasına dikkat edilmiştir.

Çizelge 1. Yoğurt yapımında kullanılan sütlerin başlıca özellikleri

Sütün bileşeni	Tekerrür	
	1	2
Kurumadde (%)	12.15	12.30
Yağ (%)	3.00	3.10
Asitlik (%)	0.18	0.18
Özgül ağırlık	1.032	1.031

Yöntem

Süt analizleri

Sütte yağ Gerber yöntemiyle, kurumadde gravimetrik yöntemle, asitlik titrasyon yöntemiyle, özgül ağırlık da piknometre yöntemiyle belirlenmiştir (Yöney, 1973; Kurt ve ark., 1993).

Homojenizasyon

Homojenizasyon işlemi, süt 60 °C’ye ısıtıldıktan sonra tek aşamalı valfli homojenizatör (Giusti, İtalya) kullanılarak 5, 10, 15 ve 20 MPa basınç derecelerinde gerçekleştirilmiştir. Kontrol örneği de basınç uygulanmadan homojenizatörden geçirilmiştir.

Yoğurt yapımı

Her farklı basınç derecesi için 7 litre süt kullanılmıştır. Homojenizasyon işlemi sonrasında sütler 85°C’de 30 dak. süreyle ısıtılmıştır. Daha sonra 44°C’ye soğutulan sütler %2 oranında yoğurt kültürüyle inoküle edilmiştir. Sütler 200 g’lık steril cam ambalaj kaplarına aktarılmış ve 44°C’de inkube edilmiştir. pH 4.7’ye geldiğinde yoğurt örnekleri, fermantasyon odasından alınarak 4°C’deki soğuk odaya alınmıştır. Yoğurt örnekleri yaklaşık olarak 14 saat soğuk odada dinlendirildikten sonra analizlere başlanmıştır. Analizler ayrıca depolamanın 7. ve 14. günlerinde de tekrarlanmıştır.

Yağ globül çapları ölçümü

Homojenize edilen süt örneklerinde, değişik fazların dağılımını ve fazların dağılımında homojenizasyon işleminin etkisini görüntülemek amacıyla süt örneklerinden lam preparatları hazırlanmış ve Ockerman’ın (1985) belirttiği yönteme göre boyama yapılarak mikroskop altında incelenmiştir. Bu amaçla kontrol grubu da dahil olmak üzere homojenize edilen sütlerden çok az miktarda örnek alınarak bir lam üzerine ince bir film halinde sürülmüş, 1 gün müddetle 2 °C’de bekletildikten sonra emülsiyon boyama tekniği uygulanarak boyanmıştır. Boyama işlemi için yağ boyası olarak Sudan IV, protein boyası olarak bromphenol blue kullanılmıştır. Hazırlanan her iki boya da

2 gün bekletilerek katı parçacıklar çöktürülmüş ve berrak kısım kullanılmıştır. Preparatlar % 70'lik alkolden geçirildikten sonra, sırasıyla Sudan IV, %50'lik etil alkol ve bromphenol blue ile muamele edilmiştir. Sonra amonyum hidroksitli su ile yıkayıp, kurutma kağıdı ile kurutulduktan sonra, oküler ve objektif mikrometreler kullanılarak yağ globullerinin çapları ölçülmüştür. Ayrıca preparatlar 400 kez büyütülerek fotoğraflanmıştır.

Yoğurtta fiziksel ve kimyasal analizler

Su tutma kapasitesi, Zorba (1995) tarafından emülsiyonlara uygulanan yöntem modifiye edilerek saptanmıştır. Homojenize sütlerden hazırlanan yoğurtlar 10 s kadar karıştırıldıktan sonra, santrifüj tüplerine 20'şer g tartılmış ve ağız tıpa ile kapatıldıktan sonra santrifüj cihazına (Gerber Instruments, K.Schneider & Co. AG) yerleştirilerek 310 x g'de 10 dakika santrifüje edilmiştir. Santrifüj işleminden sonra tüplerin üst kısmında toplanan serum miktarı (ml) ölçülmüştür. Bu değerlerden, % su tutma kapasitesi değeri hesaplanmıştır.

Yoğurt örneklerinde asitlik, 0.1 N NaOH kullanılarak fenoltalein eşliğinde yapılan titrasyonla belirlenmiştir. pH ölçümünde dijital pH metre (Hanna Inst. 8521) kullanılmıştır (Kosikowski, 1982).

