

Depolama Süresinin Farklı Yağ Oranlarındaki Set Tipi Yoğurdun Fizikokimyasal, Duyusal ve Tekstürel Özelliklerine Etkisi

Celile Aylın OLUK^{1*}

¹Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, 01321 Yüreğir, Adana

¹<https://orcid.org/0000-0001-8939-3610>

*Sorumlu yazar: celileaylin.oluk@tarimorman.gov.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 22.09.2023

Kabul tarihi:06.02.2024

Online Yayınlanma: 25.06.2024

Anahtar Kelimeler:

Yoğurt

İnek sütü

Renk

Geri ekstrüzyon

ÖZ

Bu çalışma ile yağlı ve yarı yağlı set tipi yoğurdun depolama süresince fizikokimyasal, duyusal ve tekstürel açıdan farklılıklarının ortaya konulması amaçlanmıştır. Depolama periyodu boyunca deneme yoğurt örneklerinde pH, kuru madde ve serum ayrılmasının azaldığı tespit edilmiştir. L ve Hue* değerleri yağlı yoğurta 7. ve 15. günlerde sırasıyla 93,30 ve 79,62 ile en yüksek değerleri göstermiştir. En yüksek C* değeri yarı yağlı yoğurta 15. günde (11,60) tespit edilmiştir. Yağlı yoğurtların genel beğeni, kıvam (kaşıkla ve ağızla) puanları yarı yağlı yoğurtlardan daha yüksek tespit edilmiştir. İstatistiksel değerlendirme sonucunda, yağlı yoğurta 7. günden sonra sertlik, konsistens, içyapışkanlık (kohesivlik) ve viskozite indeksi değerlerinin yarı yağlı yoğurttan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada, set tipi yoğurtların duyusal ve tekstürel özelliklerinde yağ içeriğine bağlı olarak farklılıklar tespit edilmiştir.

Effect of Storage Time on Physicochemical, Sensory and Textural Properties of Set Type Yoghurt with Different Fat Contents

Research Article

Article History:

Received: 22.09.2023

Accepted: 06.02.2024

Published online: 25.06.2024

Keywords:

Yogurt

Cow milk

Colour

Back extrusion

ABSTRACT

This study aimed to reveal the physicochemical, sensory and textural differences of fatty and half-fat set type yoghurt during storage. It was determined that pH, dry matter and serum separation decreased in the both yoghurt samples during the storage period. L and Hue* values showed the highest values in fatty yoghurt on the 7th and 15th days, with 93,30 and 79,62, respectively. The highest C* value (11,60) was detected in half-fat yoghurt on the 15th day. The general overall, consistency (with a spoon and by mouth) scores of fatty yoghurts were determined to be higher than half-fat yoghurts. As a result of the statistical evaluation, it was determined that the hardness, consistency, cohesiveness and viscosity index values of fatty yoghurt were higher than those of half-fat yoghurt after the 7th day. In this study, differences were detected in the sensory and textural properties of set type yoghurts containing different amounts of fat, depending on the fat content.

To Cite: Oluk CA. Depolama Süresinin Farklı Yağ Oranlarındaki Set Tipi Yoğurdun Fizikokimyasal, Duyusal ve Tekstürel Özelliklerine Etkisi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2024; 7(3): 1202-1214.

1. Giriş

Yoğurdun en popüler ve en çok talep edilen süt ürünlerinden biri olmasında sadece terapötik etkileri değil, aynı zamanda kendine has tat ve aroması gibi duyusal özellikleri ile doku ve kıvam gibi tekstürel özellikleri de etkili olmaktadır (Chen ve ark., 2017). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt

Ürünleri Tebliği'ne göre yoğurdun tanımı “Fermantasyonda spesifik starter kültür olarak *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un birlikte kullanıldığı, inkübasyon sonrasında pıhtısı karıştırılarak kırılmamış (set) ya da kırılmış (stirred) formda elde edilen ve son tüketim tarihinde yeterli sayıda, canlı ve aktif starter bakteri bulduran fermente süt ürünü ” olarak yapılmıştır (Anonim, 2023).

Yoğurdun benzersiz, zayıf jel benzeri dokusu, fermantasyonun oluşturduğu asidik ortam tarafından denatüre edilen proteinlerin (kazein ve peynir altı suyu proteini) üç boyutlu karmaşık ağ yapısının bir sonucudur (Das ve ark., 2019). Süt yağı globülleri, kazein ağında hareketsizdir ve protein jel yapısında hapsolmuş çok büyük, nispeten pürüzsüz küreler halinde bulunurlar (Astráin-Redín ve ark., 2023). Süt proteinleri amfifilik doğalarından dolayı yağ globüllerinin yüzeyine absorbe edilebilir. Bağlı proteinlere sahip yağ kürecikleri ağın yapımında işlev görür (Sandoval-Castilla ve ark., 2004). Geriye kalan suda çözünür kısım, katlanmamış ayrılmış peynir altı suyu proteini ve serumda asılı duran yağ küreciklerinden oluşur. Hammaddenin yağ içeriği, istenilen yapısal ve organoleptik özelliklere sahip yoğurdun üretiminde oldukça önemlidir (Robinson ve ark., 2006; Akgun ve ark., 2016; Ahmed ve Razig, 2017). İyon odaklı lazer mikroskop kullanılarak yapılan görüntüleme bakteriyel aktivasyon ve pH düşüşü nedeniyle oluşan koloidal kazein jel ağı, genel reolojik ve dokusal özelliklerle niteliksel olarak ilişkilendirilmiştir (Lee ve Lucey, 2004). Yoğurt ürünlerinin dokusal ve reolojik özellikleri; mikroorganizmaların türüne, inkübasyon süresine, inkübasyon sıcaklığına, karıştırmaya, ısıl işleme, toplam kuru madde içeriğine, çiğ sütün bileşimine, yağ oranına, depolama süresine, stabilizatörlerin eklenmesine ve bileşimine göre değişebilmektedir (Chen ve ark., 2017; Das ve ark., 2019).

