

Atf İçin: Altun, İ. (2024). Peynir Altı Suyunda Üretilen Ekzopolisakkaritlerin Stabilizatör Olarak Kullanımının Dondurmanın Bazı Fiziksel, Duyusal ve Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkileri. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 257-270.

To Cite: Altun, İ. (2024). The Effects of Using Exopolysaccharides Obtained from Whey as Stabilizers on Some Physical, Sensorial and Microbiological Properties of Ice Cream. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 14(1), 257-270.

Peynir Altı Suyunda Üretilen Ekzopolisakkaritlerin Stabilizatör Olarak Kullanımının Dondurmanın Bazı Fiziksel, Duyusal ve Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkileri

İbrahim ALTUN^{1*}

Öne Çıkanlar:

- Ekzopolisakkaritlerin dondurmaların renk, duyuusal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisi belirlenmiştir

Anahtar Kelimeler:

- Dondurma
- Ekzopolisakkarit
- Peynir Altı Suyu
- Stabilizatör

ÖZET:

Yapılan çalışmada, peynir altı suyundan elde edilen ekzopolisakkaritlerin (EPS), dondurma üretiminde stabilizatör olarak kullanılmasının dondurmanın çeşitli özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. İki değişik yoğurt kültürü kombinasyonu kullanılarak peynir altı suyundan EPS üretilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, sadece EPS2 veya EPS2 + Xs karışımı ile üretilen dondurmaların bünye sıklık değerleri diğer dondurmaların değerlerinden önemli ölçüde düşük çıkmıştır ($P<0.01$). Ayrıca, EPS1 dondurması diğer dondurmaların renk değerlerine göre daha koyu ve yeşilimsi olarak saptanmıştır ($P<0.01$). Duyusal değerlendirmelere göre, sadece EPS1'den elde edilen dondurmaların renk bakımından diğer dondurmalarından istatistiksel olarak önemli derecede daha düşük olduğu tespit edilmiştir (5.96 puan, incelenen kritere bağlı olarak $P<0.01$ - $P>0.05$). Elde edilen dondurmalarda toplam aerobik mezofilik bakteri sayıları ve maya-küf miktarı çok düşük çıkmıştır. En yüksek bakteri sayısı 3.23 log kob/g, en yüksek maya-küf sayısı ise 1.12 log kob/g olarak saptanmıştır. Örnek farklılığı, bu mikrobiyel içerikleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip değildir ($P>0.05$). Ancak, dondurmaların toplam aerobik mezofilik bakteri sayıları depolama süresinin artışına bağlı olarak azalma göstermiştir.

The Effects of Using Exopolysaccharides Obtained from Whey as Stabilizers on Some Physical, Sensorial and Microbiological Properties of Ice Cream

Highlights:

- The effect of exopolysaccharides on the color, sensory and microbiological properties of ice creams was determined

Keywords:

- Ice cream
- Exopolysaccharide
- Whey
- Stabilizer

ABSTRACT:

In this study, the effects of using exopolysaccharides (EPS) derived from whey as stabilizers in ice cream production on various characteristics of ice cream were investigated. Exopolysaccharides (EPS) were produced from whey using two different yogurt culture combinations. According to the obtained results, the firmness values of ice creams produced solely with EPS2 or in combination with EPS2 + Xs were significantly lower than the values of other ice creams ($P<0.01$). Additionally, EPS1 ice cream was found to be darker and greener in color compared to other ice creams ($P<0.01$). According to sensory evaluations, the ice cream sample produced solely with EPS1 was found to be statistically significantly lower in color compared to other samples (5.96 points, depending on the criteria examined, $P>0.05$ - $P<0.01$). The total aerobic mesophilic bacteria content and yeast-mold content in the ice cream samples were found to be quite low. The highest bacterial counts were determined to be 3.23 log cfu/g and 1.12 log cfu/g for yeast-mold. Sample variation does not have a significant effect on these microbial contents ($P>0.05$). However, it has been observed that as the storage period increases, the total aerobic mesophilic bacteria count in the samples decreases.

¹İbrahim ALTUN ([Orcid ID: 0000-0003-2519-08000](https://orcid.org/0000-0003-2519-08000)), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Özalp Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Teknolojisi Bölümü, Van/Özalp, Türkiye

***Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** İbrahim ALTUN, e-mail: ibrahimaltun@yyu.edu.tr

Bu çalışma İbrahim ALTUN'un Doktora tezinden üretilmiştir.

GİRİŞ

Son yıllarda probiyotik mikroorganizma bulunduran fermente süt ürünleri, yoğurt, dondurma, değişik peynir çeşitleri, süt tozu, tereyağı ve ayran gibi süt ürünlerinin tüketiminde hızlı bir artış olmuştur. Süt hemen hemen bütün gıda bileşenlerini yeterli ve dengeli miktarda yapısında bulundurmaktadır. (Pradhan ve Bhattacharyya, 2017; Gundewadi ve ark., 2018;). Günümüz şartlarında dayanıklı bir süt ürünü olan dondurma Dünya genelinde önemli bir gelişme kaydetmiştir. Dondurma, tatlandırıcılar, emülsifiyerler, stabilizatörler, süt yağı, süt yağsız kurumaddesi, çeşitli aroma ve renk maddeleriyle suyun karışımından oluşan bir süt ürünüdür. Bu karışım, dondurucularda işlenerek içerisine hava verilmesi suretiyle elde edilir (Goff ve Hartel, 2013).

Dondurma, sofralarımızda sıkça tercih ettiğimiz birçok tatlıya kıyasla düşük kalori içeriğine sahiptir. Bu sebeple diyet yapan bireyler için başka tatlılara harika bir alternatif sunmaktadır (Şimşek, 1997). Dondurma üretiminde, yeni proses basamakları kullanma veya üretim tekniğinde yenilikler yapma imkanı mevcuttur. Bu sayede, dondurmanın yapısı daha iyi stabilize edilebilir, iyi bir emülsiyon elde edilebilir, erime süreci yavaşlatılabilir, hacim artışı sağlanabilir, tekstürel nitelikleri geliştirilebilir ve duysal özellikleri artırılabilir (Tunçtürk ve ark., 2010; Adam, 2017; Arslanoğlu, 2022). Kaliteli bir dondurma yapmak için, dondurma bileşiminin özelliklerine odaklanmak ve pastörizasyon, homojenizasyon gibi işlem basamaklarını etkin bir şekilde uygulamak önemlidir (Biasutti ve ark., 2013).

Son zamanlarda bitkisel polimerlerin bazı dezavantajlarından dolayı kullanımları sınırlandırılırken, bunların yerine süt ürünlerinde arzu edilen tekstür, viskozite ve stabilitenin sağlanmasında hayvansal ve bitkisel kaynaklı hidrokolloitler önerilmektedir (Soukoulis ve ark., 2010). Bazı LAB (Laktik Asit Bakterileri) suşları, hücre duvarının dışında da polisakkaritler üretirler ve bu polisakkaritlere ekzopolisakkarit (EPS) adı verilmektedir (Hassan ve ark., 2001). EPS'ler, doğal bir hidrokolloit olarak, bazı durumlarda ticari stabilizatörlere göre üstünlük sağlayabilirler (Karademir-Şanlı, 2006; Zhang ve ark., 2017; Altun, 2018). Ayrıca, EPS'ler, protein matriksiyle etkileşime geçerek proteinlerin su bağlama kapasitesini artırma yönünde olumlu bir etki yaparlar. Bu özellikleri sayesinde, EPS'ler süt ürünlerinin tekstürü ve kalitesi üzerinde önemli bir rol oynarlar (Amatayakul ve ark., 2005). EPS'lerin özellikle, nihai ürünlerin dokusu ve stabilitesi üzerinde olumlu etkileri olduğu bilinmektedir (Dertli ve ark., 2016). Son araştırmalar, EPS üreten LAB suşlarının insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri olduğunu göstermiştir. Bu uygulama, ürünlerin sağlık yararlarını artırmak ve kalitesini iyileştirmek için yaygın bir şekilde benimsenmiştir (De Vuyst ve ark., 2003). EPS'lerin bu özelliklerinden dolayı süt ve süt ürünlerinde kullanım imkânları her gün biraz daha artmaktadır. Bu araştırma, EPS'lerin dondurma üretiminde stabilizatör olarak kullanılmasının dondurmaların fiziksel, duysal ve mikrobiyolojik özelliklerinde meydana gelebilecek değişiklikleri belirlemeyi hedeflemiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal

EPS elde etmek için laboratuvar ortamında beyaz peynir üretim aşamaları uygulanarak üretilen peynirlerden peynir altı suyu (PAS) kullanılmıştır. EPS üretiminde kullanılan suşlar, farklı ülkelerden ve farklı firmalardan temin edilmiştir. Hollanda merkezli Delvo (YS-140), Danimarka merkezli Chr. Hansen (YC-350; YC-370), Fransa merkezli Danisco (YD-MIX 161 LYO 200) ve İtalya merkezli Sacco (Y1.70F) firmaları tarafından sağlanmış olan suşlar, EPS üretiminde kullanılmıştır. Ek olarak, köy şartlarında, ticari yoğurtlardan ve piyasadan temin edilen yoğurtlardan EPS üreten suşların izolasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu suşların izolasyonu, EPS üretimi olduğu belirlenen yoğurtlardan alınan örneklerin M17 agar ve MRS agar ortamlarına ekilmesi ve gelişen kolonilerin yağsız süt tozu ile

rekonstitüye edilen sütte çoğaltılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Dondurma yapımında kullanılan süt, süt tozu ve krema, yerel bir süt işletmesi olan Aymira Süt Ürünleri (Van, Organize Sanayi Bölgesi) ve piyasadan sağlanmıştır. Üzerinde çalışılan dondurma örnekleri laboratuvarında elde edilmiştir. Değişik stabilizatörler (ksantan gam, CMC ve karragenan,) ve emülgatör (Mono-digliserit) ise Puratos Gıda (İstanbul) gibi ilgili firmalardan sağlanmıştır. Ön çalışmalardan tespit edilen sonuçlara göre, CMC (karboksi metil selüloz) ve Xs (ksantan gam) stabilizatörleri ile birlikte elde edilen EPS'ler, gerçek denemede kullanılmıştır.