Yoğurt örneklerinde protein oranları, Kjeldahl metoduyla saptanan azot oranının 6.38 faktörüyle çarpılmasıyla bulunmuştur (Kurt ve ark., 1993).

Yoğurt örneklerinde proteoliz oranı, Bütikofer ve ark., (1993) tarafından verilen yöntem modifiye edilerek tespit edilmiştir. Protein olmayan azot (NPN), 10 g. yoğurt örneğinin 40 °C'lik 10 ml saf su ile homojenize edilmesi ve % 12 Trikloro asetik asit ile ekstraksiyonuyla elde edilmiştir. Yoğurt örneklerinde protein olmayan azot miktarı da yine Kjeldahl yöntemiyle tayin edilmiştir (Kurt ve ark., 1993). Sonuçlar, bulunan azot değerlerinin toplam azota oranlanmasıyla % cinsinden verilmiştir.

Lipoliz oranları IDF (1991) tarafından belirtilen BDI metoduyla saptanmıştır. Yoğurt örneklerinde yağı serbest hale getirmek için Triton X-100/Sodyum polifosfat çözeltisinden yararlanılmıştır. Yağ çözücüsü olarak izopropanol/petrolü benzen, indikatör olarak thymol blue ve titrasyon alkalisi olarak da 0.01 N tetra-n-butyl amonyum hidroksit (metanol/izopropanol içinde) kullanılmıştır. Titrasyon işlemi hafif bir azot gazı akışı eşliğinde gerçekleştirilmiştir.

Mikrobiyolojik ve duyu analizler

Laktik asit bakterilerinin sayımı için MRS Agar (Oxoid) ve M17 Agar (Merck) kullanılmıştır. Laktik asit kullanılarak agarların pH'sı 5.5'e ayarlanmış, böylece diğer mikroorganizmaların gelişmeleri sınırlandırılmıştır. Petri kutuları 32 °C'de 72 saat inkübe edilmiş ve süre sonunda, oluşan tipik bakteri kolonilerine gram boyama ve katalaz

testi uygulanmıştır. Gram (+) ve katalaz (-) sonuç veren kok ve çubuk şeklindeki bakteriler laktik asit bakterisi olarak değerlendirilmiştir (Speck, 1984).

Maya ve küf sayımında Potato Dextroz Agar (Acumedia) kullanılmıştır. Agar sterilize edildikten sonra, üzerine gerekli miktarda % 10'luk steril Tartarik asit ilave edilmiş ve pH 3.5'e ayarlanmıştır. Petri plakları ekim yapıldıktan sonra, 24 °C'de 5 gün inkübe edilmiş ve bu sürenin sonunda sayım yapılmıştır (Nunez ve ark., 1986a,b).

Yoğurt örneklerinin duyu analizinde Rasic and Kurmann (1978) tarafından önerilen, görünüş için 5, koku için 5, kıvam için 10 ve tat-aroma için 10 puan şeklindeki değerlendirme skalası kullanılmıştır. Ayrıca bu dört ölçütün toplamları olarak da genel beğenilirlik değeri 30 puan üzerinden değerlendirilmiştir. Duyusal analiz, 5 kişilik laboratuvar tipi panel grubunca gerçekleştirilmiştir. Panel üyelerinin kesirli sayı kullanmalarına ve açıklama notu düşmelerine de izin verilmiştir.

Çalışma, 5x3 faktöryel düzenleme şeklinde tam şansa bağlı deneme planına göre 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Tüm verilerin istatistiksel analizinde SAS paket programı (SAS, 1988) kullanılmış ve varyans analizi -ANOVA- ile Duncan çoklu karşılaştırma testlerine başvurulmuştur.