Son yıllarda probiyotik yoğurtların (Çomak-Göçer ve ark., 2016; Çakmakçı ve ark., 2019), bitki ekstraktları ile zenginleştirilmiş yoğurtların (Arslaner ve ark., 2021; Bulut ve ark., 2021), keçi-inek sütü karışım yoğurtlarının (Kesenkaş ve ark., 2017) fizikokimyasal ve yapısal özellikleri ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Güler ve Park (2011), Türk set tipi yoğurtların aroma profili ve duyu analizi arasındaki ilişkiyi incelemişler ve yağ ile genel kabul edilebilirlik arasında ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Rashwan ve ark. (2023), tropikal *Melastoma dodecandrum* ilave edilmiş set-tipi yoğurtlarda yaptıkları çalışmada süt yağı küreciklerinin kaybolduğunu belirlemişlerdir.

Bu çalışmada yağlı ve yarım yağlı set tipi yoğurtların fizikokimyasal, tekstürel ve duyu özellikleri belirlenmiştir. Bu kapsamda üretilen yoğurtların soğukta 21 gün muhafazası süresince bazı fizikokimyasal ve tekstürel değişimleri takip edilmiş, ayrıca üretilen yoğurtların duyu açısından beğenilme derecesi izlenmiştir. Yapılan çalışma ile farklı yağ özelliklerinin endüstriyel şartlarda üretilen set tipi yoğurtların, tekstürel ve duyu özelliklerinin depolama süresince değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Yoğurt üretimleri Çay Çiftlik ürünleri San. Tic. Ltd. Şti.'de gerçekleştirilmiştir. Sütler yarım yağlı yoğurt için %1,5'e, yağlı yoğurt için %3,0'a krema separatörü aracılığıyla (REDA RE350T

35000l/saat kapasiteli) standardize edilmiştir. Homojenizasyon 55-60°C'de 190 barda yapılmıştır. Süt tozu ilave edilmiş yoğurtların kuru maddeleri %12,5'e standardize edilmiş ve her iki yoğurdun sütü 95°C 5 dakika ısıtılardan sonra 43°C'ye soğutulmuştur. %3 YO-PROX 570+YO-PROX-738 (BI-PROX-Fransa) (*Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus*) ticari yoğurt kültürleri inoküle edilmiştir. 3,5-4 saat 44-47°C'de inkübe edilen yoğurtlar, inkübasyon süresinde belli aralıklarla pH'ları izlenmiştir. İnkübasyon, pH yaklaşık 4,70'e ulaştınca sonlandırılmış, yoğurtlar oda sıcaklığında 30 dakika ön soğutulduktan sonra 4°C'de depolamaya alınmıştır. Araştırma üç paralel ve üç tekerrürlü yürütülmüş ve yoğurtlar 1., 7., 14., ve 21. günlerde analizlere tabi tutulmuştur.

2.1. Kuru Madde Tayini

Darası alınan tek kullanımlık alüminyum kurutma kapları içerisine 5'er g yoğurt örneği tartılarak 100-105°C'deki kurutma fırınında kurutulmuş ve kurutma işlemi bittikten sonra örnekler soğutulup tartılarak % kuru madde içeriği saptanmıştır (Arslaner ve ark., 2021).

2.2. Yağ Tayini

Gerber yöntemiyle yağ içeriği belirlenmek üzere 10'ar g tartılan yoğurt örneklerinin üzerine 10 mL saf su ilave edilmiş ve bu karışımdan 11 mL alınıp bütirometrelere konulmuştur. Santrifüj işleminden sonra volümetrik değerin 2 ile çarpılmasıyla örneklerin % yağ içeriği saptanmıştır (Yıldız ve Bakırcı, 2019).

2.3. Protein Tayini

Yoğurtlardaki protein miktarı, Kjeldahl yöntemi ile azot miktarlarının saptanması sonucu % toplam azot miktarının 6,38 faktörüyle çarpılması ile belirlenmiştir (Kurt ve ark., 2003).

2.4. Serum ayrılması (Sineresiz)

Adi filtre kâğıdı kullanılarak 25 g yoğurt örneği 4±1°C'de 2 saat süreyle filtre edilmiş ve oluşan süzüntüden volümetrik olarak serum ayrılması miktarı saptanmıştır (Yıldız ve Bakırcı, 2019).

2.5. pH Tayini

Yoğurt örneklerinin pH değeri, kalibrasyonu yapılmış pH-metre (Mettler Toledo, IONS220) kullanılarak ölçülmüştür.

2.6. Renk Tayini

Yoğurtların renk değerleri Chroma Meter CR-5 (Konica Minolta) kullanılarak ölçülmüştür. Yoğurtlar analiz edilmeden önce beyaz plaka ile Chroma ölçer kalibre edilmiştir. Homojen hale getirilen yoğurt örneklerinin L* a* b* değerleri 3 paralel ortalaması alınarak hesaplanmıştır (Martley ve Michel, 2001). Bu ölçümlere ilave olarak, C* (renk yoğunluğu) ve hue* açısı (renk homojenliği) değerleri

hesaplanmıştır (Lee ve Castle, 2001). Hue değeri, derece olarak hue açısını göstermekte olup 0° olması +a eksenine (kırmızı), 90° olması +b eksenine (sarı) karşılık gelmektedir (Wertz ve ark., 2004).

2.7. Deneme yoğurtlarında tekstürel ve reolojik analizler (Geri ekstrüzyon (back extrusion))

Deneme yoğurt örneklerinin geri ekstrüzyon analizi, Boz (2012) tarafından verilen metotta bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir. Analizde TA.XTplus Texture Analyzer (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, U.K) cihazı 36 mm çapa sahip prob kullanılmıştır. Yoğurt örneklerinin geri ekstrüzyon analizinde test hızı, ön test hızı 1,00 mm/s, test sonrası hızı parametreleri 10,00 mm/s olarak kullanılırken mesafe 40 mm ve tetikleme gücü ise 5 g olarak gerçekleştirilmiştir. Yoğurt örneklerinin geri ekstrüzyon analizinde; proba uygulanan maksimum sıkıştırma kuvvetinin göstergesi olan sertlik (firmness) (N), ileri ekstrüzyonda elde edilen kurve altındaki alanı niteleyen konsistens (consistency) (N.s), probun çekilmesiyle oluşan maksimum kuvvetin göstergesi olan iç yapışkanlık (N) ve probun geri çekilmesi esnasında meydana gelen negatif kurve alanını ifade eden viskozite indeksi (N.s) parametreleri incelenmiştir.