Peynir altı suyunun ve EPS'nin üretimi

Peynir altı suyu (PAS), beyaz peynir üretim teknikleri kullanılarak laboratuvarında üretilen peynirlerden sağlanmıştır. Beyaz peynir eldesinde, 30 dakika süreyle, 65 °C'de pastörize edilmiş süt kullanılmıştır. PAS'ın bileşiminin orijinal haliyle korunabilmesi amacıyla, CaCl₂ veya starter kültür gibi yöntemlere başvurulmamıştır. Ekzopolisakkarit elde etmek için, Tunçtürk (2009) tarafından önerilen yöntemden yararlanılmıştır. Ekim yapılan numuneler üç gruba ayrılmıştır. Birinci grup, 42 °C'de 16 saat boyunca inkübe edilmiştir. İkinci grup ise 32 °C'de 16 saat inkübe edilmiştir. Üçüncü grup ise, önce 2 saat boyunca 42 °C'de bekletildikten sonra 14 saat boyunca 32 °C'de inkübe edilmiştir. Ekzopolisakkaritlerin konsantre edilmesi ve dondurma üretiminde kullanılacak hale getirilmesi için diyaliz tüpünden faydalanılmıştır. Bu işlem, ekzopolisakkaritlerin içerdiği suyun soğuk fön yöntemiyle buzdolabında buharlaşması yoluyla su kaybı sağlanarak konsantrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

Deneme planı ve dondurmaların bileşimi

Dondurmaların bileşimi ve deneme planı, Altun ve Tunçtürk (2020)'e göre yapılmıştır.

Metot

Dondurma örneklerinde fiziksel, duyuusal ve mikrobiyolojik analizler

Dondurmalarda pıhtı direnci ve yapışkanlığı, Tekstür Analiz Cihazı (TAXT Plus Texture Analyser) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Renk ölçümleri (Lovibond RT-300 Series, ABD) Yeşilsu, (2006), Aliyev, (2006)'e göre yapılmıştır. Mikrobiyolojik analizler, Halkman, 2005'e göre, duyuusal değerlendirmeler ise Roland ve ark.(1999)'na göre saptanmıştır.

İstatistiksel analiz

Veriler SPSS paket programı yardımıyla değerlendirilmiştir. Veriler varyans analizine tabi tutularak aralarındaki farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testiyle belirlenmiştir (Altun ve Tunçtürk., 2020).

BULGULAR VE TARTIŞMA

EPS üretim kapasiteleri ve EPS'lerin viskozitesi Altun ve Tunçtürk (2020)'e göre yapılmıştır.

Fiziksel Özellikler

Tekstürel Özellikler

Bünye sıklığı ve yapışkanlık oranları

Dondurma örneklerinin bünye sıklığı ve yapışkanlık değerleri depolama sürecinden etkilenmiştir (Çizelge 1). Dondurma örneklerine ait bünye sıklığı değerlerinin toplu olarak verildiği Şekil 1 incelendiğinde, CMCEPS2 örneğinde depolama süresince bünye sıklığı bakımından değerlerde bir düşüş olduğu, XsEPS2 ve CMCEPS1 örneklerinde bu değer nispeten stabil kaldığı, diğer bütün örneklerde ise depolama süresince bünye sıklığı değerlerinin arttığı görülmektedir. Depolama başlangıcına göre en yüksek artış ise CMC ve EPS1 örneklerinde saptanmıştır.

Dondurma örneklerine ait yapışkanlık değerlerinin depolama süresince değişiminin verildiği Şekil 2'den, bütün örneklerin depolama süresince büyük oranda stabil bir yapışkanlık değeri gösterdikleri, buna karşın XsEPS1 örneğinin depolama süresinin ilerlemesine paralel olarak yapışkanlık değeri bakımından belirgin bir artış gösterdiği gözlemlenmektedir. Şekil 2'ye göre, en yüksek yapışkanlık değeri EPS1'de belirlenirken, en düşük değer ise EPS2 ve CMC'de tespit edilmiştir. Çizelge 1'e göre, örneklerin ortalama bünye sıklığı değerleri incelendiğinde en düşük değer EPS2 örneğinde (7027±2935 g), en yüksek değer ise EPS1 örneğinde (33285±8877 g) olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, ortalama yapışkanlık değerleri en düşük değer olarak EPS2 örneğinde (870.50±16.20 g) ve en yüksek değer olarak EPS1 örneğinde (989.50±16.20 g) belirlenmiştir.

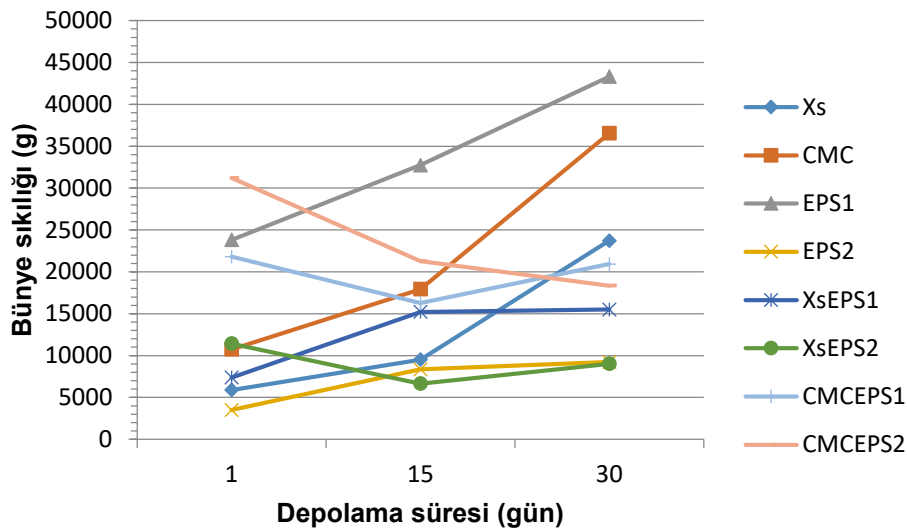
Dondurma örnekleri arasındaki istatistiksel farklılığın, kullanılan stabilizatörlerin özellikleri, jelleşme yetenekleri ve kimyasal yapılarının değişik olmasından kaynaklandığı ve diğer bileşenlerle sinerjistik etkileşimlerin etkili olduğu düşünülmektedir. Dondurmanın tekstürel özelliklerinden biri olan sertlik değerleri, daha önce yapılan çalışmalarda farklı aralıklarda belirlenmiştir. Badem (2006), 3494 – 31220 g arasında, Kelvin ve ark. (2008), 300- 600 g arasında değerler rapor etmişlerdir. Dondurma üzerinde ölçülebilen tekstür değerleri, farklı çalışmalarda farklı aralıklarda rapor edilmiştir. Dondurmada tekstür değeri olarak bilinen penetrometre değerleri ise Antepüzümü (2005), 13.23 - 28.73 x 1/10 mm arasında, Akesowan (2009), 40.89 - 336.67 mm/10 arasında, Yaşar ve Şahan (2008), 33.55 - 41.67 1/10 mm arasında, Muse ve Hartel (2004), 7.4- 21.40 mm arasında değerler belirlemişlerdir. Çalışmamızda, dondurma örneklerinde depolama süresine bağlı olarak bünye sıklığı ve yapışkanlık değerlerinde bir artış gözlenmiştir. Bu artış, depolama süresine bağlı olarak dondurma içeriğindeki buz kristallerinin hacim artışı sonucunda ölçüm cihazının probuna karşı daha yüksek bir direnç göstermelerinden kaynaklanmış olabilir (Anonim, 2009). Benzer sonuçlar Keçeli (1995) tarafından da rapor edilmiştir. Tekstür değerlendirmesinde, yüksek direnç gösteren dondurmaların daha sert yapılı dondurmalar oldukları gözlemlenmiştir.