Bulgular ve Tartışma

Yağ globul çapları

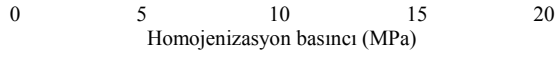
Yoğurt üretiminde kullanılacak sütlere uygulanan farklı derecelerdeki homojenizasyon basıncının, yağ globul çaplarında meydana getirdiği değişikliklere ait değerler ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Basınç farklılığının yağ kürecik çapları üzerindeki etkisi $p < 0.01$ düzeyinde önemli görülmüştür. Basınç derecesi arttıkça yağ çapları küçülmüştür. Metzger ve Mistry (1995), yağ globullerinin dağılımlarını ve ölçülerini belirlemek için bu çalışmadakine benzer şekilde boyama ve ışık mikroskopunda fotoğraflama yoluna gitmişler ve 17.3 ve 3.4 MPa değerlerinde iki aşamada gerçekleştirilen homojenizasyon işleminde, yağ globullerinin ortalama çaplarının 1μ 'un altına düştüğünü belirlemişlerdir. Kullanılan ölçüm yöntemi uygulamalar arasındaki farkı belirgin bir şekilde ortaya koymasına rağmen, yine de $\pm 0.2 \mu$ 'luk bir hatanın olması muhtemeldir. 15 ve 20 MPa basınç değerlerinde 0.90 ve 0.65 μ olarak belirlenen değer, Lemay et al.'in (1994) buldukları 14 MPa basıncındaki 1.09 μ değerinden biraz düşük iken, farklılıkta homojenizasyon tekniği ve ölçüm tekniğinin etkili olduğu söylenebilir. Bu çalışmadaki bulguların, çalışılan basınç dereceleri göz önüne alındığında, Cano-Ruiz ve Richter'in (1997) 30, 60 ve 90 MPa basınç dereceleri için buldukları 0.45, 0.25 ve 0.19 μ 'luk değerleriyle de uyumlu oldukları söylenebilir. Homojenizasyona tabi tutulmuş sütlerdeki yağ

globulleri çaplarının değişimi, mikroskop altındaki görünümleriyle Şekil 1’de verilmiştir.

Çizelge 2: Farklı homojenizasyon basıncı derecelerinin yağ globul çapları üzerindeki etkileri ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Homojenizasyon basıncı (MPa)	n	Yağ globul çapları (μ) ⁽¹⁾
0	10	4.35 ^a
5	10	2.58 ^b
10	10	1.82 ^c
15	10	0.90 ^d
20	10	0.65 ^d

⁽¹⁾Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak farklı değildir (p>0.05)



Şekil 1. Homojenizasyon basıncına bağlı olarak yağ globulleri görünümü

Fiziksel ve kimyasal özellikler

Farklı basınç dereceleri yoğurtların su tutma kapasitelerinde önemli seviyede değişiklik oluşturmuştur

(p<0.01). Basınç derecesinin artışına bağlı olarak yoğurt örneklerinin su tutma kapasiteleri de yükselmiştir. En yüksek su tutma kapasitesi ortalaması % 85.30 ile 20 MPa basınç değerinde saptanırken, bunu sırasıyla 15, 10, 5 ve 0 MPa basınç uygulanan örnekler % 82.65, 80.83, 78.60 ve 76.46 değerleriyle izlemiştir (Çizelge 3). Homojenizasyon işleminin yağ globul çaplarını küçültürken yüzey alanını artırması ve bu yeni oluşan yüzeye kazeinlerin misel veya submiseller halinde adsorbe olması, yine ısıl işlem uygulanarak denatüre edilen β -laktoglobulin ve α -laktoalbuminin yağ yüzeyine bağlanması, sonuçta homojenize sütlerde suyla interaksyona giren toplam madde miktarını arttırmaktadır (Dalglish ve Sharma, 1993). Homojenize sütlerden yapılan yoğurtların bu tür yapısal özellikler kazandığı Atamer ve ark. (1992a) tarafından da penetrometre ve viskozite ölçümleriyle ortaya konulmuştur. Buna bağlı olarak, homojenize sütlerden yapılan yoğurtlarda sinereze direnç artmakta ve su tutma kapasitesi yükselmektedir (Johnston ve ark., 1993).

Balasubramanyam ve Kulkarni (1991), 200 bar’lık basınçta homojenizasyonun, yoğurtta serum ayrılmasını düşürdüğünü ve daha düzgün yapılı yoğurt elde edilmesine olanak sağladığını bildirmektedirler.