2.8. Duyusal Analizler

Yoğurt örneklerinin duyusal analizleri, depolamanın 1., 7., 14. ve 21. günlerinde Anonim (2006) tarafından belirtilen kriterlere göre Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü laboratuvar personelinden oluşan süte alerjisi ve duyarlılığı olmayan 8 kişilik panelist grup tarafından 5 puan üzerinden yapılmıştır.

2.9. İstatistiksel analizler

Araştırmada yağlı ve yarım yağlı yoğurtların depolama günlerinin (1. 7. 14. ve 21.) analiz sonuçlarının parametrelerin ortalamaları ve standart sapmaları JMP istatistik programında All Pairs Tukey HSD testi ile belirlenmiştir. Önemli bulunan grupların istatistiksel analizde önemlilik düzeyi $p < 0.05$) olarak alınmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada kullanılan sütlere ait bazı fizikokimyasal analizlere ait değerler Tablo 1’de verilmiştir. Yoğurt örneklerinin fizikokimyasal özelliklerinin depolama süresince değişim ise Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Yoğurt üretiminde kullanılan sütün bazı fizikokimyasal analiz sonuçları

	pH	Yağ (%)	Kuru madde (%)
Yağlı	6,57	3,4	13,4
Yarım yağlı	6,62	1,7	13,1

Yağlı yoğurdun kuru maddesi 12,51-13,17 arasında değişirken, yarım yağlı yoğurdun kuru maddesi 10,85-12,26 arasında değişmiştir. Depolama süresi boyunca her iki grup yoğurt örneklerinde kuru madde değerlerinde önemli düşüşler gözlenmiştir. Yapılan analizlerde çeşitler arasındaki ve depolama sürelerine bağlı gözlenen farklılıkların istatistiki açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Probiyotik kültür kullanarak inek sütünden üretilmiş yoğurtların toplam kuru madde içeriği %13,88-14,68 arasında değişmiştir (Kavaz Yüksel ve Bakırcı, 2015). Yoğurdun kuru madde içeriği, protein ve yağ içeriğinden etkilenmiştir. Süt yağı içeriğindeki artış, çözünebilir minerallerin toplam miktarındaki azalma nedeniyle kuru madde içeriğindeki azalma ile ilişkilendirilmiştir (Madadlou ve ark., 2005; Kim ve ark., 2020). Yağlı yoğurdun yağ oranı 3,00-3,07 arasında değişirken, yarım yağlı yoğurtların oranı 1,54-1,60 arasında değişmiştir. Depolama süresindeki artışa paralel olarak, her iki grup yoğurt örneklerindeki yağ değerlerinde azalma gözlenmiştir. Çeşitler arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemli bulunurken ($p<0.05$) depolama süresine göre belirlenen farklılıkların istatistiki açıdan önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre yağlı yoğurt en az 3,0; yarım yağlı yoğurt en az 1,5 yağ içermelidir (Anonim, 2023). Yoğurt yapımında starter kültür olarak kullanılan *Str. thermophilus* ve *Lb. bulgaricus* 'un bakterilerinin lipolitik aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Yoğurt örneklerinin depolamaya bağlı yağ değerinin azalışı, yoğurt yapımında kullanılan starter kültürlerin ürettikleri enzimlerin süt yağını parçalamasından kaynaklı olduğu, yoğurt üretimi ve depolanması esnasında süt yağının parçalanıp serbest yağ asitlerinin arttığı bildirilmektedir (Alirezalu ve ark.,2019). Depolama süresince yoğurtların yağ oranları Tebliğde belirtilen değerlerin altına düşmemiştir. Örneklerin protein değerleri 3,39-4,30 arasında değişim göstermiştir. Çeşitler arasında farklılıklar istatistiki açıdan önemli bulunurken $p<0.05$), yarım yağlı yoğurdun depolama sürelerine bağlı gözlenen farklılıkları istatistiki açıdan önemli olurken, yağlı yoğurttaki farklılık 15. günden sonra tespit edilmiştir ($p<0.05$). İnek sütünden klasik yoğurt kültürü kullanarak üretilen yoğurdun proteini %3,38-3,82 arasında değişirken (Arslaner ve ark., 2021), yağsız yoğurdun proteini %4,1 bulunmuştur (İşleten ve Karagül-Yüceer, 2008).

Tablo 2. Yoğurtların depolama süresince değişen bazı fizikokimyasal değerleri*

	Kuru madde (%)		Yağ (%)		Protein (%)		pH	
	Yağlı	Yarım yağlı	Yağlı	Yarım yağlı	Yağlı	Yarım yağlı	Yağlı	Yarım yağlı
1.gün	13,17±0,30 ^{Aa}	12,26±0,08 ^{Ba}	3,07±0,02 ^{Aa}	1,60±0,01 ^{Ba}	4,03±0,05 ^{Aa}	3,58±0,02 ^{Ba}	4,18±0,01 ^{Aa}	4,13±0,01 ^{Ba}
7.gün	12,92±0,10 ^{Ab}	11,80±0,18 ^{Bb}	3,03±0,02 ^{Aa}	1,57±0,02 ^{Ba}	3,98±0,02 ^{Aa}	3,48±0,02 ^{Bb}	4,11±0,01 ^{Ab}	4,11±0,01 ^{Ab}
15.gün	12,78±0,07 ^{Ac}	11,67±0,04 ^{Bc}	3,02±0,02 ^{Aa}	1,55±0,04 ^{Ba}	3,92±0,04 ^{Aa}	3,42±0,02 ^{Bc}	4,09±0,01 ^{Ac}	4,11±0,03 ^{Ab}
21.gün	12,51±0,12 ^{Ad}	10,85±0,06 ^{Bd}	3,00±0,01 ^{Ab}	1,54±0,04 ^{Bb}	3,82±0,02 ^{Ab}	3,39±0,01 ^{Bc}	4,07±0,01 ^{Ac}	4,05±0,01 ^{Ac}

*(A,B): Aynı satır içinde farklı büyük harfle gösterilen değerler; örnekler arasındaki farklılıkların istatistiki açıdan önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$)

(a-d): Aynı sütün içinde farklı küçük harfle gösterilen değerler, depolama süresine bağlı farklılıkların istatistiki açıdan önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$)

Yoğurt örneklerinin pH değerleri 4,05-4,18 arasında değişmiştir. Her iki yoğurt örneğinin de depolama süresince pH değerleri düşmüştür ve bu düşme istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). İnkübasyonu tamamlanan yoğurtların 4 °C’de 30 gün depolandıktan sonra pH değerlerinin depolamaya bağlı olarak azaldığı tespit edilmiştir (Çomak-Göçer ve ark., 2016). Gallina ve ark. (2011), yoğurtların pH’sının düşmesinin nedeninin, depolama sırasında laktozu tüketen bakteri aktivitesi nedeniyle laktik asit üretiminin devam etmesi olduğunu belirtmişlerdir.