Çizelge 1. Dondurma örneklerine ait yapışkanlık ve bünye sıklığı değerlerinin ve depolama süresince değişimi

	Örnek	Depolama süresi (gün)		
		1	15	30
Yapışkanlık değerleri (g)	Xs	863.50±23.33 ^{bcA}	904.32± 2.38 ^{bcA}	879.00±22.63 ^{cA}
	CMC	865.50±20.51 ^{bcA}	880.50±24.75 ^{cdA}	875.50±16.26 ^{cA}
	EPS1	987.00± 4.24 ^{aA}	993.50± 2.12 ^{aA}	988.00± 9.90 ^{aA}
	EPS2	879.50±13.44 ^{bcA}	855.00±12.73 ^{dA}	877.00±15.56 ^{cA}
	XsEPS1	888.00± 1.41 ^{bcB}	910.00± 1.41 ^{bcB}	937.00± 7.07 ^{abA}
	XsEPS2	886.50±12.02 ^{bcA}	932.50± 9.19 ^{ba}	924.00±14.14 ^{bcA}
	CMCEPS1	855.50±12.02 ^{cB}	934.00± 1.41 ^{ba}	918.00±15.56 ^{bcA}
	CMCEPS2	912.00± 8.49 ^{ba}	925.50± 2.12 ^{ba}	929.00± 7.07 ^{bcA}
Bünye sıklığı (g)	Xs	5889±1473 ^{cdB}	9516±1430 ^{dB}	23723±1264 ^{ba}
	CMC	10746±1587 ^{cC}	17920± 881 ^{bcB}	36543±1616 ^{aA}
	EPS1	23807± 607 ^{bc}	32737±1942 ^{ab}	43310±2938 ^{aA}
	EPS2	3496±1244 ^{dB}	8353±1779 ^{dAB}	9232± 449 ^{dA}
	XsEPS1	7372± 273 ^{cdB}	15210± 871 ^{cA}	15491±1871 ^{cdA}
	XsEPS2	11431±1282 ^{cA}	6641± 661 ^{dB}	9011±1199 ^{dAB}
	CMCEPS1	21810± 982 ^{ba}	16263±1245 ^{bcA}	20931±2182 ^{bcA}
	CMCEPS2	31204±3062 ^{aA}	21276± 638 ^{ba}	18351±1099 ^{bcB}

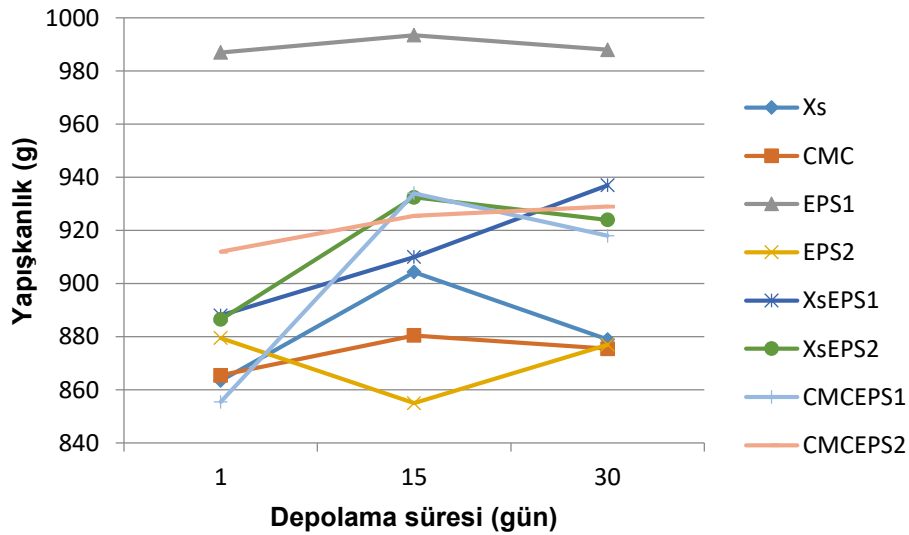
Xs:(% 0.3 Ksantan gum); CMC: (% 0.3 Karboksümetil selüloz); EPS1: (% 0.3 EPS1 çözeltisi); EPS2: (% 0.3 EPS2 çözeltisi); XsEPS1: (% 0.15 EPS1 çözeltisi + % 0.15 Ksantan gum); XsEPS2: (% 0.15 EPS2 çözeltisi + % 0.15 Ksantan gum); CMCEPS1: (% 0.15 EPS1 çözeltisi + % 0.15 Karboksümetil selüloz); CMCEPS2: (% 0.15 EPS2 çözeltisi + % 0.15 Karboksümetil selüloz) ^{a,b,c,d,e} Sütunlarda değişik harfle gösterilen ortalamalar arasında fark vardır (p<0.05).

Peynir Altı Suyunda Üretilen Ekzopolisakaritlerin Stabilizatör Olarak Kullanımının Dondurmanın Bazı Fiziksel, Duyusal ve Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkileri



Şekil 1. Depolama süresine bağlı olarak dondurma örneklerine ait bünye sıklığı-sertlik değerlerinin değişimi

Xs:(% 0.3 Ksantan gum); CMC: (% 0.3 Karboksümetil selüloz); EPS1: (% 0.3 EPS1 çözeltisi); EPS2: (% 0.3 EPS2 çözeltisi); XsEPS1: (% 0.15 EPS1 çözeltisi + % 0.15 Ksantan gum); XsEPS2: (% 0.15 EPS2 çözeltisi + % 0.15 Ksantan gum); CMCEPS1: (% 0.15 EPS1 çözeltisi + % 0.15 Karboksümetil selüloz); CMCEPS2: (% 0.15 EPS2 çözeltisi + % 0.15 Karboksümetil selüloz)



Şekil 2. Depolama süresine bağlı olarak dondurma örneklerine ait yapışkanlık değerlerinin değişimi

Xs:(% 0.3 Ksantan gum); CMC: (% 0.3 Karboksümetil selüloz); EPS1: (% 0.3 EPS1 çözeltisi); EPS2: (% 0.3 EPS2 çözeltisi); XsEPS1: (% 0.15 EPS1 çözeltisi + % 0.15 Ksantan gum); XsEPS2: (% 0.15 EPS2 çözeltisi + % 0.15 Ksantan gum); CMCEPS1: (% 0.15 EPS1 çözeltisi + % 0.15 Karboksümetil selüloz); CMCEPS2: (% 0.15 EPS2 çözeltisi + % 0.15 Karboksümetil selüloz)

Hunter L , a , b renk ölçümleri

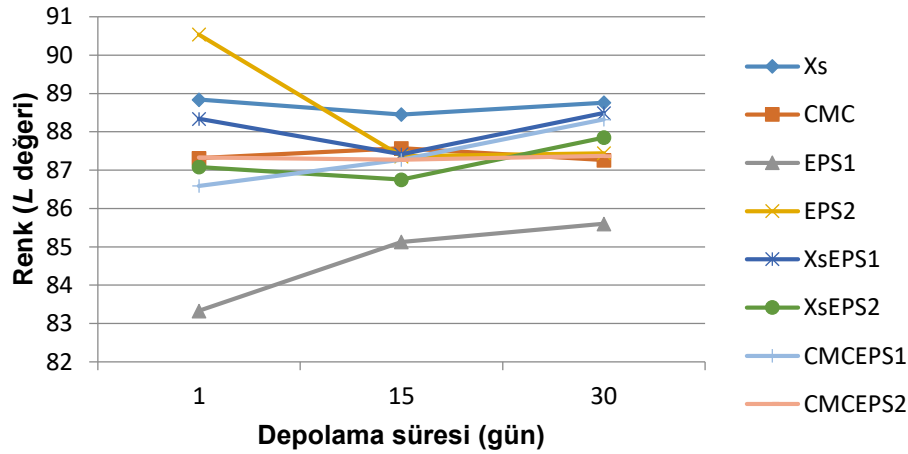
Hunter renk sistemi yardımıyla dondurmaların L^* , a^* ve b^* değerleri belirlenmiştir. L değeri 0 siyahı, 100 ise beyazı temsil eder (Aliyev, 2006; Yeşilsu, 2006). Dondurma örneklerine ait L değerlerinin toplu olarak verildiği Şekil 3' e bakıldığında, depolama süresince en belirgin artış EPS1 örneğinde görülürken en düşük değer ise EPS2' de tespit edilmiştir. Diğer değerler ise nispeten stabil bir durum göstermektedir. Çizelge 2'e göre, dondurmaların dış yüzeyinden alınan ölçümlerde, L değerleri $84.69 \pm 1.13 - 88.68 \pm 0.27$ arasında değişiklik göstermiştir. Depolama süresinin, örnek farklılığının, ve depolama süresi x örnek etkileşiminin dondurmaların L değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Kullanılan stabilizatörlerin L değerlerindeki değişime yol açtığı düşünülmektedir. Genel olarak, EPS1'in diğer örneklerden daha koyu renge sahip olduğu ve diğer örneklerden ayrıştığı gözlemlenmiştir. Dondurma örneklerindeki L değerlerinin yüksek olması (100'e yakın) dondurma

üretiminde kullanılan bileşenlerin renk koyulaşmasına neden olmadığını göstermektedir. Bu nedenle, dondurma genellikle beyaz veya beyaza yakın bir renge sahiptir. Farklı çalışmalarda dondurmanın *L* değerleri farklı aralıklarda rapor edilmiştir. Çelik ve ark. (2010), 77.49 - 81.07, Aliyev (2006), 38.49 - 77.49, Dervişoğlu ve ark. (2005), 72.34 - 77.11, Akalın ve ark. (2008), 85.53 - 88.40, Akesowan (2009), 78.96 - 85.69 ve Rolant ve ark. (1999), 90.30 - 95.30 değerleri arasında değişen *L* değerleri bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada elde ettiğimiz *L* değerleri, Çelik ve ark. (2010), Aliyev (2006), Dervişoğlu ve ark. (2005) ve Akesowan (2009) tarafından rapor edilen değerlere kıyasla daha beyaz renkte olan bir dondurmaya işaret etmektedir. Bu farklılık, diğer araştırmacıların dondurmalarının daha koyu renkte olmasının sebebi olarak, onların dondurma üretiminde soya proteini safran, kola, kefir gibi farklı katkı maddeleri kullanmış olmalarından kaynaklanmaktadır. Çalışmadan elde ettiğimiz *L* değerleri Rolant ve ark. (1999)'nın değerlerinden yüksek, Akalın ve ark. (2008)'nin vermiş olduğu değerlerle paralellik arz etmektedir. Çalışmada kullandığımız EPS'lerin koyu renkli olması daha koyu renkli dondurmaların elde edilmesine sebep olmuştur.