Yoğurt örneklerinin su tutma kapasiteleri depolama süresince yükselmiş ve bu artış istatistiksel olarak da anlamlı (p<0.01) bulunmuştur (Şekil 2). Akalın ve Göncü (1993), yoğurt örneklerinde depolama süresince su tutma kapasitesinin yükselmesini, örneklerdeki kurumadde artışına bağlamışlardır. Ancak bu çalışmada, yoğurt örneklerinin tümü kapalı ambalaj kaplarında bekletilmiş ve su kaybı engellenmiştir. Analiz için örnek alınmadan önce de kapakta yoğunlaşmış olabilecek su damlacıkları da kap içeriğine dahil edilerek karıştırılmıştır. Bundan dolayı, su tutma kapasitesinin depolama süresince artışı, yoğurt örneklerine ait pH değerlerinin kazeinin izoelektrik noktası olan 4.6’dan uzaklaşması ve daha fazla su molekülü ile interaksyon oluşmasına bağlanmıştır.

Çizelge 3. Yoğurt örneklerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait ortalama değerler ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Basınç (Mpa)	n	Su tutma kap. (%)	Asitlik (%)	pH	Proteoliz (%)	Lipoliz (ADV)
0	6	76.46 d	0.993 a	4.2	9.88 a	1.144 c
5	6	78.60 cd	0.991 a	4.22 a	10.35 a	1.236 bs
10	6	80.83 bc	1.010 a	4.21 a	10.01 a	1.293 b
15	6	82.65 ab	1.023 a	4.22 a	9.96 a	1.472 a
20	6	85.30 a	0.982 a	4.25 a	10.34 a	1.518 a

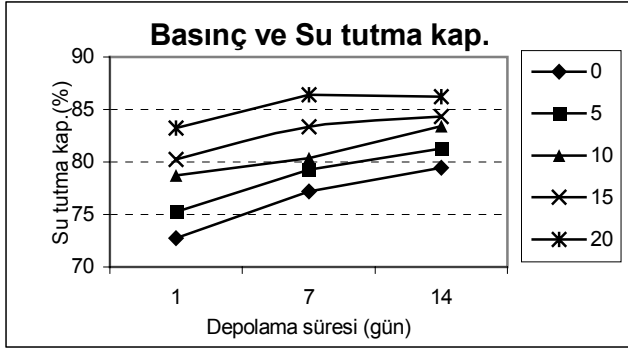
a, b, c: Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak farklı değildir (p>0.05)

Yoğurt örnekleri arasında basınç derecesine bağlı olarak % asitlik ve pH değerleri açısından önemli bir farklılık oluşmamıştır (Çizelge 3). Beklendiği gibi, yoğurtların asitlik değerleri depolama süresine bağlı olarak yükselmiş, pH değerleri ise düşmüştür (p<0.01).

Farklı basınç derecelerinde homojenizasyon işleminin, yoğurt örneklerinin NPN değerleri üzerine önemli

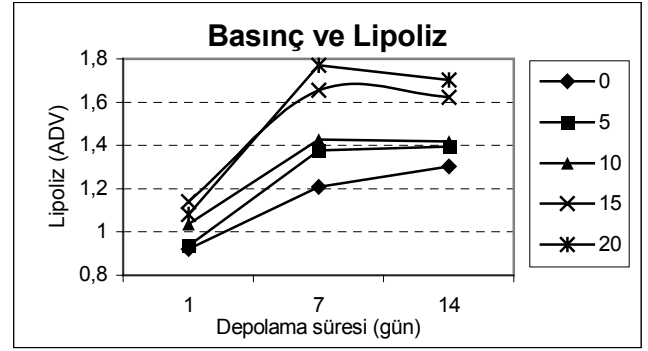
derecede etkide bulunmadığı gözlenmiştir. (Çizelge 3). Farklı araştırmacılar tarafından, homojenizasyon işleminin kazein misellerinin orijinal yapısını bozarak peynirde proteolize duyarlı hale getirdiği (Ghosh ve ark., 1994); yüksek basınç uygulanmış sütlerden yapılan yoğurtlarda pıhtılaşmanın daha yüksek pH değerlerinde başladığı belirlenmiştir (Desobry-Banon ve ark., 1994). Ancak bu

çalışmada, farklı basınç derecelerinde homojenizasyonun yoğurtlarda proteoliz değerini etkilemediği gözlenmiştir. Depolama süresince NPN düzeylerinde $p<0.05$ seviyesinde önemlilik arz eden bir yükselme görülmüştür. Bu artış laktik kültürlerin düşük düzeyde de olsa proteolitik ve peptidolitik etkilerine bağlanabilir.