Yoğurtların depolama süresince serum ayrılması renk değerleri Tablo3’de verilmiştir. Yağlı yoğurdun serum ayrılması 7,96-9,03ml arasında değişirken, yarım yağlı yoğurtta bu değer 8,96-10,03 ml arasındadır. Depolama süresince serum ayrılması değeri artmıştır. Çeşitler arasında ve depolama sürelerine bağlı gözlenen farklılıklar istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Kuru madde, protein miktarı, fermantasyon sıcaklığı, kullanılan starter kültür miktarları, yoğurt üretiminde süte uygulanan homojenizasyon gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösteren serum ayrılması değeri, yoğurtta bir kusur kabul edilir (Erkaya ve ark., 2011). Depolama periyodu ve sıcaklığı, serum ayrılması miktarını önemli ölçüde etkilemektedir (Bulut ve ark., 2021). Set tipi yoğurdun fiziksel olarak kırılmasından açığa çıkan serum olarak ifade ettiği sinerezisin, kuru madde ve protein oranının azalmasından kaynaklandığı belirtilmiştir (Temesgen ve Yetneberk, 2015). Ayrıca, Laiho ve ark. (2017), üründe asitlik arttıkça serum ayrılmasının arttığını, su tutma kapasitesinin azaldığını bildirmişlerdir. Tam yağlı sütten yapılan yoğurdun yapısındaki sinerezisin azalarak daha yüksek bir serum yüzdesi muhafaza edebildiği belirtilmiştir. (Brennan ve Tudorica, 2008). Le ve ark. (2011), süt yağı küreciklerinin yoğurt jelinin su tutma kapasitesini artırmaya yardımcı olabileceğini bildirmiştir. Yazarlar, süt yağı globüllerinin yoğurdun sertliğini arttırdığını ve yağsız yoğurtla karşılaştırıldığında daha yoğun mikro yapılar ürettiğini ve dolayısıyla su tutma kapasitesini arttırdığını belirtmişlerdir. Süt yağı ayrıca yoğurt karışımının fermantasyonu sonrasında oluşan protein jelinin büzülmesini stabilize eder ve peynir altı suyunun ayrılmasını engeller (Gyawali ve Ibrahim, 2016).

Tablo 3. Yoğurtların depolama süresince değişen serum ayrılması (%) ve renk değerleri*

	Serum ayrılması (%)		L		Hue*		Chroma*	
	Yağlı	Yarım yağlı	Yağlı	Yarım yağlı	Yağlı	Yarım yağlı	Yağlı	Yarım yağlı
1.gün	9,03±0,05 ^{Ba}	10,03±0,05 ^{Aa}	91,68±0,07 ^{Ab}	91,35±0,09 ^{Ab}	79,62±0,04 ^{Aa}	78,30±0,09 ^{Ba}	11,08±0,02 ^{Aa}	11,26±0,09 ^{Aa}
7.gün	8,96±0,05 ^{Ba}	9,96±0,05 ^{Ab}	93,30±0,16 ^{Aa}	91,68±0,08 ^{Ba}	79,45±0,01 ^{Aa}	78,27±0,07 ^{Ba}	10,74±0,03 ^{Bb}	11,26±0,03 ^{Aa}
15.gün	8,03±0,05 ^{Bb}	9,93±0,11 ^{Ab}	91,75±0,12 ^{Ab}	91,35±0,10 ^{Ab}	79,53±0,03 ^{Aa}	77,55±0,02 ^{Bb}	11,53±0,07 ^{Aa}	11,60±0,02 ^{Aa}
21.gün	7,96±0,06 ^{Bc}	8,96±0,05 ^{Ac}	91,69±0,02 ^{Ab}	91,20±0,02 ^{Ab}	79,54±0,07 ^{Aa}	77,52±0,02 ^{Bb}	11,54±0,03 ^{Aa}	11,51±0,08 ^{Aa}

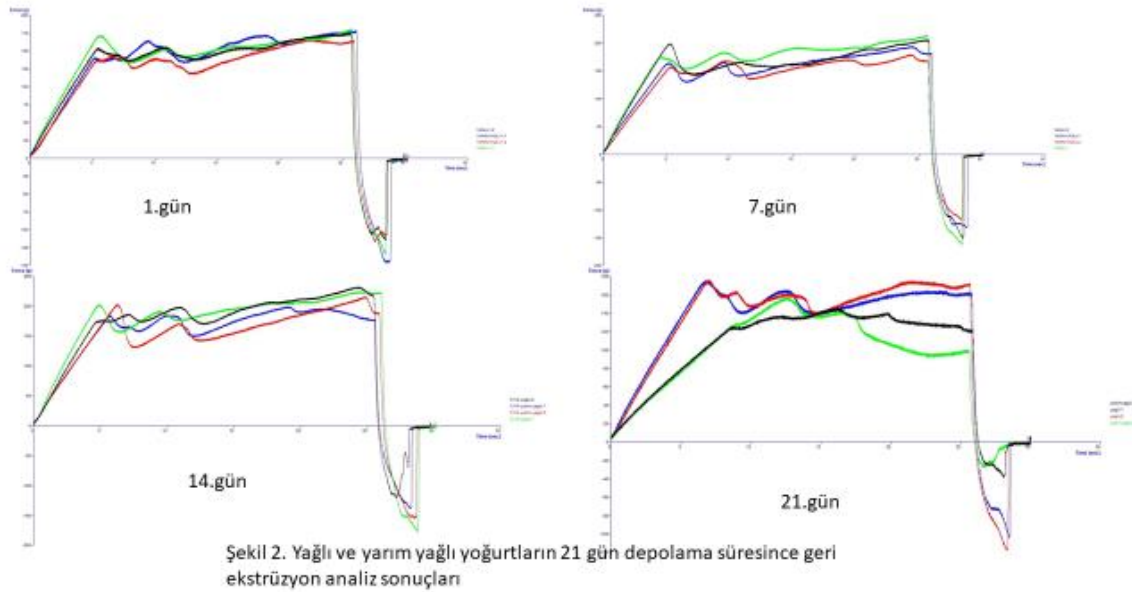
*(A,B): Aynı satır içinde farklı büyük harfle gösterilen değerler; örnekler arasındaki farklılıkların istatistiki açıdan önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$)