Hunter renk sisteminde *a*'nın pozitif (+) değerleri kırmızıyı, negatif (-) değerleri ise yeşili göstermektedir (Yeşilsu, 2006; Aliyev, 2006). Dondurma örneklerine ait *a* değerlerine bakıldığında, Şekil 4'te görüldüğü gibi, depolama süresi boyunca en yüksek artış XsEPS2, XsEPS1 ve CMCEPS1 örneklerinde gözlenirken, CMC, XsEPS1 ve EPS1 örneklerinde kısmi bir artış, EPS2 örneğinde belirgin bir düşüş ve Xs örneğinde ise kısmi bir düşüş gözlenmektedir. Bu çalışmada, dondurmaların dış yüzeyinde yapılan ölçümler sonucunda, en düşük ortalama *a* değerine sahip örneğin EPS1 (-0.85 ± 0.10) olduğu, en yüksek ortalama *a* değerine sahip örneğin ise Xs (-0.51 ± 0.14) olduğu belirlenmiştir. Yaptığımız çalışmada, örnek farklılığının dondurma numunelerinin *a* değerleri üzerinde oldukça etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2) Bu farkın, ölçüm yapılan örnek yüzeylerinin fizikokimyasal niteliklerindeki farklılıklardan dolayı ortaya çıkmış olabileceği değerlendirilmektedir. Çelik ve ark. (2010) çalışmasında dondurma örneklerinin *a* değerleri -2.01 ile -3.48 arasında, Aliyev (2006) çalışmasında -2.53 ile 9.65 arasında, Dervişoğlu ve ark. (2005) çalışmasında ise 2.09 ile 7.03 arasında değişmiştir. Akesowan (2009) çalışmasında dondurma örneklerinin *a* değerleri -1.16 ile -4.18 arasında, Rolant ve ark. (1999) çalışmasında ise -0.60 ile -0.40 arasında bulunmuştur. Tespit ettiğimiz *a* değerleri, diğer araştırmalardaki değerlere kıyasla farklılık göstermektedir. Elde ettiğimiz *a* değerleri, Akesowan (2009) ve Çelik ve ark. (2010)'un değerlerine göre, daha yüksek; Dervişoğlu ve ark. (2005) ile Rolant ve ark. (1999)'nın değerlerine göre ise daha düşüktür. Bu durum, farklı araştırmacıların dondurma üretiminde farklı formülasyonlar kullanmasından kaynaklanmaktadır. Genel olarak, dondurma örneklerimizin renk bakımından daha nötr ve açık renkli olduğu söylenebilir.

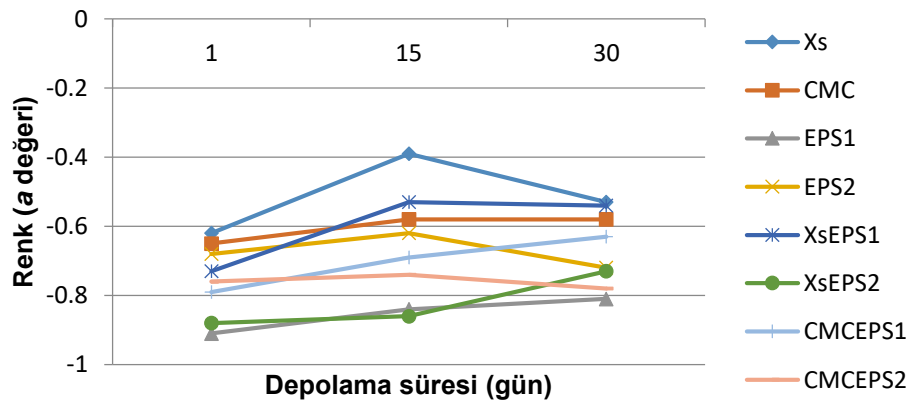
Renk ölçüm sisteminde *b* değeri, sarılık ve mavilik arasındaki farkı ifade etmektedir (Aliyev, 2006; Yeşilsu, 2006). Şekil 5'de gösterildiği gibi, depolama süresince en belirgin artış XsEPS2 örneğinde gözlenirken, XsEPS1'de keskin bir düşüş ve EPS2, CMCEPS1 ve CMCEPS2 örneklerinde kısmi bir artış meydana gelmiştir. Diğer örneklerde ise *b* değerlerinde kısmi bir düşüş gözlenmiştir. Bu değişiklikler, örneklerin renk tonlarındaki farklılıklar ve fizikokimyasal özelliklerinin depolama süresince değişiminden kaynaklanmaktadır. Çalışmamızda en düşük ortalama *b* değeri 13.09 ± 0.25 ile Xs örneğinde ölçülürken, en yüksek *b* değeri ise 15.85 ± 1.11 ile EPS2 örneğinde ölçülmüştür. Örnekler arasındaki farklılık, *b* değerlerini önemli düzeyde etkilemiştir (Çizelge 2). Bu sonuçlar, dondurma örneklerinin sarılık ve mavilik tonları arasında belirgin bir değişkenlik olduğunu göstermektedir. Sadece EPS veya içerisinde EPS ile birlikte stabilizatör bulunan dondurmaların renginin daha sarı olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, EPS çözeltilerinde bulunan eser orandaki sarı renk veren maddeler (örneğin karotenoidler) ve yeşilimsi renk veren maddeler (örneğin riboflavin) gibi bileşiklerin etkisini

yansıtmaktadır (Metin, 2005). Önceki çalışmalarda b değerleri farklı aralıklarda bulunmuştur. Çelik ve ark. (2010), 7.22 -15.10, Aliyev (2006), 1.41 - 6.58; Dervişoğlu ve ark. (2005), 10.46 - 14.63; Akesowan (2009), 15.53 - 16.86, Akalın ve ark. (2008), 10.20 - 14.30 ve Rolant ve ark. (1999) 4.10 - 5.70 arasında değişen değerler rapor etmişlerdir. Yaptığımız çalışmada, b değerlerimizin Dervişoğlu ve ark. (2005), Akalın ve ark. (2008), Rolant ve ark. (1999) ve Aliyev (2006) tarafından rapor edilen değerlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, dondurma örneklerimizin daha sarımsı bir renge sahip olduğunu göstermektedir. Çalışmamızda tespit ettiğimiz b değerlerinin, diğer bazı araştırmacıların (Akesowan,2009) değerlerinden daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durum, Akesowan (2009)'un üzerinde çalıştığı dondurma örneklerinin daha sarı renkte olduğunu ve bunun, kullandığı soya proteininin sarı renkli olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Öte yandan, b değerlerimiz Çelik ve ark. (2010) tarafından bulunan değerlerle üst limitleri açısından benzerlik göstermiştir. Dondurma örneklerimizde bulunan sarılığın bir kısmı, diğer araştırmacıların çalışmalarında kullanılan katkı maddelerinin renk özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, çalışmamızda kullanılan EPS çözeltilerinin sarımsı renkte olması da bu sarılığın bir başka nedeni olarak değerlendirilebilir.



Şekil 3. Depolama süresine bağlı olarak dondurma örneklerine ait L değerlerinin değişimi

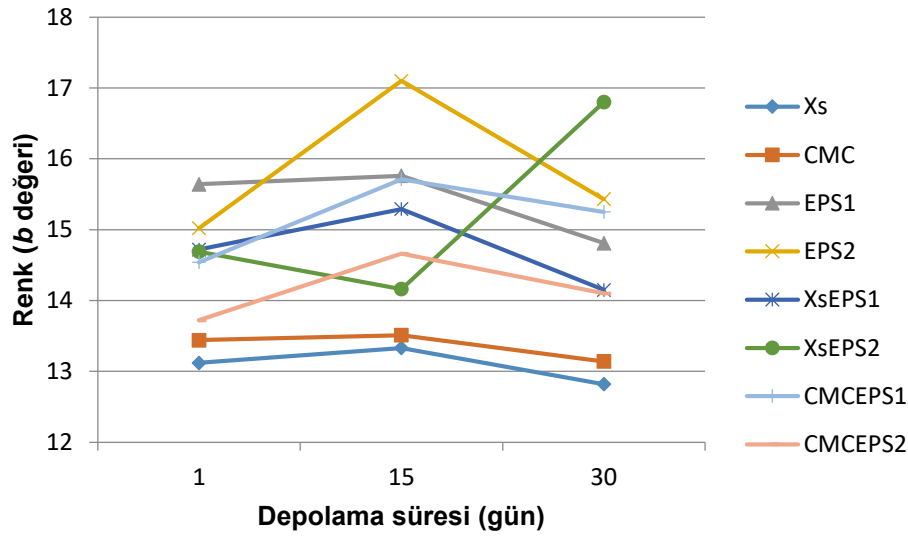
Xs:(% 0.3 Ksantan gum); CMC: (% 0.3 Karboksimetil selüloz); EPS1: (% 0.3 EPS1 çözeltisi); EPS2: (% 0.3 EPS2 çözeltisi); XsEPS1: (% 0.15 EPS1 çözeltisi + % 0.15 Ksantan gum); XsEPS2: (% 0.15 EPS2 çözeltisi + % 0.15 Ksantan gum); CMCEPS1: (% 0.15 EPS1 çözeltisi + % 0.15 Karboksimetil selüloz); CMCEPS2: (% 0.15 EPS2 çözeltisi + % 0.15 Karboksimetil selüloz)