Şekil 2. Depolama süresince yoğurt örneklerinde su tutma kapasitesinin değişimi

Uygulanan homojenizasyon işleminin, yoğurt örneklerinin lipoliz değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$). En düşük lipoliz değeri ortalaması 1.144 meq/100 g yağ ile kontrol örneğinde bulunurken, diğer örneklerde artan basınç değerleri sıralamasıyla 1.236, 1.293, 1.472 ve 1.518 meq/100 g yağ olarak saptanmıştır (Çizelge 3). Homojenizasyon işlemi sonucunda yağ kürecik çapları küçülerek yüzey alanı artmaktadır. Yağ globullerini lipaz aktivitesine karşı koruyan membran yeni yüzeyi kaplamaya yetmediğinden yağ globülünün stabilizasyonu için, yağ yüzeyine kazeinler ve serum proteinleri bağlanmakta veya adsorbe olmaktadır (Walstra ve Oortwijn, 1982). Yağ globul yüzeyini kaplayan proteinlerin miktarı ve türü, homojenizasyon basıncıyla birlikte, protein konsantrasyonuna ve uygulanan ısıl işlemin yoğunluğuna bağlı bulunmaktadır (Dalglish ve Banks, 1991). Yoğurt yapımında uygulanan ısıl işlemin yüksek olmasına karşın, protein konsantrasyonunun düşük olmasının, yağ kürecikleri yüzeyinde yeterli membran kalınlığı oluşturmadığı ve böylece lipaz aktivitesi sonucu daha fazla lipoliz meydana geldiği düşünülmektedir. Homojenizasyon basıncına bağlı olarak lipoliz değerinin yükseldiği bulgusu Atamer ve ark.'nın (1992a) bildirdikleri sonuçlarla da paralellik göstermektedir. Yoğurt örneklerine ait lipoliz değerlerinin depolama süresince değişimi istatistiksel olarak farklı bulunmuş ($p<0.01$) ve değerlerin değişim seyri Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Depolama süresince yoğurt örneklerinde lipoliz değerleri değişimi

Mikrobiyolojik özellikler

Yoğurt örnekleri arasında, mikrobiyolojik açıdan homojenizasyon basıncı düzeyinden kaynaklanan önemli bir istatistiksel farklılık saptanmamıştır (Çizelge 4). Depolama süresince yoğurt örneklerinde laktik asit bakterileri sayısı düşerken, küf sayısı bir miktar artmıştır. Sayısal değişim her iki parametre için de $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Çalışmada maya hücresine rastlanmamıştır. Yoğurt örneklerinde ortalama laktik asit bakterileri sayısı logaritmik birim olarak 6.45 kob/g ile 6.77 kob/g arasında değişmiştir. Maya küf sayısı ortalamasının yine logaritmik değer olarak 0.515 ile 1.202 kob/g arasında olduğu saptanmıştır. Schmidt ve Bladsoe (1995) düşük yağlı yoğurtlarda, mikrobiyolojik özelliklerin homojenizasyon basıncına bağlı olarak herhangi bir değişiklik göstermediğini bildirmektedirler.

Çizelge 4. Yoğurt örneklerinin mikrobiyolojik özelliklerine ait ortalama değerler ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Basınç (MPa)	n	Laktik asit bakterileri (\log_{10})	Küf (\log_{10})
0	6	6.77 a	0.51 a
5	6	6.68 a	0.53 a
10	6	6.45 a	0.93 a
15	6	6.48 a	1.05 a
20	6	6.55	1.20 a

a,b, c Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak farklı değildir ($p>0.05$)

Duyusal özellikler

Yoğurt örneklerinin koku ve görünüş özellikleri arasında istatistiksel olarak farklılık çıkmamış ($p>0.05$), buna karşılık kıvam özelliğinde $p<0.01$ düzeyinde, tat-aroma puanlarında ise $p<0.05$ seviyesinde bir farklılık oluşmuştur. Yine yukarıda bahsedilen dört puan türünün toplanmasıyla elde edilen genel beğenilirlik (toplam puan) yönünden de $p<0.01$ önemlilik düzeyinde bir farklılık belirlenmiştir (Çizelge 5).