(a-c): Aynı sütun içinde farklı küçük harfle gösterilen değerler, depolama süresine bağlı farklılıkların istatistiki açıdan önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$)

Gıdaların kabul edilebilirliği açısından renk, tat ve koku önemli özelliklerdir. Renk, tüketici tercihlerini etkilemektedir (Dai ve ark., 2016). L* değeri dikey ekseninde parlaklıktan koyuluğa gidişi

belirtirken +a* kırmızılığa, -a* yeşilliğe, +b* sarılığa, -b* ise maviliğe gidişi göstermektedir. Örneklerin L* değerleri 93,30-91,20 arasında değişim göstermiştir. Depolama süresindeki artışa paralel olarak her iki grup yoğurt örneklerinde L* değerlerinde düzensiz değişiklikler gözlenmiştir. Ancak 7. günde belirlenen L* değeri her iki grupta birbirinden farklı ve en yüksek değeri göstermiştir ($p<0.05$). Elde edilen bulgular daha önceki çalışmalarla benzerlik göstermektedir (Kalender ve Güzeler, 2014; Kim ve ark., 2020). Rengin saflığı ve homojenliği, Hue* değerleri ile ifade edilir. Rengi analiz edilen yoğurdun sahip olduğu rengin hangi temel renge daha yakın olduğunu ifade eden değer, Hue açısıdır. Bu açı, dört temel renk (kırmızı, sarı, yeşil, mavi) vasıtasıyla trigonometrik bölgelere ayrılarak açıklanabilir. Yoğurt örnekleri $90-180^\circ$ (-a, +b) II. Bölgede (sarı-yeşil) yer almaktadır (Liroach ve ark., 2002). Yağlı yoğurtta Hue* değeri, 79,62-79,45 arasında değişirken, yarım yağlı yoğurtta 78,30-77,52 değerleri arasında değişmiştir. Çeşitler arasındaki farklılıkların istatistiki açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bunun sebebinin yoğurtların yağ değerleri arasındaki farklılıktan olabileceği düşünülmektedir. Depolama süresine göre belirlenen farklılıklar yağlı yoğurtta istatistiki açıdan önemli değilken ($p>0.05$), yarım yağlı yoğurtta önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Chroma (C*) değeri, renk yoğunluğunu ifade etmektedir. Yoğurtlar arasında 11,60-10,74 arasında değişim göstermiştir. Depolama süresindeki artışa paralel olarak her iki grup yoğurt örneklerinde C* değerlerinde düzensiz değişiklikler gözlenmiştir. Çeşitler arasında yağlı yoğurtta 10,74, yarım yağlı yoğurtta 11,26 en düşük C* değeri belirlenmiş ve çeşitler arasındaki değişiklik istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

3.1. Deneme yoğurtlarının tekstürel ve reolojik sonuçları (Geri ekstrüzyon (back extrusion))



Şekil 2. Yağlı ve yarım yağlı yoğurtların 21 gün depolama süresince geri ekstrüzyon analiz sonuçları

Tablo 4. Yoğurt depolama süresince değişen geri ekstrüzyon yapı analizi sonuçları

	Sertlik (Firmness) (N)		Konsistens (N.s)		İç yapışkanlık (N)		Viskozite İndeksi (N.s)	
	Yağlı	Yarım yağlı	Yağlı	Yarım yağlı	Yağlı	Yarım yağlı	Yağlı	Yarım yağlı
1.gün	1,78±0,04 ^{Ac}	1,73±0,08 ^{Bc}	36,36±0,71 ^{Ac}	35,14±2,34 ^{Bc}	1,23±0,16 ^{Ad}	1,32±0,20 ^{Ab}	2,21±0,12 ^{Ac}	2,27±0,28 ^{Bc}
7.gün	2,11±0,05 ^{Ab}	1,88±0,09 ^{Bb}	42,54±1,79 ^{Ab}	38,12±1,59 ^{Bb}	1,58±0,07 ^{Aa}	1,26±0,10 ^{Bc}	2,53±0,91 ^{Ab}	2,31±0,36 ^{Bb}
14.gün	2,29±0,05 ^{Aa}	2,08±0,11 ^{Ba}	46,36±1,02 ^{Aa}	40,97±0,55 ^{Ba}	1,49±0,40 ^{Ab}	1,47±0,11 ^{Aa}	2,72±0,26 ^{Aa}	2,50±0,33 ^{Aa}
21.gün	1,76±0,01 ^{Ac}	1,52±0,07 ^{Bd}	36,34±0,37 ^{Ac}	27,87±1,57 ^{Bd}	1,38±0,76 ^{Ac}	1,15±0,09 ^{Bd}	2,02±0,22 ^{Ad}	1,72±0,14 ^{Bd}

*(A,B): Aynı satır içinde farklı büyük harfle gösterilen değerler; örnekler arasındaki farklılıkların istatistikî açıdan önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05)