Şekil 4. Depolama süresine bağlı olarak dondurma örneklerine ait a değerlerinin değişimi

Xs:(% 0.3 Ksantan gum); CMC: (% 0.3 Karboksimetil selüloz); EPS1: (% 0.3 EPS1 çözeltisi); EPS2: (% 0.3 EPS2 çözeltisi); XsEPS1: (% 0.15 EPS1 çözeltisi + % 0.15 Ksantan gum); XsEPS2: (% 0.15 EPS2 çözeltisi + % 0.15 Ksantan gum); CMCEPS1: (% 0.15 EPS1 çözeltisi + % 0.15 Karboksimetil selüloz); CMCEPS2: (% 0.15 EPS2 çözeltisi + % 0.15 Karboksimetil selüloz)

Peynir Altı Suyunda Üretilen Ekzopolisakkaritlerin Stabilizatör Olarak Kullanımının Dondurmanın Bazı Fiziksel, Duyusal ve Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkileri

Şekil 5. Depolama süresine bağlı olarak dondurma örneklerine ait *b* değerlerinin değişimi

Xs:(% 0.3 Ksantan gum); CMC: (% 0.3 Karboksümetil selüloz); EPS1: (% 0.3 EPS1 çözeltisi); EPS2: (% 0.3 EPS2 çözeltisi); XsEPS1: (% 0.15 EPS1 çözeltisi + % 0.15 Ksantan gum); XsEPS2: (% 0.15 EPS2 çözeltisi + % 0.15 Ksantan gum); CMCEPS1: (% 0.15 EPS1 çözeltisi + % 0.15 Karboksümetil selüloz); CMCEPS2: (% 0.15 EPS2 çözeltisi + % 0.15 Karboksümetil selüloz)

Çizelge 2. Dondurma örneklerine ait bazı renk değerleri

Dondurma örneği	<i>L</i> değeri	<i>a</i> değeri	<i>b</i> değeri
Xs	88.68±0.27 ^a	-0.51±0.14 ^a	13.09±0.25 ^c
CMC	87.38±0.26 ^c	-0.60±0.04 ^{ab}	13.36±0.54 ^c
EPS1	84.69±1.13 ^d	-0.85±0.10 ^d	15.40±1.05 ^{ab}
EPS2	88.45±1.64 ^{ab}	-0.67±0.06 ^{abc}	15.85±1.11 ^a
XsEPS1	88.08±0.5 ^{4b}	-0.60±0.13 ^{ab}	14.72±0.76 ^{ab}
XsEPS2	87.22±0.51 ^c	-0.82±0.09 ^{cd}	15.22±1.31 ^{ab}
CMCEPS1	87.39±0.80 ^c	-0.70±0.09 ^{bcd}	15.16±0.72 ^{ab}
CMCEPS2	87.32±0.07 ^c	-0.76±0.08 ^{bcd}	14.16±0.48 ^{bc}

Xs:(% 0.3 Ksantan gum); CMC: (% 0.3 Karboksümetil selüloz); EPS1: (% 0.3 EPS1 çözeltisi); EPS2: (% 0.3 EPS2 çözeltisi); XsEPS1: (% 0.15 EPS1 çözeltisi + % 0.15 Ksantan gum); XsEPS2: (% 0.15 EPS2 çözeltisi + % 0.15 Ksantan gum); CMCEPS1: (% 0.15 EPS1 çözeltisi + % 0.15 Karboksümetil selüloz); CMCEPS2: (% 0.15 EPS2 çözeltisi + % 0.15 Karboksümetil selüloz) ^{a,b,c,d,e} Sütunlarda değişik harfle gösterilen ortalamalar arasında fark vardır (p<0.05).

Dondurmaların Duyusal Özellikleri

Örnek farklılığı ve depolama süresinin dondurma örneklerinin renk, tekstür ve duyu özellikleri ile kabul edilebilirlik değerleri üzerine etkili olduğu saptanmıştır (p<0.01). Yani, dondurma örnekleri arasındaki farklar ve depolama süresi, renk ve tat özellikleri üzerinde belirgin farklılıklara yol açmıştır. Örnek farklılığı ve depolama süresi ile bu iki faktörün kombinasyonunun, tatlılık, koku oranı ve fermente süt tadı varlığı üzerinde etkisinin önemsiz olduğu sonucuna varılmıştır (p>0.05). Tüketicinin tercihini etkileyen en önemli faktörlerden biri ürünün duyu özellikleridir. Renk, duyu değerlendirmelerde önemli bir kriter olarak kabul edilir. Bu çalışmada, örnek farklılığı ve depolama süresinin dondurmaların renk parametreleri üzerine etkili olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 3). Dondurma örnekleri arasında, renk özelliği açısından en yüksek beğeni alan örnekler Xs, XsEPS1, CMCEPS1 ve CMCEPS2'dir, sırasıyla 7.80, 7.50, 7.33 ve 7.21 puan almışlardır. En düşük beğeni alan örnek ise 5.96 puanla EPS1 örneğidir. Bu düşük puanın sebebi, EPS1 örneğinin daha koyu renkte olmasıdır (Çizelge 3). Tokuç ve ark. (2008), depolama süresinin dondurma örneklerinin renk puanlarının belirli sınırlar içinde değiştiğini belirlemişlerdir. Ancak, bizim çalışmamızda depolama süresi arttıkça genel olarak dondurma örneklerinin renk puanlarının arttığı saptanmıştır.

Dondurmanın yapısal özelliklerini ifade eden terim olarak kullanılan "tekstür", dondurmanın arzu edilen özelliklerini ifade etmektedir (Bodyfelt ve ark., 1988). Çalışmamızda, dondurmaların tekstür oranları üzerinde örnek değişikliğinin önemli ölçüde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Bu etkileşim, üretim sürecinde değişik kaynaklardan sağlanan hidrokolloitlerin kullanımından kaynaklanmaktadır. Dondurma örnekleri, tekstür açısından değerlendirildiğinde ortalama en yüksek puanlar Xs, EPS2, XsEPS1 ve CMC numunelerinde saptanmıştır (sırasıyla 7.42, 7.13, 7.08 ve 7.00). Diğer yandan, en düşük puan EPS1 örneğinde (4.75) elde edilmiştir. EPS1 örneğinin düşük puan almasının nedeni, yapısının çok sert ve bünye sıklığının yüksek olmasıdır (Çizelge 3).

Koku, süt ve süt ürünlerinde her zaman önemli bir kriter olarak değerlendirilmiştir (Turgut, 2006). Dondurma örnekleri, koku açısından değerlendirildiğinde en çok beğenilenler CMC ve Xs örnekleridir (ortalama değerleri sırasıyla 7.25 ve 7.13). En az beğenilen örnekler ise EPS1 ve CMCEPS1'dir (ortalama değerleri sırasıyla 5.88 ve 6.54). Ancak, örnekler arasında koku kriterine verilen puanlar bakımından büyük bir farklılık olmadığından, örnekler arasında istatistiksel açıdan önemli bir değişiklik bulunamamıştır. (Çizelge 3). Turgut (2006), probiyotik bakteriler ekleyerek ürettiği dondurmaları duyusal analizlerle değerlendirmiş, koku ve tat puanlarının genel olarak yüksek olduğunu, dondurma çeşitlerinin 3 aylık süre boyunca beğenilerek tüketildiğini belirtmektedir.

Tatlılık oranı açısından, CMC ve XsEPS1 örnekleri en çok beğenilenler olarak 7.33 ve 7.21 puan almıştır. Diğer yandan, EPS1 ve CMCEPS1 örnekleri en az beğenilenler olarak 6.58 ve 6.79 puanla değerlendirilmiştir. Ancak, tatlılık oranı puanları açısından, örnekler arasında istatistiksel anlamda önemli bir değişiklik tespit edilmemiştir (Çizelge 3). Turgut (2006), değişik bakterileri içeren dondurmaların tatlılık puanlarını, kontrol grubundakilerden yüksek bulmuştur. Ancak, aradaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Araştırmacı, *L. acidophilus* içeren dondurma örneklerinin en yüksek tatlılık puanlarına sahip olduğunu bulmuştur. Bunun nedeni, *L. acidophilus* içeren dondurmaların asitliğinin şeker tadını maskeleydiği ve bu nedenle daha fazla beğenildiği düşünülmektedir. Ayrıca, krema oranının artmasına bağlı olarak, dondurmaların tatlılık puanlarının düştüğünü belirlemiştir.