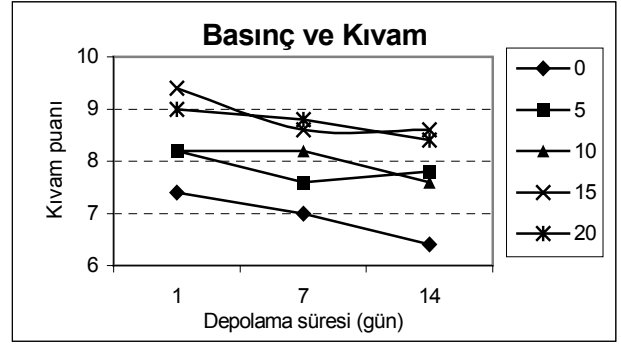
Çizelge 5: Yoğurt örneklerinin duyusal özelliklerine ait ortalama değerler ve Duncan çoklu karşılaştırma testleri sonuçları

Basıncı (MPa)	n	Koku	Görünüş	Kıvam	Tat- aroma	Genel beğenil.
0	6	3.93 a	4.02 a	6.93 C	6.93 b	21.93 b
5	6	4.00 a	4.06 a	7.86 b	7.80 a	23.60 a
10	6	4.03 a	4.23 a	8.85 a	8.02 a	24.66 a
15	6	4.10 a	4.10 a	8.74 a	7.86 a	25.13 a
20	6	4.10 a	4.10 a	8.74 a	7.86 a	24.80 a

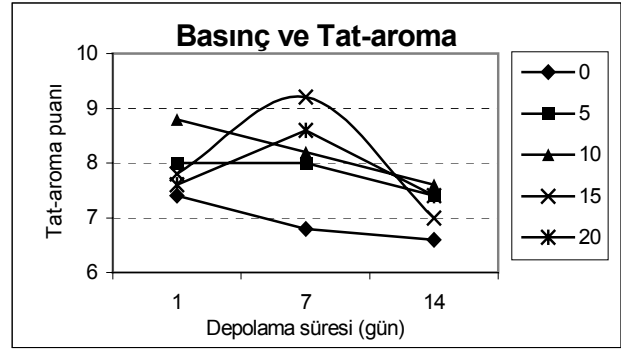
^{abc} Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak farklı değildir (p>0.05)

Kıvam bakımından en fazla beğenilen yoğurt örneği 15 MPa değerinde homojenize edilen örnek olurken, bunu 10 MPa basınç dereceleri izlemiş, en düşük değeri ise kontrol örneği almıştır. Genel olarak, basınç derecesi arttıkça kıvamlilik hissi de yükselmiştir (Çizelge 5, Şekil 4). Duyusal analiz sonuçları bu yönüyle örneklerin su tutma kapasiteleriyle de uyumlu bulunmuştur. Buradaki sonuçlar, homojenizasyon işleminin yoğurtlarda viskozite değerini yükselttiği bulgusu tarafından da desteklenmektedir (Atamer ve ark., 1992a). Kıvamlilik hissinde depolama süresinin ilerlemesine bağlı olarak bir düşüş görülmüştür (Şekil 4). Bu eğilim, yoğurt örneklerinin su tutma kapasitelerinin seyriyle çelişse de, bu durumun yoğurtların depolama süresinin ilerlemesiyle daha yumuşak bir pıhtı özelliği göstermesinden kaynaklandığı söylenebilir.

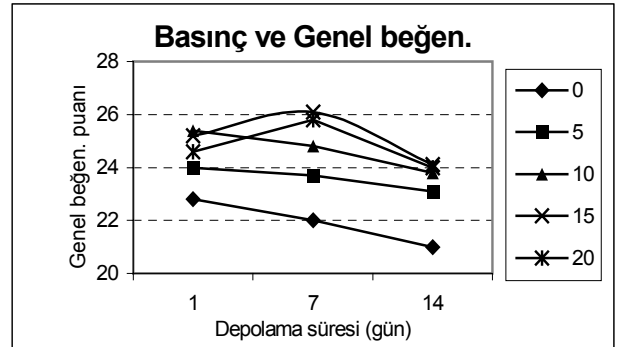
Tat-aroma yönünden en yüksek puanları 10 ve 15 MPa değerlerinde homojenize edilmiş sütlerden yapılan yoğurtlar alırken, en düşük puanlar kontrol örneğine verilmiştir (Çizelge 5, Şekil 5). Homojenizasyon işleminin yoğurtta duyusal özellikleri geliştirdiği başka araştırma sonuçlarında da bildirilmiştir (Kulkarni ve ark., 1990; Balasubramanyam ve Kulkarni, 1991). Yoğurt örneklerine en yüksek puanlar 7. günde verilmiştir (Şekil 5). Bunda, taze yoğurtların panel üyeleri tarafından fazla tatlımsı bulunmasının etkili olduğu söylenebilir. Yoğurt örneklerine verilen koku, görünüş, kıvam ve tat-aroma puanlarının toplamından oluşan genel beğenilirlik kısmında, en yüksek puan ortalamasına 15 MPa'da homojenize edilen örnek sahip olmuş, bu örneği sırasıyla 20, 10, 5 ve 0 MPa'a ait örnekler izlemiştir. Genel beğenilirlik açısından taze yoğurtlar ile 7 günlük yoğurtlar arasında fark bulunmamış (p>0.05), 14. günde ise puanlar bir miktar düşmüştür (Çizelge 5, Şekil 6).