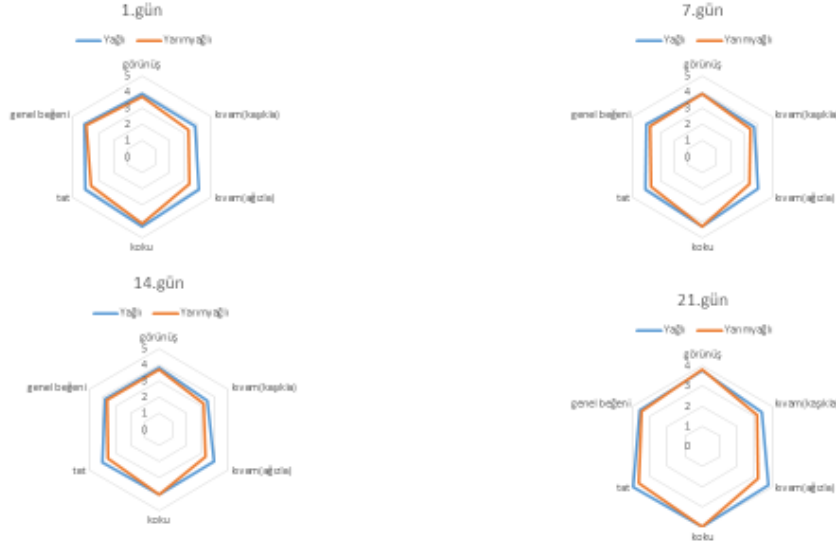
(a-d): Aynı sütün içinde farklı küçük harfle gösterilen değerler, depolama süresine bağlı farklılıkların istatistikî açıdan önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05)

Analiz edilen deneme yoğurt örneklerinde depolama periyodu boyunca (1., 7., 14. ve 21. günler) yapılan geri ekstrüzyon analizinde (Şekil 2) sertlik (firmness), konsistens, iç yapışkanlık ve viskozite indeksi parametreleri incelenmiştir (Tablo 4). Çeşitler arasında ve depolama sürelerine bağlı gözlenen geri ekstrüzyon analiz değerleri arasındaki farklılıklar istatistikî açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). Sertlik değeri yağlı yoğurtta 1,76-2,29 N arasında değişirken, yarım yağlı yoğurtta 1,52-2,08 N arasında değişmiştir. Deneme yoğurt örneklerinin sertlik değerlerinin depolamanın 14. gününe kadar artış gösterdiği, sonrasında ise azaldığı saptanmıştır. Deneme yoğurt örneklerinin konsistens değerleri 27,87-46,36 Ns arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek konsistens değeri yağlı yoğurtta 14. günde belirlenirken, en düşük değer yarım yağlı yoğurtta 21. günde belirlenmiştir. Yoğurt örneklerinin konsistens değerlerinin depolamanın 14. gününe kadar artış gösterdiği, sonrasında ise azaldığı tespit edilmiştir. İç yapışkanlık değeri; gıdanın yüzeyi, dil, diş ve damak ile gıda arasında oluşan çekim kuvvetine karşı gösterilen kuvvet olarak ifade edilmektedir (Bulut ve ark., 2021). İç yapışkanlık değeri yağlı yoğurtta 1,23-1,58 N arasında değişirken, yarım yağlı yoğurtta 1,15-1,47 N arasında değişmiştir. Deneme yoğurt örneklerinin viskozite indeksi değerlerinin ortalama 1,72-2,72 Ns arasında değişiklik gösterdiği saptanmıştır. Yoğurtlarda en yüksek viskozite indeksi değerleri 14. günde saptanırken en düşük değerler 21. günde saptanmıştır. Yapılan çalışmalar sertlik ve konsistens değerlerinin depolama periyodunun ilerlemesiyle arttığını, bunun nedeninin ısıl işlem, pH değerinin düşmesi, yoğurt kültürünün farklılığından kaynaklandığını belirtmişlerdir (Costa ve ark.,2015; Bulut ve ark., 2021; Hovjecki ve ark., 2021)

3.2. Yoğurtların duyuşsal analiz sonuçları

Duyuşsal özellikler, yoğurdun kalitesini ve kabulünü etkileyen en belirgin faktörlerdendir. İnkübasyon sıcaklığı, işleme koşulları ve sütün bileşim özellikleri gibi pek çok parametre yoğurdun lezzetini ve dokusunu etkilemektedir (Laiho ve ark., 2017). Yoğurtların depolama süresince duyuşsal özelliklerindeki değişimler Şekil 1’de verilmiştir. Panelistlerce depolama süresince görünüş, kıvam (kaşıkla), kıvam (ağızla), koku, tat ve genel beğeni puanları verilmiştir. Yağlı yoğurtların görünüş,

kıvam (kaşıkla), kıvam (ağızla), koku, tat puanları sırasıyla 3,9-3,7; 3,8-3,4; 4,1-3,8;4,3-3,9;4,0-3,9 arasında değişmiştir. Yarım yağlı yoğurtta bu parametreler 3,8-3,7; 3,4-3,1; 3,4-3,2;4,3-3,9; 3,7-3,6 arasında puanlanmıştır. Genel beğeni puanı depolamanın ilk gününde yağlı yoğurtta 4,0, yarım yağlı yoğurtta 3,9 olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Depolama süresince yağlı ve yarım yağlı yoğurtların duyu analizi sonuçları (1. 7. 14. 21. günler)

Şekil 1. Depolama süresince yağlı ve yarım yağlı yoğurtların duyu analizi sonuçları (1. 7. 14. 21. günler)

Depolama süresince genel beğeni puanları düşmüş, yağlı yoğurtta 3,9 iken, yarım yağlı yoğurtta 3,5 olarak belirlenmiştir. Genel beğeni, kıvam (kaşıkla ve ağızla) puanları depolamanın sonunda yağlı yoğurtta daha yüksek tespit edilmiştir. Görünüş ve koku puanları depolama süresince düşmüştür, ancak yoğurtlara verilen puanlar açısından farklılık belirlenmemiştir, bunun sebebinin standardize edildikten sonra süte uygulanan homojenizasyon işlemi olduğu düşünülmektedir. Homojenizasyon, yoğurtların mikro yapılarını ve lezzet dengesini etkilemekte ve bu da süt ürünlerinin doku ve genel duyu özelliklerinin artmasına yol açabilmektedir (Lesme ve ark., 2020). Kıvam değerlerinin depolama ile artış gösterdiği İşleten ve Karagül-Yüceer, (2006) tarafından yapılan çalışmada bildirilmiştir. Yapılan birçok çalışma depolama süresince yoğurdun duyu özelliklerinin değiştiğini bildirmiştir (Kesenkaş ve ark., 2017; Temerbayeva ve ark., 2018; Çakmakçı ve ark., 2019; Arslaner ve ark.,2021). Yapılan çalışmalar yağ miktarı azaldıkça yapı, doku, lezzet (Yadav ve ark.,2005) ve genel beğeni (Akalin ve ark.,2004) puanlarının önemli düzeyde düştüğünü belirtmişlerdir.