Dondurma üretiminde, daha iyi bir krema tadının elde edilmesi için yağ kümelerinin hızla dağılması önemlidir. Bu sayede yağ globülleri ayrı ayrı dağılır veya daha küçük kümeler oluşturur, böylece ağızda daha yoğun bir krema hissi elde edilir. Dondurma, serinleme duygusunu takiben ağızda hoş bir krema tadı bırakır. Tüketiciler için, iyi bir dondurmanın ağızda krema hissi bırakması istenen bir özelliktir (Pentince, 1992). Krema tadı bakımından ortalama olarak en çok beğenilen örnekler Xs örneği 7.54 puan ve CMC örneği 7.42 puanla, en az beğenilen örnekler ise EPS1 örneği 5.79 puan ve CMCEPS1 örneği 6.21 puan olarak belirlenmiştir. Dondurma örneklerinin krema tadı varlığı üzerindeki farklılığın istatistiksel olarak önemli olması, muhtemelen dondurma üretiminde kullanılan farklı hidrokolloitlerin süt yağı ile değişik düzeylerde etkileşiminden kaynaklanmaktadır (Çizelge 3). EPS1 (5.79) örneğinin krema tadı açısından en düşük puanı almasının sebebi, yapısal olarak çok sıkı ve hacim artışının düşük olmasıdır.

Fermente süt tadı bakımından en çok beğenilenler Xs ve CMC örnekleri olup, aynı puanı almışlardır (6.96). En düşük puanlar ise EPS1 (5.79) ve CMCEPS1 (6.42) örnekleri tarafından alınmıştır. Ancak, bu kriterde puanlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık saptanamamıştır (Çizelge 3).

Yabancı tat varlığı yönünden en yüksek puanları, XsEPS1 ve XsEPS2 örnekleri ile CMC örnekleri almıştır ve ortalama olarak puanları 7.75 ve 7.67 olarak saptanmıştır. En düşük puan ise EPS1 örneği tarafından alınmış ve puanı 5.75 olmuştur. Örnek farklılığının yabancı tat varlığı üzerine istatistiksel

açından önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). EPS1 örneği, diğer örneklerden farklı olarak yabancı tat varlığı yönünden daha düşük puanlar almıştır. Bu durumun nedeni, kullanılan starter kültürlerin fermantasyon sırasında değişik metabolitler üretmeleri ve bu metabolitlerin yabancı tat olarak algılanması olabilir. Turgut (2006), farklı probiyotik bakterilerin ilavesiyle üretilen dondurmaların duyusal analizlerini yapmıştır. Bu analizlerde, yabancı tat puanları bakımından kontrol grubu dondurmalarının en yüksek puanları aldığı, onları *L. acidophilus* bulduran örneklerin izlediği ve en az puanları ise *B. bifidum* bulduran örneklerin aldığı belirlenmiştir. Bu netice, *B. bifidum* bakterisinin heterofermantatif bir özellik göstermesinden kaynaklanmaktadır. Bu bakteri, fermantasyon sürecinde çeşitli ürünler üreterek yabancı tadın ortaya çıkmasına sebep olabilir.

Ağızda bıraktığı his açısından, en yüksek puanı XsEPS2 (7.50), CMC (7.33), CMCEPS2 ve EPS2 (7.25) ve Xs (7.21) örnekleri almıştır. En düşük puan ise EPS1 (4.79) örneğine verilmiştir. Örnek farklılığının, dondurmaların ağızda bıraktığı his oranları üzerinde istatistiksel açıdan önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Bu farklılık, dondurma üretiminde kullanılan EPS1 çözeltilisinin içeriğinden kaynaklanmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi, sadece EPS1 çözeltisi içeren dondurmalar, daha düşük duyusal puanlar almıştır. Bu durumun nedeni, bu örneğe ait hacim artışı değerinin düşük olması ve kremamsı hissin az olması olabilir.

Tüm duyusal değerlerin dikkate alındığı genel kabul edilebilirlik puanlarına göre, ortalama olarak en yüksek puanlara sahip örnekler CMC ve EPS2 (7.42), XsEPS1 (7.29) ve Xs (7.25) olarak belirlenmiştir. EPS1 (5.08) ve CMCEPS1 (6.62) örnekleri en düşük puanları alan örneklerdir. Örnek farklılığının genel kabul edilebilirlik değerlerine büyük etkisi olduğu ve ortalama değerlere bakıldığında, EPS1 hidrokolloidi kullanılan örneğin dışındaki tüm örneklerin yüksek değerler aldığı tespit edilmiştir. Bu durum, çalışmada kullanılan hidrokolloidlerin (EPS1 hidrokolloidi hariç) dondurmanın bileşenleriyle iyi etkileşim göstermesinden kaynaklanmaktadır (Çizelge 3). Hekmat ve McMahon (1992), pH değeri 5.5 olan probiyotik dondurmaların daha yüksek kabul edilebilirlik puanları aldığını saptamışlardır. Hagen ve Narvhus (1999), *B. bifidum* bulduran dondurmaların diğer probiyotik içerikli dondurmalarla karşılaştırıldığında en yüksek kabul edilebilirlik puanlarına sahip olduğunu ve bunları *L. acidophilus* bulduran örneklerin izlediğini gözlemlemişlerdir. Bu çalışmada, *L. acidophilus* bulduran dondurmaların genellikle daha düşük pH değerlerine sahip olduğu ve bu nedenle kontrol grubuna daha yakın kabul edilebilirlik puanları aldığı belirlenmiştir. Ayrıca, tüm dondurmaların genel olarak tüketiciler tarafından beğenilerek tüketildiği gözlemlenmiştir.

Depolama süresi ve örnek farklılığının renk parametreleri üzerine önemli bir etkisinin olduğu, duyusal özellikler ve tekstür üzerine ise daha az bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. EPS1 örneği duyusal parametreler açısından diğer örneklerle karşılaştırıldığında daha düşük puanlar almıştır. Ancak, EPS2 örneği ve bunun kombinasyonları diğer örneklerle kıyaslandığında benzer puanlar almıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Dondurma örneklerine ait bazı duyusal özellikler

Dondurma örneği	Renk	Tekstür	Koku	Tatlılık	Krema tadı varlığı	Fermente süt tadı	Yabancı tat varlığı	Ağızda bıraktığı his	Genel kabul edilebilirlik
Xs	7.80±1.22 ^a	7.42±1.44 ^a	7.13±1.51 ^a	7.13±1.54 ^a	7.54±0.93 ^a	6.96±2.35 ^a	7.54±1.89 ^a	7.21±1.56 ^a	7.25±1.48 ^a
CMC	7.08±1.32 ^a	7.00±1.50 ^a	7.25±1.33 ^a	7.33±1.37 ^a	7.42±0.93 ^a	6.96±2.26 ^a	7.67±1.49 ^a	7.33±1.05 ^a	7.42±0.78 ^a
EPS1	5.96±1.37 ^b	4.75±1.59 ^b	5.88±1.60 ^a	6.58±1.38 ^a	5.79±1.47 ^c	5.79±2.30 ^a	5.75±2.23 ^b	4.79±1.74 ^b	5.08±1.10 ^b
EPS2	7.08±1.14 ^a	7.13±1.15 ^a	7.00±1.32 ^a	7.08±1.61 ^a	6.67±1.61 ^{abc}	6.63±2.26 ^a	7.54±1.47 ^a	7.25±1.33 ^a	7.42±0.78 ^a
XsEPS1	7.50±1.10 ^a	7.08±1.28 ^a	7.00±1.50 ^a	7.21±1.38 ^a	7.04±1.33 ^{ab}	6.46±2.17 ^a	7.75±1.03 ^a	7.13±1.26 ^a	7.29±0.91 ^a
XsEPS2	6.88±1.54 ^a	6.92±1.53 ^a	6.83±1.52 ^a	6.83±1.63 ^a	6.67±1.27 ^{abc}	6.50±2.27 ^a	7.75±1.15 ^a	7.50±0.98 ^a	7.17±0.87 ^a
CMCEPS1	7.33±1.24 ^a	6.33±1.49 ^a	6.54±1.79 ^a	6.79±1.47 ^a	6.21±1.28 ^{bc}	6.42±2.15 ^a	7.04±1.81 ^{ab}	6.83±1.37 ^a	6.62±1.09 ^a
CMCEPS2	7.21±1.14 ^a	6.91±1.04 ^a	6.91±1.56 ^a	6.83±1.34 ^a	6.54±1.28 ^{abc}	6.50±2.21 ^a	7.25±2.01 ^{ab}	7.25±1.26 ^a	6.96±1.12 ^a

Xs:(% 0.3 Ksantan gum); CMC: (% 0.3 Karboksümetil selüloz); EPS1: (% 0.3 EPS1 çözeltisi); EPS2: (% 0.3 EPS2 çözeltisi); XsEPS1: (% 0.15 EPS1 çözeltisi + % 0.15 Ksantan gum); XsEPS2: (% 0.15 EPS2 çözeltisi + % 0.15 Ksantan gum); CMCEPS1: (% 0.15 EPS1 çözeltisi + % 0.15 Karboksümetil selüloz); CMCEPS2: (% 0.15 EPS2 çözeltisi + % 0.15 Karboksümetil selüloz)^{ab}

^{a,b}Sütunlarda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında fark vardır (p<0.05).