Şekil 4. Yoğurt örneklerinin kıvamlilik hissine ait duyusal analiz sonuçları değerleri



Şekil 5. Yoğurt örneklerinin tat-aroma değerleri



Şekil 6. Yoğurt örneklerinin genel beğenilirlik değerleri

Teşekkür

Bu çalışmayı parasal yönden destekleyen, Yüzcüncü Yıl Üniversitesi Araştırma Fonu Başkanlığı ve personeline, verilerin istatistiksel analizinde büyük yardımlarını gördüğümüz Doç. Dr. Hayrettin OKUT'a teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- Akalın, A.S. ve S. Gönç, 1993. *Yoğurt Benzeri Eşki Süt Mamullerinin Üretimi ve Bunların Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar*. Doktora Tezi. Ege Üniv. Fen Bil. Enst. Süt Tekn. Anabilim Dalı. s. 133.
- Atamer, M., Z. Yıldırım ve M. Yıldırım, 1992a. Farklı basınçlarda uygulanan homojenizasyon işleminin set yoğurtların bazı nitelikleri üzerine etkisi: I. Pıhtı stabilitesine etkisi. *Gıda*. 17, (4), 255-258.
- Atamer, M., M. Yıldırım ve Z. Yıldırım, 1992b. Farklı basınçlarda uygulanan homojenizasyon işleminin set yoğurtların bazı nitelikleri üzerine etkisi: II. Serbest yağ asitleri içeriğine etkisi. *Gıda*. 17, (4), 255-258.
- Balasubramanyam, B.V. and S. Kulkarni, 1991. Standardization of manufacture of high fat yoghurt with natural fruit pulp. *J. Fd. Sci. Technol.* 28, 6, 389-390.
- Butikofer, U., M. Ruegg, and Y. Ardö, 1993. Determination of nitrogen fractions in cheese: Evaluation of a collaborative study. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 26 (3): 271-275.
- Cano-Ruiz, M.E. and R.L. Richter, 1997. Effect of homogenization pressure on the milk fat globule membrane proteins. *J. Dairy Sci.* 80, 2732-2739.
- Dalgleish, D.G. and J.M. Banks, 1991. Formation of complexes between serum proteins and fat globules during the heating of whole milk. *Milchwissenschaft*. 46, (2), 75-78.
- Dalgleish, D.G. and S.K. Sharma, 1993. Interactions between milkfat and milk proteins- The effect of heat on the nature of the complexes formed. *IDF Special Issue 9303*. p. 7-17.
- Desobry-Banon, S., F. Richard, and J. Hardy, 1994. Study of acid and rennet coagulation of high pressurized milk. *J. Dairy Sci.* 77, 3267-3274.
- Ghosh, B.C., A. Steffl, J. Hinrichs, and H.G. Kessler, 1994. Rennetability of whole milk homogenized before or after pasteurization. *Milchwissenschaft*. 49, (7), 363-367.
- Goulet, J., 1994. [The hidden side of homogenized milk] Les dessous du lait homo. *Dairy Science Abst.* 1996. Vol. 58 No:1 p.15.
- Gönç, S., 1990. *Süt Teknolojisinde Homojenizasyon*. Ege Üniv. Ziraat Fak. Yay. No:457 s.65
- IDF., 1991. Routine methods for determination of free fatty acids in milk. *Bulletin of the IDF. no. 265*, p. 26-32.
- Johnston, D.E., B.A. Austin, and R.J. Murphy, 1993. Properties of acid gels prepared from high pressure treated skim milk. *Milchwissenschaft*. 48, 206-209.
- Kosikowski, F.V., 1982. *Cheese and Fermented Milk Foods*, Published by F.V. Kosikowski and Associates, New York, p.1-711.