4. Sonuçlar

Sonuç olarak; bu çalışmada yağlı ve yarım yağlı set tipi yoğurdun fizikokimyasal, duyu ve yapı özellikleri karşılaştırılmıştır. Her iki yoğurt da depolama süresi boyunca Türk Gıda Kodeksi Fermente

Süt Ürünleri Tebliği'ne uygun özellikler göstermiştir. Her iki yoğurdun depolama süresince kuru madde, yağ, protein ve pH değerleri düşmüş, serum ayrılması değerleri artmıştır. En fazla serum ayrılması değeri yarım yağlı yoğurtta tespit edilmiştir. Yağlı ve yarım yağlı yoğurtların arasında renk yoğunluğu (Chroma*) değerleri bakımından fark bulunmazken, rengin homojenliği (Hue*) açısından farklılık bulunmuştur. Bunun sebebinin yoğurtların yağ miktarları ile ilgili olabileceği düşünülmektedir. Yağlı ve yarım yağlı yoğurtlarda sertlik (firmness), konsistens, iç yapışkanlık ve viskozite indeksi parametreleri 14. güne kadar artmış daha sonra azalmıştır. Tekstürel değerlerin azalması yarım yağlı yoğurtlarda daha fazla olmuştur. Duyusal özelliklerden görünüş, kıvam (kaşıkla ve ağızla), koku, tat ve genel beğeni bakımından verilen puanlar yağlı ve yarım yağlı yoğurdun her ikisinde de depolama süresince azalmıştır. Depolama süresince, duyuşal özellikler bakımından yağlı yoğurt daha fazla tercih edilen yoğurt olmuştur.

Teşekkür

Yoğurt üretimleri için Çay Çiftlik ürünleri San. Tic. Ltd. Şti.'den Ülkü Vural'a teşekkür ederim.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder. Bu araştırma için kamu, ticari veya kâr amacı gütmeyen sektörlerdeki finansman kuruluşlarından herhangi bir özel hibe almamıştır.

Kaynakça

- Ahmed JAO., Razig KAA. Effect of levels of buttermilk on quality of set yoghurt. *Journal of Nutrition and Food Sciences* 2017; 7(5): 634-638.
- Akalın AS., Fenderya S., Akbulut N. Viability and activity of bifidobacteria in yoghurt containing fructooligosaccharide during refrigerated storage. *International Journal of Food Science and Technology* 2004; 39(6): 613-621.
- Akgun A., Yazici F., Gulec HA. Effect of reduced fat content on the physicochemical and microbiological properties of buffalo milk yoghurt. *2016 LWT- Food Science and Technology* 2016; 74: 521-527.
- Akpınar A., Saygılı D., Yerlikaya O. Production of set-type yoghurt using *Enterococcus faecium* and *Enterococcus durans* strains with probiotic potential as starter adjuncts. *International Journal of Dairy Technology* 2020; 73(4): 726-736.
- Alirezalu K., Inácio RS., Hesari J., Remize F., Nemati Z., Saraiva JA., Barba FJ., Sant'Ana AS., Lorenzo JM. Nutritional, chemical, syneresis, sensory properties, and shelf life of Iranian traditional yoghurts during storage. *LWT- Food Science and Technology* 2019; 114: 108417.
- Anonim. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (Tebliğ No: 2022/44) //Erişim Tarihi: 22.08.2023

- Arslaner A., Salik MA., Bakirci I. The effects of adding Hibiscus sabdariffa L. flowers marmalade on some quality properties, mineral content and antioxidant activities of yogurt. *Journal of Food Science and Technology* 2021; 58(1): 223-233.
- Astráin-Redín L., Skipnes D., Cebrián G., Álvarez-Lanzarote I., Rode TM. Effect of the application of ultrasound to homogenize milk and the subsequent pasteurization by pulsed electric field, high hydrostatic pressure, and microwaves. *Foods* 2023; 12(7): 1457.
- Brennan CS., Tudorica CM. Carbohydrate-based fat replacers in the modification of the rheological, textural and sensory quality of yoghurt: comparative study of the utilization of barley beta-glucan, guar gum and inulin. *International Journal of Food Science & Technology* 2008; 43(5): 824-833.
- Boz H. Dut pestilinin kimyasal, dokusal ve duyuşal özelliklerine buğday unu, sakkaroz şurubu, glikoz şurubu ve pişirme süresinin etkileri. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Erzurum, Türkiye 2012.
- Bulut M., Tunçtürk Y., Alwazeer D. Effect of fortification of set-type yoghurt with different plant extracts on its physicochemical, rheological, textural and sensory properties during storage. *International Journal of Dairy Technology* 2021; 74(4): 723-736.
- Chen C., Zhao S., Hao G., Yu H., Tian H., Zhao G. Role of lactic acid bacteria on the yogurt flavour: A review. *International Journal of Food Properties* 2017; 20(1): 316-330.
- Costa MP., Frasco BS., Silva ACO., Freitas MQ., Franco RM., Conte-Junior CA. Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) pulp, probiotic, and prebiotic: Influence on color, apparent viscosity, and texture of goat milk yogurts. *Journal of Dairy Science* 2015; 98(9): 5995-6003.
- Çakmakçı S., Öz E., Çakıroğlu K., Polat A., Gülçin İ., Ilgaz Ş., Seyyedcheraghi K., Özhamamcı İ. Probiotic shelf life, antioxidant, sensory, physical and chemical properties of yogurts produced with *Lactobacillus acidophilus* and green tea powder. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 2019; 25(5): 673-682.
- Çomak-Göçer E. M., Ergin F., Aşçı-Arslan A., Küçükçetin A. Farklı inkübasyon sıcaklığı ile inkübasyon sonlandırma pH'sının probiyotik yoğurdun fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisi. *Akademik Gıda* 2016; 14(4): 341-350.
- Dai S., Corke H., Shah NP. Utilization of konjac glucomannan as a fat replacer in low-fat and skimmed yogurt. *Journal of Dairy Science* 2016; 99(9): 7063-7074.
- Das K., Choudhary R., Thompson-Witrick KA. Effects of new technology on the current manufacturing process of yogurt-to increase the overall marketability of yogurt. *LWT- Food Science and Technology* 2019; 108: 69-80.
- Erkaya T., Şengül M. Comparison of volatile compounds in yoghurts made from cows, buffaloes, ewes and goats milks. *Society of Dairy Technology* 2011; 64(2): 240-246.