Elde Edilen Dondurmaların Mikrobiyolojik Özellikleri

Çalışmamızda, depolama süresinin istatistiksel olarak toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı üzerinde etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge 4). Bu etkinin, TAMB'lerin depolama süresi boyunca hücrelerinin zarar görmesiyle ilişkili olduğu düşünülebilir. Ortalama değerlere göre, CMCEPS2 örneğinde 2.60 log kob/g ile en düşük TAMB sayısı, XsEPS2 örneğinde ise 3.23 log kob/g ile en yüksek TAMB sayısı tespit edilmiştir (Çizelge 4). Anonim (2001)'e göre, dondurma ürünlerinde TAMB sayısı kob/ml cinsinden 1.0×10^5 ile 531.0×10^4 aralığında olmalıdır. Yapılan diğer çalışmalarda ise TAMB sayısı farklı aralıklarda belirlenmiştir. Or (2009), 6.3×10 kob/g - 1.4×10^5 kob/g, Çeliker (2008), 3.933×10^3 kob/g - 5.867×10^3 kob/g, Milci ve Yaygın (2003), 8.27×10^3 kob/g - 1.80×10^6 kob/g, Aliyev (2006), 4.91 log kob/g - 9.11 log kob/g, arasında değişen TAMB sayıları bulmuşlardır. Elde ettiğimiz sonuçlar, yukarıda bahsedilen çalışmalardan elde edilen değerlere göre genellikle daha düşük çıkmıştır. Bu durum, dondurmaların güvenli bir şekilde üretildiğini, uygun koşullarda depolandığını ve analize tabi tutulduğunu bildirmektedir.

Çalışmamızda, depolama süresinin istatistiksel olarak maya-küf sayısı üzerinde etkili olmadığı saptanmıştır (Çizelge 4). Ortalama değerlere bakıldığında, en düşük ortalama maya-küf sayısı 0.22 log kob/g ile CMC örneğinde tespit edilirken, en yüksek ortalama sayı 1.12 log kob/g ile Xs örneğinde olduğu bildirilmiştir (Çizelge 4). Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar, Anonim (2001)'e göre, belirlenen küf (521.0×10^1 - 1.0×10^4 kob/ml) ve maya (1.0×10^3 - 521.0×10^2 kob/ml) sayıları sınırlarının tüm örneklerimiz için güvenli olduğunu göstermektedir. Yani, dondurma örneklerimizin içerdikleri maya ve küf miktarları, sağlık açısından kabul edilebilir değerler arasında yer almaktadır. Bu durum, dondurmaların sağlıklı ve uygun üretim ve muhafaza koşullarında analize alındığını ve tüketilmeye uygun olduğunu göstermektedir. Çeliker (2008) çalışmasında, dondurma örneklerindeki maya-küf sayısının 10 kob/g'dan daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Aliyev (2006) ise dondurmalarda maya-küf sayısının 2.90 log kob/g - 8.21 log kob/g değerleri arasında değiştiğini rapor etmiştir. Durak (2006) çalışmasında ise bu değerler 3.27 log kob/g - 4.42 log kob/g aralığında değişmiştir. Milci ve Yaygın (2003) çalışmasında dondurmaların maya-küf içeriği 1.45×10^4 kob/g olarak tespit edilirken, Toklu ve Yaygın (2000) çalışmasında bu değerler 5.25×10^2 adet/g ile 1.65×10^5 adet/g arasında değişmiştir. Bu sonuçlar, farklı araştırmalarda dondurmaların maya-küf içeriğinin geniş bir aralıkta değişebileceğini göstermektedir. Bu farklılıklar, kullanılan hammaddeler, üretim süreçleri, muhafaza koşulları ve laboratuvar analiz yöntemlerinin çeşitliliği nedeniyle ortaya çıkmış olabilir. Önemli olan, tüm bu çalışmalarda elde edilen değerlerin, sağlık açısından güvenli sınırlar içinde olduğu ve Anonim (2001)'de verilen tebliğe uygun olduğudur. Çalışmamızda elde ettiğimiz değerler, Çeliker (2008) çalışmasındaki değerlerden farklı olarak başka araştırmacıların saptadığı değerlerden daha düşük çıkmıştır. Bu durum, dondurmaların üretiminin güvenli bir şekilde yapıldığını, analiz sürecine kadar uygun bir şekilde korunduğu ve hijyenik şartlara uygun olarak analizlere tabi tutulduğunu göstermektedir. Elde ettiğimiz sonuçlar, dondurma üretiminde uygun hijyenik önlemler alınarak güvenli bir ürün elde edildiğini desteklemektedir.

Yapılan analizler sonucunda, dondurma örneklerinin tamamında koliform grubu mikroorganizma bulunmamıştır.

Çizelge 4. Dondurma örneklerine ait TAMB ve maya-küf değerlerinin depolama süresince değişimi

	Örnek	Depolama süresi (gün)		
		1	15	30
TAMB Değerleri (log kob/g)	Xs	3.65±0.00 ^{aa}	2.88±0.17 ^{abcA}	2.60±0.43 ^{aA}
	CMC	3.13±0.87 ^{aa}	2.73±0.25 ^{bcA}	2.52±0.11 ^{aA}
	EPS1	3.16±0.16 ^{aa}	2.70±0.11 ^{cAB}	2.53±0.07 ^{ab}
	EPS2	3.39±0.33 ^{aa}	3.12±0.12 ^{abcA}	2.86±0.31 ^{aA}
	XsEPS1	3.15±0.91 ^{aa}	3.06±0.03 ^{abcA}	2.60±0.42 ^{aA}
	XsEPS2	3.52±0.08 ^{aa}	3.37±0.11 ^{aAB}	2.79±0.23 ^{ab}
	CMCEPS1	3.24±0.33 ^{aa}	3.35±0.24 ^{abA}	2.63±0.21 ^{aA}
	CMCEPS2	2.74±0.62 ^{aa}	2.52±0.11 ^{cA}	2.54±0.23 ^{aA}
	maya-küf Değerleri (log kob/g)	Xs	1.72±0.60 ^{aa}	0.85±1.20 ^{aA}
CMC		0.00±0.00 ^{aa}	0.00±0.00 ^{aA}	0.65±0.92 ^{aA}
EPS1		0.74±1.04 ^{aa}	0.89±1.26 ^{aA}	0.00±0.00 ^{aA}
EPS2		0.50±0.70 ^{aa}	0.00±0.00 ^{aA}	0.65±0.92 ^{aA}
XsEPS1		0.00±0.00 ^{aa}	0.65±0.92 ^{aA}	1.85±0.21 ^{aA}
XsEPS2		0.89±1.26 ^{aa}	0.50±0.70 ^{aA}	1.89±0.16 ^{aA}
CMCEPS1		0.89±1.26 ^{aa}	1.00±1.41 ^{aA}	0.65±0.92 ^{aA}
CMCEPS2		0.50±0.70 ^{aa}	0.50±0.70 ^{aA}	0.65±0.92 ^{aA}

Xs:(% 0.3 Ksantan gum); CMC: (% 0.3 Karboksümetil selüloz); EPS1: (% 0.3 EPS1 çözeltisi); EPS2: (% 0.3 EPS2 çözeltisi); XsEPS1: (% 0.15 EPS1 çözeltisi + % 0.15 Ksantan gum); XsEPS2: (% 0.15 EPS2 çözeltisi + % 0.15 Ksantan gum); CMCEPS1: (% 0.15 EPS1 çözeltisi + % 0.15 Karboksümetil selüloz); CMCEPS2: (% 0.15 EPS2 çözeltisi + % 0.15 Karboksümetil selüloz) ^{a,b} Sütünlardaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında fark vardır (p<0.05).

SONUÇ

Sonuç olarak, gıda sanayinde kullanılan birçok katkı maddesinin kullanımı için belirlenmiş miktar sınırlamaları vardır. Belirlenmiş bu miktarlar, bazı stabilizatörler için de geçerlidir. Doğal hidrokolloidler olan EPS'ler, sütün doğal bileşenlerinden fermantasyon yoluyla sentezlenirler. Bu nedenle, EPS'lerin kullanımında herhangi bir sınırlama veya alerjik bildirim söz konusu değildir. Bu özelliği sayesinde gençler, yaşlılar ve bebekler, gibi herkes, miktar sınırlaması olmaksızın EPS'leri tüketebilirler. Bu çalışma, dondurma üretiminde ticari stabilizatörlerin yerine EPS'lerin kullanım potansiyeline odaklanmaktadır. Elde edilen sonuçlar, dondurma yapımında kullanılacak EPS'lerin, duyuşal, mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özelliklerinin iyi bir şekilde araştırılması gerektiğini ve amaca uygun özelliklere sahip EPS'lerin dondurma stabilizasyonunda tercih edilmesini sağlamıştır. Ayrıca, uygun görülen EPS'lerin diğer hidrokolloidlerle birlikte kombinasyon halinde dondurma üretiminde kullanılabileceği de bu çalışma ile ortaya konulmuştur. Bu nedenle, EPS'lerin dondurma endüstrisinde stabilizasyon ajanı olarak alternatif bir seçenek olarak değerlendirilmesi önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından YYÜ-BAP-2010-FBE-D031 No'lu proje olarak desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması

Yazar herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Adam, F. M. (2017). *Characterization of the Commercial Ice-cream Stabilizer E466 Sodium Carboxymethyl Cellulose*. (yüksek lisans tezi). Sudan, Afrika: Sudan University of Science and Technology.
- Akalın, A. S., Karagözlü, C. ve Ünal, G. (2008). Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *European Food Research and Technology*, 227: 889–895.
- Akesowan, A. (2009). Influence of soy protein isolate on physical and sensory properties of ice cream. *Thai Journal of Agricultural Science*, 42: 1-6.

