



Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Tarım Bilimleri Dergisi
(YYU Journal of Agricultural Science)



<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>

Araştırma Makalesi (Research Article)

Peynir Altı Suyunda Üretilen Ekzopolisakkaritlerin Stabilizatör Olarak Kullanımının Dondurmanın Bazı Kimyasal ve Fiziksel Özelliklerine Etkileri**

İbrahim ALTUN^{1*}, Yusuf TUNÇTÜRK²

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Özalp Meslek Yüksek Okulu, Gıda İşleme Bölümü, Özalp/Van, Türkiye

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-2519-0800> ²<https://orcid.org/0000-0001-5240-200X>

*Sorumlu yazar e-posta: ibrahimaltun@yyu.edu.tr

Makale Bilgileri

Geliş: 04.12.2019
Kabul: 27.02.2020
Online Yayınlanma 31.03.2020
DOI: 10.29133/yyutbd.655062

Anahtar kelimeler

Ekzopolisakkarit,
Dondurma,
Stabilizatör.

Öz: Bu çalışmada, peynir altı suyunda üretilen ekzopolisakkaritlerin (EPS) stabilizatör olarak kullanımının dondurmanın bazı özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Farklı suşlar içeren iki farklı yoğurt kültürü kombinasyonu kullanılarak peynir altı suyunda EPS üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ham EPS çözeltilerinin konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık oluşmadığı ($P>0.05$) saptanmıştır. Ticari bir kültür kullanılarak üretilen ham EPS1 örneğinin, ticari bir yoğurttan elde edilen kültür kullanılarak üretilen ham EPS2 örneğinden önemli derecede yüksek viskoziteye sahip olduğu ($P<0.01$) görülmüştür. Konsantre hale getirilen iki EPS çözeltisinin konsantrasyonları ve viskozite değerleri arasında önemli bir farklılık belirlenmemiş ($P>0.05$), buna karşın ölçüm sıcaklığı arttıkça EPS1 örneğinde viskozite daha fazla düşmüştür. Standart konsantrasyonda (% 0.3) hazırlanan stabilizatörlerin viskoziteleri, en yüksekte düşüğe doğru karboksimetil selüloz (CMC), ksantan gam (Xs), EPS1 ve EPS2 şeklindedir. Sadece EPS kullanılarak üretilen dondurma mikslerinin düşük viskoziteye sahip oldukları, ticari stabilizatörlerle kombinasyon halinde ise mikslerin viskozitesinin daha yüksek değerlere çıktığı belirlenmiştir. Genel olarak EPS2 örneğinin yer aldığı mikslerin yumuşak dondurma formuna dönüşüncüye kadar dondurucuda daha uzun süre geçirdiği saptanmıştır. Dondurma örneklerine ait kuru madde, protein, asitlik ve yağ oranları deneme desenindeki faktörlerden önemli derecede ($P>0.05$) etkilenmemiştir. Kül oranlarının EPS çözeltisi içeren örneklerde daha yüksek olduğu ($P<0.05$), pH değerleri arasında da farklılıklar olduğu ($P<0.05$) saptanmıştır. Genel olarak EPS1 kullanılarak üretilen dondurmalarda erime sürelerinin diğer örneklerden daha uzun olduğu, EPS2 örneğinin hacim artışı değerlerinin ise diğer örneklerden ve kombinasyonlardan daha yüksek olduğu ($P<0.01$) belirlenmiştir. EPS1 örneği hariç diğer örneklerde serum ayrılması belirlenmiştir.

The Effects of Exopolysaccharides Produced In Whey on Some Properties of Ice Cream

Article Info

Received: 04.12.2019
Accepted: 27.02.2020
Online Published 31.03.2020
DOI: 10.29133/yyutbd.655062

Keywords

Abstract: In this study, the effects of exopolysaccharides (EPS) produced in whey as stabilizers on some properties of ice cream were investigated. EPS production in whey was carried out using two different yogurt culture combinations containing different strains. There was no significant difference statistically between the concentrations of crude EPS solutions obtained ($P>0.05$). Viscosity of crude EPS1 sample which obtained using commercial starter culture had a significantly high value when compared with crude EPS2 obtained from a commercial yoghurt ($P<0.01$). There was no a significant difference

Exopolysaccharide,
Ice cream,
Stabilizer.