- Gallina DA., Alves ATS., Trento FKH., Carusi J. Characterization of fermented milk, and probiotics and prebiotics free milk, and viability evaluation of lactic acid and probiotic bacteria during the shelf life. *Journal of Health Sciences* 2011; 3(4): 239-244.
- Güler Z., Park YW. Evaluation of sensory properties and their correlation coefficients with physico-chemical indices in Turkish set-type yoghurts. *Open Journal of Animal Sciences* 2011; 1(1): 10-15.
- Gyawali R., Ibrahim SA. Effects of hydrocolloids and processing conditions on acid whey production with reference to Greek yogurt. *Trends in Food Science and Technology* 2016; 56(S1): 61–76.
- Hovjecki M., Miloradovic Z., Mirkovic N., Radulovic A., Pudja P., Miocinovic J. Rheological and textural properties of goat's milk set-type yoghurt as affected by heat treatment, transglutaminase addition and storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2021; 101(14): 5898-5906.
- İşleten M., Karagül-Yüceer Y. Effects of dried dairy ingredients on physical and sensory properties of nonfat yogurt. *Journal of Dairy Science* 2006; 89(8): 2865-2872.
- İşleten M., Karagül-Yüceer Y. Effects of functional dairy based proteins on nonfat yogurt quality. *Journal of Food Quality* 2008; 31(3): 265-280.
- Kalender M., Güzeler N. Farklı oranlarda inülin ilavesinin yağı azaltılmış süzme yoğurtların bazı kalite özellikleri üzerine etkisi. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 2014; 29(1): 21-34.
- Kavaz Yüksel A., Bakırcı İ. An investigation of the volatile compound profiles of probiotic yogurts produced using different inulin and demineralised whey powder combinations. *Food Science and Biotechnology* 2015; 24(3): 807-816.
- Kesenkaş H., Karagözlü C., Yerlikaya O., Özer E., Akpınar A., Akbulut N. Physicochemical and sensory characteristics of winter yoghurt produced from mixtures of cow's and goat's milk. *Journal of Agricultural Sciences* 2017; 23(1): 53-62.
- Kim SY., Hyeonbin O., Lee P., Kim YS. The quality characteristics, antioxidant activity, and sensory evaluation of reduced-fat yogurt and nonfat yogurt supplemented with basil seed gum as a fat substitute. *Journal of Dairy Science* 2020; 103(2): 1324-1336.
- Kurt A., Çakmakçı S., Çağlar A. Süt mamulleri muayene ve analiz metotlar rehberi, 8.Baskı, Atatürk Üniversitesi Yayınları, Yay. No: 252-D, 284, Erzurum, 2003.
- Laiho SRP., Williams W., Poelman A., Appelqvist I., Logan A. Effect of whey protein phase volume on the tribology, rheology and sensory properties of fat-free stirred yoghurts. *Food Hydrocolloid* 2017; 67: 166-177.
- Le TT., Van Camp J., Pascual PAL., Meesen G., Thienpont N., Messens K., Dewettinck K. Physical properties and microstructure of yoghurt enriched with milk fat globule membrane material. *International Dairy Journal* 2011; 21(10): 798-805.

- Lee HS., Castle WS. Seasonal changes of carotenoid pigments and color in HamLin, Earlygold, and Budd Blood orange juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2001; 49(2): 877-888.
- Lesme H., Rannou C., Famelart MH., Bouhallab S., Prost C. Yogurts enriched with milk proteins: Texture properties, aroma release and sensory perception. *Trends in Food Science & Technology* 2020; 98: 140-149.
- Liroach R., Espin JC., Thomas-Barberan FA., Ferreres F. Artichoke (*Cynara scolymus* L.) byproducts as a potential source of healthpromoting antioxidant phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2002; 50(12): 3458-3464.
- Madadlou A., Khosroshahi A., Mousavi ME. Rheology, microstructure, and functionality of reduced-fat Iranian White cheese made with different concentrations of rennet. *Journal of Dairy Science* 2005; 88(9): 3052-3062.
- Martley FG., Michel V. Pinkish colouration in cheddar cheese description and factors contributing to its formation. *Journal of Dairy Science* 2001; 68(2): 327-332.
- Lee WJ., Lucey JA. Structure and physical properties of yogurt gels: effect of inoculation rate and incubation temperature. *Journal of Dairy Science* 2004; 87(10): 3153- 3164.
- Rashwan AK., Karim N., Liu S., Paul B., Xu Y., Chen W. Physicochemical and antioxidant properties of set-type yogurt supplemented by lyophilized water-soluble *Melastoma dodecandrum* extract-bearded chitosan-coated nutrinosomes, *Food Hydrocolloids* 2023; 146(B) 109311.
- Robinson RK., Lucey JA., Tamime AY. Manufacture of yoghurt, in *Fermented Milks*. ed. by A Tamime. Blackwell, Oxford. 2006;53-75.
- Sandoval-Castilla O., Lobato-Calleros C., Aguirre-Mandujano E., Vernon-Carter EJ. Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. *International Dairy Journal* 2004; 14(2): 151-159.
- Temerbayeva M., Rebezov M., Okuskhanova E., Zinina O., Gorelik O., Vagapova O., Beginer T., Gritsenko S., Serikova A., Yessimbekov Z. Development of yoghurt from combination of goat and cow milk. *Annual Research and Review in Biology* 2018; 23(6): 1-7.
- Temesgen M., Yetneberk S. Effect of application of stabilizers on gelation and syneresis in yoghurt. *Food Science and Quality Management* 2015; 37: 90-102.
- Wertz K., Siler U., Goralczyk R., Lycopene: modes of action to promote prostate health. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 2004; 430(1): 127-134.
- Yadav H., Jain S., Sinha PR. Preparation of low fat probiotic dahi. *Journal of Dairying, Foods and Home Sciences* 2005; 24(3/4): 172-177.