- Aliyev, C. (2006). *Kefir ve Yaban Mersininin Dondurmanın Fizikokimyasal, Duyusal ve Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi*. (yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/239208>.
- Altun, İ. (2018). Exopolysaccharides in milk and dairy products as a functional component. *Journal of the Institute of Natural & Applied Sciences*, 23 (1): 115 – 122.
- Altun, İ., ve Tunçtürk, Y. (2020). Peynir altı suyunda üretilen ekzopolisakaritlerin stabilizatör olarak kullanımının dondurmanın bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30 (1) : 166-180.
- Amatayakul, T., Halmas, A. L., Sherkat, F. ve Shah, N. P. (2005). Physical characteristics of yoghurts made using exopolysaccharide - producing starter cultures and varying casein to whey protein rations. *International Dairy Journal*, 1: 1-11.
- Anonim. (2001). Türk Gıda Kodeksi, Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-6.htm> (Erişim tarihi: 13 Şubat 2024).
- Anonim. (2009). Recrystallisation. <http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/recrystal.html>-(Erişim: 06.03.2009).
- Antepüzümü, A. (2005). *Bal ve Glikoz Şurubu Kullanımının Kahramanmaraş Tipi Dondurmaların Kalitesi Üzerine Etkileri* (yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/239208>.
- Arslandoğlu, İ. (2022). *Dondurma Yapımında Yulaf Ezmesinin Kullanımı Dondurma Reçetelerinin Oluşturulması ve Tanımlayıcı Profil Testinin Yapılması* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/239208>.
- Badem, A. (2006). *Keçiboynuzu Pekmezli Dondurma Üretiminde Kullanılan Karragenan, Ksantan ve Keçiboynuzu Zamklarının Dondurmaların kaliteleri Üzerine Etkisi* (yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/239208>.
- Biasutti, M., Venir, E., Marino, M., Maifreni, M. & Innocente, N. (2013). Effects of high pressure homogenisation of ice cream mix on the physical and structural properties of ice cream. *International Dairy Journal*, 32(1): 40-45.
- Bodyfelt, M.S., Tobias, J. & Trout, G.M. (1988). *The Sensory Evaluation of Dairy Products*. van nostrad reinhold. 115 Avenue NY.
- Çelik, Ş., Cankurt., H. ve Doğan, C. (2010). Safran ilavesinin sade dondurmanın bazı özelliklerine etkisi. *Gıda*, 35: 33-39.
- Çeliker, M. B. (2008). *Alıç Meyvesinin Pekmeze İşlenerek Dondurma Üretimine İlavesiyle Dondurmanın Kalite Kriterleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması* (yüksek lisans). Erişim adresi: <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/239208>.
- De Vuyst, L., Zamfir, M., Mozzi, F., Adrian, T., Marshall, V., Degeest, B. & Vainangelgem, F. (2003). Exopolysaccharide-producing *Streptococcus thermophilus* strains as starter cultures in the production of fermented milks. *International Dairy Journal*, 1: 1-11.
- Dertli, E., Toker, O.S., Durak, M.Y., Yılmaz, M.T., Tatlısu, N.B., Sagdic, O. & Cankurt, H. (2016). Development of a fermented ice-cream as influenced by in situ exopolysaccharide production: Rheological, molecular, microstructural and sensory characterization. *Carbohydrate Polymers*, 136: 427-440.
- Dervişoğlu, M., Yazici, F. & Aydemir, O. (2005). The effect of soy protein concentrate addition on the physical, chemical, and sensory properties of strawberry flavored ice cream. *European Food Research and Technology*, 221: 466–470.
- Durak, M. (2006). Yoğurt Dondurmasının Fizikokimyasal, Duyusal ve Mikrobiyolojik Özelliklerine Yaban Mersininin Etkisi (yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/239208>.
- Goff, H.D. & Hartel, R.W. (2013). *Ice cream*. Springer US. New York Heidelberg Dordrecht, London. 462 pp.
- Gundewadi, G., Sarkar, D.J. Rudra, S.G. & Singh, D. (2018). Preparation of basil oil nanoemulsion using *Sapindus mukorossi* pericarp extract: Physico-chemical properties and antifungal activity against food spoilage pathogens. *Industrial Crops & Products*, 125: 95-104.
- Hagen, M. ve Narvhus, A. (1999). Production of ice cream containing probiotic bacteria. *Milchwissenschaft*, 54: 265-268.
- Halkman, A.K. (2005). *Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları*. Ankara: Başak Matbaacılık.
- Hassan, A. N., Corredig, M. & Frank, J. F. (2001). Viscoelastic properties of yogurt made withropy and non-ropy exopolysaccharides producing cultures. *Milchwissenschaft*, 56: 661-720.
- Hekmat, S. & McMahon D.J. (1992). Survival of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* in ice cream for use as a probiotic food. *Journal of Dairy Science*, 75:1415- 1422.
- Karademir-Şanlı, E. (2006). *Pastörizasyon Sıcaklıklarının ve Ekzopolisakarit Üreten Kültür Kullanımının Az Yağlı Kaşar Peynirinin Bazı Niteliklerine Etkileri* (Doktora tezi). Erişim adresi: <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/239208>.

- Keçeli, T. (1995). *Farklı Stabilizer Maddelerin İnek ve Keçi Sütlerinden Yapılan Dondurmaların Bazı Niteliklerine Etkileri Üzerinde Karşılaştırmalı Bir Araştırma* (yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/239208>.
- Kelvin-Goh, K.T., Nair, R.S. & Matia-Merino, L. (2008). Exploiting the functionality of lactic acid bacteria in ice cream. *Food Biophysics*, 3: 295–304.
- Metin, M. (2005). *Süt Teknolojisi Kitabı*. Bornova-İzmir: Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yay. No: 33.
- Milci, S. ve Yaygın, H. (2003). Üretimden tüketime dondurmada kritik kontrol noktalarında tehlike analizi uygulamaları. *Süt Endüstrisinde Yeni Eğilimler Sempozyumu*, Bornova-İzmir-Türkiye. 121-126.
- Muse, M.R. & Hartel, R.W. (2004). Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *Journal of Dairy Science*, 87: 1-10.
- Or, F. (2009). *Kahramanmaraş'ta Üretilen Maraş Usulü Dondurmaların Mikrobiyolojik Kalitelerinin Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma*. (yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/239208>.
- Pentince, J.H. (1992). *Dairy Rheology- A Concise Guide*. Flor New york: VCH Publishers.
- Pradhan, A. ve Bhattacharyya, A. (2017). Quest for an eco-friendly alternative surfactant: Surface and foam characteristics of natural surfactants. *Journal of Cleaner Production*, 150, 127-134.
- Roland A.M., Phillips, L.G. & Boor, K.J. (1999). Effects of fat replacers on the sensory properties, color, melting, and hardness of ice cream. *Journal of Dairy Science*, 82: 2094-2100.
- Soukoulis, C., Lyroni, E. & Tzia, C. (2010). Sensory profiling and hedonic judgement of probiotic ice cream as a function of hydrocolloids, yogurt and milk fat content. *LWT - Food Science and Technology*, 43: 1351-1358.
- Şimşek, O. (1997). Dondurmanın besleyici değeri. *Pasta-Ekmek--Dondurma Dergisi*, Ocak-Şubat, 30-31.
- Toklu, G.Ş. ve Yaygın, H. (2000). Antalya piyasasında satılan dondurmaların hijyenik kalitesi. *VI. Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu Tebliğler Kitabı*, Tekirdağ. 532-539.
- Tokuç, K., Demirci, M., Bilgin, B. ve Arıcı, M. (2008). Bebek orijinli *Lactobacillus* ssp kullanılarak probiotik dondurma üretimi ve depolama süresince probiotik bakteri canlılığı ile diğer bazı özelliklerin belirlenmesi. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*. 21-23 Mayıs, Erzurum. 101-104.
- Tunçtürk, Y. (2009). Influence of starter culture strains, pH adjustment and incubation temperature on exopolysaccharide production and viscosity in whey. *African Journal of Biotechnology*, 8: 4222-4228.
- Tunçtürk, Y., Ocak, E. ve Zorba, Ö. (2010). Farklı homojenizasyon basınç değerlerinin Kaşar peynirinin kimyasal, biyokimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal özelliklerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(2): 88- 99.
- Turgut, T. (2006). Bazı Probiyotik Bakterilerin Dondurma Üretiminde Kullanım İmkânları. (Doktora tezi). Erişim adresi: <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/239208>.
- Yaşar, K. ve Şahan, N. (2008). Kahramanmaraş-Tipi dondurmaların fiziksel ve duyusal özellikleri üzerine bal ve pekmez kullanımının etkileri. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*. 21-23 Mayıs 2008, Erzurum. 795-799.
- Yeşilsu, A. F. (2006). *Dondurmanın fiziksel, kimyasal ve duyusal özellikleri üzerine bazı pekmez çeşitlerinin etkisi* (yüksek lisans tezi, basılmamış). OMÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Zhang, J., Zhao, W., Guo, X., Guo, T., Zheng, Y., Wang, Y., Hao, Y. & Yang, Z. (2017). Survival and effect of exopolysaccharide-producing *Lactobacillus plantarum* YW11 on the physicochemical properties of ice cream. *Food Technology*. 67: 191-200.