between the concentrations and viscosity of concentrated two EPS solutions ($P<0.05$), whereas as the measurement temperature increased, it was seen that viscosity decreased more in the sample of EPS1. The viscosities of stabilizers prepared at standard concentration (0.3%) were from highest to low carboxymethyl cellulose (CMC), xanthan gum (Xs), EPS1 and EPS2. Ice cream mixtures produced by using only EPS had low viscosity, however on the point of combination with commercial stabilizers, viscosity of mixtures increased to higher value. In general, the mixes containing the EPS2 spent longer in the freezer until it turned into a soft ice cream form. Ratio of dry matter, protein, acidity and fat of ice cream samples were not significantly affected from the factors of the experiment ($P>0.05$). It was determined that ratio of ash was higher in the EPS solution containing samples, ($P<0.05$), and some differences were found among pH values ($P<0.05$). In general, melting time was longer in the ice cream sample produced with usage of EPS1 than the others. Overrun level of EPS2 sample was higher than the other samples. No serum separation was observed in any samples, except EPS1.

**Çalışma Doktora tezinin bir kısmından üretilmiştir.

1. Giriş

Sütün işlenmesiyle elde edilen dayanıklı süt ürünleri içerisinde, son yıllarda Dünya’da ve Türkiye’de önemli gelişme gösteren dondurma dikkat çekmektedir. Dondurma sağlıklı şartlarda üretildiği, muhafaza edildiği, taşındığı ve satışa sunulduğu takdirde sadece yaz aylarında değil, yılın her mevsiminde çekinmeden yenebilecek değerli bir gıda maddesidir (Şimşek, 1997; Demirci ve Şimşek, 1997; Demir, 2001; Milci ve Yaygın, 2003).

Dondurma besin değerinin üstünlüğü ve sindirimini kolaylığı yanında, herkesçe sevilen tat ve aroması, ferahlatıcı özelliğinden dolayı toplumların ilgisini üzerine çekmektedir. Ülkemizde dondurma üretimi ve tüketiminin ABD ve diğer Avrupa ülkelerine göre oldukça düşük olduğu görülmektedir (Kırdar, 1999; Mukan ve Evliya, 2002; Anonim, 2005; Tokuç ve ark., 2008; Acı ve Özcan, 2008). Ambalajlı Süt ve Süt Ürünleri Sanayicileri Derneği tarafından verilen 2018 yılına ait değerlerde, Türkiye’de kişi başına dondurma tüketiminin son on yılda 1.1 litreden 4.6 litreye çıktığı, ancak bu değer Kuzey Avrupa Ülkelerinde 12 litre civarında olduğu bildirilmektedir (Anonim, 2018).

İşlenmiş gıdaların üretiminde, ürünün yapısal bütünlüğünün korunması, diğer bir ifadeyle raf ömrünün uzatılması; ürünün yapı, görünüm, kıvam gibi kalite özelliklerinin korunarak tüketiciye sunulabilmesi için stabilizatör grubu gıda katkı maddelerinden yaygın olarak yararlanılmaktadır (Demir, 2001; Gürsoy ve Balaban, 2009). Stabilizatörlerin dondurma üretiminde kullanılmasının temel amacı, serbest suyu bağlayarak düzgün bir yapı ve tekstür elde etmek, özellikle depolama esnasındaki sıcaklık dalgalanmalarına karşı buz kristallerinin büyüklüğünü azaltmak ve ürünün erimeye karşı dayanıklılığını artırmaktır (Koçan, 2002)

Ekzopolisakkarit (EPS) üreten laktik asit bakterileri (LAB), süt ürünlerinde arzulanan viskozite, tekstür ve stabilitenin sağlanmasında bitkisel ve hayvansal kaynaklı hidrokolloid katkı maddelerine alternatif olarak önerilebilmektedir (Shah, 2003; Ruas-Madiedo ve ark., 2009; Soukoulis ve ark., 2010). Gıdalarda tat ve aromanın daha iyi korunması ve su bağlama gibi fonksiyonel özellikleri geliştirmede doğal bir hidrokolloid olan EPS’lerden de yararlanabildiği için, bu polimerleri üreten suşların kullanımı bazı durumlarda ticari stabilizatörlere karşı bir üstünlük de oluşturabilmektedir (Ruas-Madiedo ve ark., 2002; Şimşek ve Çon, 2003; Karademir-Şanlı, 2006; Zhang, ve ark., 2017; Charchoghlyan ve ark., 2017; Altun, 2018). Ancak, EPS’lerin Ksantan gum gibi mikrobiyal hidrokolloitlerle karşılaştırıldığında sentezlerinin az miktarda olması ve üretimleri daha çok plazmit adı verilen ve hücrede sitoplazma içerisinde dağınık halde bulunan ve yeni generasyonlara aktarılması her zaman aynı düzeyde olmayan genetik materyaller tarafından kontrol edildiğinden, genetik olarak istikrarlı olmamaları (Madigan ve Martinko, 2010), kullanım avantajlarını kısıtlamaktadır. Bununla birlikte fermantasyon şartlarının optimizasyonu ve yapılacak genetik düzenlemelerle yüksek miktarlarda ve yeni biopolimerler üreten suşların geliştirilmesi, bu dezavantajları kaldırabilir ve süt endüstrisinde yeni starterler kazandırılabilir (Şimşek ve Çon, 2003; Zhang ve ark., 2011).