- Kulkarni, S., M. Huss, H.G. Kessler and J. Plock, 1990. Influence of septic and aseptic homogenization on rheological and sensory properties of cream yoghurt with added whey concentrate. *DMZ, Lebensmittelindustrie und Milchwirtschaft*. 111, 31, 1010-1015
- Kurt, A., S. Çakmakçı, ve A. Çağlar, 1993. *Süt ve Mamülleri Muayene ve Analiz Metotları Rehberi*, Atatürk Üniv. Yay. 252/d, Ziraat Fak. Yay. 18, Erzurum, s.1-238.
- Lemay, A., P. Paquin, and C. Lacroix, 1994. Influence of microfluidization of milk on Cheddar cheese composition, color, texture and yield. *J. Dairy Sci.* 77, 10, 2871-2879.
- Metzger, L.E. and V.V. Mistry, 1995. A new approach using homogenization of cream in the manufacture of reduced fat Cheddar cheese. 2. Microstructure, fat globule distribution, and free oil. *J. Dairy Sci.* 78, 1883-1895.
- Nunez, M., C. Garcia-Aser, M.A. Rodriguez-Marin, M. Medina, and P. Gaya, 1986a. The effect of ripening and cooking temperatures on proteolysis and lipolysis in Manchego cheese, *Food Chemistry*, 21:115-123.
- Nunez, M., G.M. Medina, M.A. Rodriguez-Marin, and C. Garcia-Aser, 1986b. Changes in microbiological, chemical, rheological and sensory characteristics during ripening of vacuum packaged Manchego cheese, *J. Food Sci.* 51 (6): 1451-1455.
- Ockerman, H.W., 1985. *Quality Control of Post Mortem Muscle Tissue*, vol. 2. The Ohio State University, Columbus, OH. USA. (2nd ed.).
- SAS, 1988 *User's Guide*. Statistics Sas Institute Inc., Carry, NC USA
- Rasic, J.L. and J.A. Kurmann, 1978. *Yoghurt*. Technical Dairy Publishing House. Copenhagen, 1. p. 427.
- Schmidt, K. and K. Bledsoe, 1995. Effects of homogenization pressure on physical and sensory characteristics of low fat yogurt. *Cultured Dairy Products Journal*. 30, (4), 7-10.
- Sharma, S.K. and D.G. Dalgleish, 1993. Interactions between milk serum proteins and synthetic fat globule membrane during heating of homogenized whole milk. *J. Agric. Food Chem.* 41, 1407-1412.
- Speck, M.L., 1984. *Compendium of Methods for Microbial Examination of Foods*. APHA, Washington, D.C. USA.
- Walstra, P. and H. Oortwijn, 1982. The membranes of recombined fat globules. III. Mode of formation. *Neth. Milk Dairy J.* 50, 291.
- Whitaley A.J. and D.D. Muir, 1996a. Heat stability of homogenized concentrated milk: 1. Comparison of microfluidiser with a valve homogenizer. *Milchwissenschaft*. 51, (6), 320-323.
- Whitaley A.J. and D.D. Muir 1996b. Heat stability of homogenized concentrated milk: 2. Synergic effect of addition of sodium caseinate and urea. *Milchwissenschaft*. 51, (7), 385-390.

Yöney, Z. 1973. *Süt ve Mamulleri Analiz Metotları*. A.Ü. Ziraat Fak. Yay. No: 491. A.Ü. Basımevi. Ankara.

Zorba, Ö. 1995. *Taze ve Dondurulmuş Sığır Et Protein Fraksiyonlarının Çeşitli Emülsiyon Özellikleri,*

Protein Çözünürlüğü ve Elektroforetik Özellikleri Üzerinde Isıl İşlem Sıcaklığı Etkisinin Araştırılması.

Doktora Tezi. Atatürk Üniv. Fen Bil. Enst. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, s. 125. Erzurum.