Bazı EPS'ler, prebiyotiklere benzer fonksiyon göstererek, sindirim sistemine probiyotiklerin yerleşmesine destek olur ve insan sağlığına katkıda bulunurlar (Stanton ve ark., 2001; Mattila-Sandholm ve ark., 2002; Ruas-Madiedo ve ark., 2002; Menrad, 2003; Helland ve ark., 2004; Soyuçuk ve ark., 2017). Aynı zamanda EPS'ler antitümör, antioksidan, antiülser, anti-viral, prebiyotik bağışıklık sistemini düzenleyici ve kolesterol düşürücü aktivite göstererek insan sağlığına olumlu etkide bulunmaktadırlar (Ruas-Madiedo ve ark., 2002; Sullivan ve Nord, 2002; Kumar ve ark., 2004; Bayram ve Heperkan, 2006; Kim, 2017). Bu özelliklerinin yanı sıra, EPS'lerin tüketilmesiyle ilgili herhangi bir sınırlandırma bulunmaması ve tüketilmeleri durumunda herhangi bir alerjik reaksiyon rapor edilmemesi de bu maddelerin hassas bireylerin beslenmesinde kullanılma imkanlarını arttırmaktadır.

EPS'lerin diğer fermente süt ürünlerinin reoloji, tekstür, su tutma kapasitesi ve lezzetinde önemli rol oynadığı bilinmektedir. EPS üretme yeteneğine sahip starterlerin kullanılması ile yoğurt üretiminde tekstürde iyileşme ve su salımında azalma sağlamak (Marshall ve Rawson, 1999; Malaka ve ark., 2013; Dertli ve ark., 2016), ekşi süt ürünü "viili" ve "langfil" üretiminde arzulanan tekstürü elde etmek (De Vuyst ve Degeest, 1999), Mozzarella peyniri üretiminde su tutma kapasitesini artırmak (Duboc ve Mollet, 2001), dondurmada ısıl şoklara karşı dayanıklılık (Kelvin ve ark., 2008), spesifik fermente süt ürünlerinin reolojik dokusuna katkı (Arunkumar ve ark., 2012) gibi avantajlar elde edilmiştir. Bu çalışmada EPS'lerin dondurma üretiminde stabilizatör olarak kullanılmasıyla, dondurmalarda arzu edilen fiziksel özelliklerin ve yapısal değişikliklerin oluşup oluşmadığının gözlemlenmesi amaçlanmış olup, elde edilen sonuçların EPS'lerin dondurma ve diğer stabilizatör kullanılan ürünlerde kullanılmasına imkân sağlayacağı düşünülmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

Laboratuvar şartlarında üretilen peynirden elde edilen peynir altı suyu (PAS), ekzopolisakkarit (EPS) üretiminde kullanılmıştır. EPS üreten suşlar çeşitli ticari firmalardan (Delvo (YS-140), MA Delft, Hollanda; Chr. Hansen (YC-350; YC-370, Hoersholm, Danimarka; Danisco (YD-MIX 161 LYO 200) , Sassenage, Fransa; Sacco (Y1.70F), Cadorago, İtalya) temin edilmiştir. Ayrıca, piyasada bulunan ticari yoğurtlardan ve köy koşullarında üretilen yoğurtlardan da EPS üreten suşların izolasyonu yapılmıştır. Bu suşlar, EPS üretiminin olduğu saptanan yoğurtlardan alınan örneklerin MRS agar ve M17 agara ekilmesi ve oluşan kolonilerin yağsız süt tozuyla hazırlanan rekonstitüye sütte çoğaltılmasıyla elde edilmiştir. Dondurma üretiminde kullanılan süt piyasadan, krema ve süt tozu yerel bir süt işletmesinden (Aymira Süt Ürünleri, Organize Sanayi Bölgesi, Van) temin edilmiştir. Denemede kullanılan dondurmalar Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Süt İşleme Laboratuvarı'nda üretilmiştir. Farklı stabilizatörler (CMC, karragenan, ksantan gam) ve emülgatör (Mono-digliserit) ilgili firmalardan (Puratos Gıda-İstanbul) temin edilmiştir. Ön denemelerden elde edilen sonuçlara göre, stabilizatörlerden iki tanesi (karboksi metil selüloz-CMC ve ksantan gam-Xs) üretilen EPS'ler ile birlikte asıl çalışmada kullanılmıştır.

2.1. Peynir altı suyunun elde edilmesi

Gıda Mühendisliği Bölümü, Süt İşleme Laboratuvarında standart Beyaz peynir üretim yöntemi uygulanarak üretilen peynirlerden PAS elde edilmiştir. Peynir üretiminde 65 °C'de 30 dk. süreyle pastörize edilen süt kullanılmış ve PAS bileşimini orijinal şekliyle muhafaza edebilmek için, starter kültür veya CaCl₂ eklenmesi gibi uygulamalardan kaçınılmıştır. Ekzopolisakkarit üretiminde, Tunçtürk (2009)'ün önerdiği yöntemden yararlanılmıştır. Bunun için inoküle edilen örneklerden birinci grup 42 °C'de, ikinci grup 32 °C'de 16 sa süreyle inkübe edilmiş, üçüncü grup ise 2 sa 42 °C'de bekletildikten sonra 14 sa süreyle 32 °C'de inkübe edilmiştir. Ekzopolisakkaritlerin konsantr edilmesi ve dondurma üretiminde kullanılabilir hale getirilmesi için diyaliz tüpü kullanılmış ve buzdolabı koşullarında soğuk fön uygulamasıyla su kaybı sağlanarak konsantrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. EPS'lerin saflaştırılmasında Amatayakul ve ark (2006)'nın verdikleri metottan yararlanılmıştır. EPS miktarlarının belirlenmesinde ise Dubois ve ark (1956)'nın bildirdikleri yöntem kullanılmıştır.

2.2. Deneme planı ve dondurmaların genel bileşimi

Ön denemelerle yüksek düzeyde EPS ürettiği saptanan ve birisi ticari liyofilize kültür (EPS1),

diğeri ticari yoğurttan elde edilen kültür (EPS2) PAS'na ilave edilmiştir. PAS ortamında üretilen EPS kullanılarak standart dondurma üretim yöntemi ile dondurma örneklerinin üretimi gerçekleştirilmiştir. Dondurma numuneleri özellikle duyuşal olarak test edildikten sonra, asıl deneme, uygun görülen kombinasyonlarla oluşturulmuştur. İki farklı kültüre ait 2 EPS (EPS1 ve EPS2), 2 farklı ticari stabilizatör (karboksimetil selüloz-CMC ve ksantan gam-Xs), 2 farklı EPS x 2 farklı stabilizatör (% 50 oranlarında) olmak üzere, 8 adet farklı dondurma ve 3 farklı depolama süresi (1., 15. ve 30. günler) kullanılarak deneme gerçekleştirilmiş ve öngörülen analizler iki paralelli olarak yapılmıştır. Elde edilen EPS'lerin öngörülen kullanım düzeylerinde fonksiyonel açıdan tek başlarına yeterli olup olmadıkları, farklı ikame oranlarında kullanımları ve elde edilen dondurmaların etkileri araştırılmıştır. Deneme 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Dondurma formülasyonlarının oluşturulmasında taze krema (% 42 yağlı), süt (% 3.5 yağlı, % 8.82 yağsız kurumaddeli), süt tozu (% 97 kurumaddeli), şeker, emülsifiyer (monogliserit + digliserit), stabilizatör (CMC, Ksantan gam, EPS çözültisi) ve yumurta sarısı kullanılmıştır. Hesaplamalarda süt ve kremanın serum fazında % 9 oranında yağsız süt kurumaddesi bulunduğu ön kabulüne dayanan "Serum Point" hesaplama yöntemi kullanılmıştır. EPS ilave edilen örneklere ait formülasyon hesaplanırken, öncelikle gerekli miktardaki EPS'yi karşılayacak EPS çözültisi miktarı hesaplanmış, daha sonra diğer bileşenler hesaplamaya dahil edilmiştir (Anonim, 2009a). Çizelge 1'de dondurmaların üretiminde kullanılması öngörülen genel bileşim parametreleri verilmiştir. Formülasyonda aynı bileşenler kullanılmış, sadece stabilizatör farklılığının dondurmanın çeşitli özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

Miks hesaplamasıyla elde edilen bileşen oranları, her biri 2 l miks oluşturacak şekilde ölçülendirilmiş ve bir mikserle karıştırılarak sıvı ve katı bileşenler bir araya getirilmiştir. Elde edilen ham miks 85 °C'de 10 dk süreyle pastörize edilmiştir. Sonrasında 4°C'ye soğutulan mikserler 4 sa süreyle dinlendirmeye bırakılmıştır. Dondurmalar kazan tipi/sıyırıcılı bir dondurma makinası (Simac-Gelataio, İtalya) kullanılarak yumuşak dondurma formuna dönüştürülmüş ve sertleştirme işlemi 50 g'lık ambalajlara aktarıldıktan sonra derin dondurucu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Dondurmalar analize alınıncaya kadar, plastik kaplarda ağızları kapalı bir şekilde ve -18±1 °C'de muhafaza edilmiştir.

Çizelge 1. Deneme dondurmalarının üretiminde öngörülen genel bileşim

Bileşenin adı	Oranı (%)
Yağsız süt kuru maddesi	12
Süt yağı	8
Sakkaroz	18
Stabilizatör (ticari stabilizatör +EPS toplamı)	0.3
Emülgatör (monogliserit + digliserit)	0.2
Yumurta sarısı	0.5

2.3. EPS çözültileri ve dondurma örneklerinde kimyasal ve fiziksel analizler

EPS çözültilerinin ve dondurma mikserlerinin viskozitesinin belirlenmesinde, Brookfield Viskozimetresi (Model DV-III) ve sıcaklığı programlanabilir su banyosu (Brookfield Engineering Laboratories, Inc., MA, ABD) kullanılmıştır. Ölçümler 5 °C'de, 50 rpm değerinde 5 s'de bir olmak üzere toplam 12 kayıt alınarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümde "small sample adaptör" sistemi kullanılmıştır. Mikserlerin dondurucuda geçirdiği sürenin belirlenmesi, miks bileşimlerinin dondurma oluşum sürecine etkisini belirlemek için ölçülmüş ve bu amaçla mikserlerin yumuşak dondurma kıvamına gelinceye kadar dondurucuda geçirmesi gereken süre saniye olarak belirlenmiş ve kaydedilmiştir. Süre belirlemede sıyırıcı/karıştırıcı durdurulduğunda, taze dondurmanın dondurucu haznesinde gözle görülür bir akış göstermemesi esas alınmıştır.

Dondurma örneklerinde kuru madde ve protein tayini AOAC (1995)'e göre, yağ oranı Metin ve Öztürk (2002)'e göre saptanmıştır. Kül oranı, titrasyon asitliği, pH değeri Kurt ve ark. (2003) tarafından bildirilen yöntemle tespit edilmiştir. Erime süresi eşit miktarlarda alınan dondurma örneklerinin iri gözenekli elek üzerine yerleştirilmesi sonucu dondurmadan ilk damlanın düşme süresine dayalı olarak Abd El-Rahman ve ark. (1997) ve Prindiville ve ark. (1999) tarafından verilen metotlar modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Hacim artışı, dondurma miksinin dinamik donma

esnasında içerisinde hava kabarcıklarının hapsolmesi sonucunda dondurmaya hacim artışı olarak yansıma düzeyini belirlemek amacıyla Anonim (2009b)'e göre ölçüm ve formül (Hacim artışı (%)) = $(A-B)/B \times 100$ üzerinden hesaplama yapılmasıyla saptanmıştır. Burada A elde edilen dondurmanın hacmini, B ise kullanılan miksin hacmini ifade etmektedir. Serum stabilitesi 4 °C sıcaklıkta 15 g dondurma örneğinin 3000 x g değerinde 20 dk süreyle santrifüjlenmesi sonucunda ayrılan serum miktarının toplam miktara oranlanmasına dayalı olarak Tunçtürk ve ark. (2000)'a göre belirlenmiştir.

2.4. İstatistiksel analiz

Deneme 8 adet farklı dondurma ve 3 farklı (0., 15. ve 30. günler) analiz dönemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneme iki kez tekrarlanmış ve aynı döneme ait, aynı tip analizler aynı gün içerisinde tamamlanmıştır. Dondurma örneklerin analizlerinden elde edilen değerlere, parametrelere dayalı olarak varyans analizi uygulanmıştır. Önemli çıkan farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testine tabi tutularak (SPSS 16), EPS'lerin dondurma üretiminde stabilizatör olarak kullanılması, dondurmalarda arzu edilen fiziksel özelliklere ve yapısal değişikliklere etkileri ve depolama süresinin meydana getirdiği farklılıklar ortaya konulmuştur (SPSS, 2007).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Ön denemede kullanılan kültürlerin EPS üretim kapasiteleri ve üretilen EPS'lerin viskozitesi

Çalışmamızda, 32 °C'de inkübe edilen örneklerde EPS üretimi 101.0 mg/l (EPS6) ile 271.3 mg/l (EPS2) arasında değişmiştir. Aynı değerlerin 42 °C'de inkübe edilen örneklerdeki değişimi 106.2 mg/l (EPS3) ile 251.5 mg/l (EPS2) olarak saptanmıştır. Önce 2 sa 42 °C'de bekletilen ve daha sonra 42/32 °C'de 14 sa inkübe edilen bütün örnekler ise diğer iki gruptan daha yüksek EPS üretim değerleri sergilemişlerdir. Bu uygulamada EPS üretim miktarlarının 144.5 mg/l (EPS6) ile 371.5 mg/l (EPS2) arasında değiştiği saptanmıştır. En yüksek EPS üretiminin, 42 °C'de 2 sa bekletildikten sonra 32 °C'ye alınıp toplam 16 sa inkübe edilen örneklerde gerçekleştiği tespit edilmiştir (Çizelge 2). Burada dikkat çeken bir diğer durum ise EPS2 ve EPS1 örneklerinin bütün inkübasyon derecelerinde en yüksek değerlere sahip olmalarıdır. Faber ve ark. (1998), *S. thermophilus*'un ropy olmayan Rs suşunun 135 mg/l konsantrasyonda ve 2.6×10^3 kDa molekül ağırlığına sahip EPS ürettiğini, Sts suşunun daha az oranda (127 mg/l) fakat daha yüksek molekül ağırlığına sahip (3.7×10^3 kDa) EPS ürettiğini gözlemlemişlerdir. Aynı çalışmada elde edilen EPS'lerin kimyasal kompozisyonları birbirine çok yakın olmasına rağmen, *S. thermophilus* Sts suşunun ürettiği molekül ağırlığı yüksek olan EPS'nin daha yüksek viskozite gösterdiği tespit edilmiştir. Boke ve ark. (2010) 16 mg/l ile 211 mg/l arasında, Tunçtürk (2009) 676 mg/l, Cerning (1995) 80 mg/l ile 600 mg/l arasında, Degeest ve De Vuyst (1999) 2.3 g/l, Bergmaier ve ark. (2003) 2.2 g/l olarak EPS üretim değerleri bulmuşlardır. Çalışmamızda bulunan değerler Cerning (1995)'in bulunduğu değerlerin arasında yer alırken, Boke ve ark. (2010)'nın bulunduğu değerler hariç diğer araştırmacıların vermiş oldukları değerlerden daha düşük çıkmıştır. Bu durumun bu çalışmada kullanılan LAB'nin EPS üretim kapasitelerinin, inkübasyon koşullarının ve besi ortamının farklı olmasından kaynaklandığını söylemek mümkündür.

Bu çalışmada, 5 °C'de yapılan ölçümlere bağlı olarak en yüksek viskozite değerlerinin 42/32 °C'de kademeli inkübasyon uygulanarak üretilen EPS1 örneğinde (54.5 cP) ve aynı uygulamayla üretilen EPS2 örneğinde (38.9 cP) olduğu saptanmıştır. Bu iki örnek diğer inkübasyon uygulamalarında da biraz düşük de olsa en yüksek viskozite değerleri göstermiştir (Çizelge 2). Bu inkübasyon uygulamasında diğer örneklerin viskozite değerleri 23.5 cP ile 32.9 cP arasında değişmiştir. Diğer uygulamalardan 32 °C'ye ait viskozite değerleri 21.2 cP ile 48 cP arasında, 42 °C'ye ait değerler ise 21.1 cP ile 41.5 cP arasında değerler almıştır. Yang ve ark. (1999), beş ayrı *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* suşunu Fin fermente süt ürünü Viili'den izole etmişlerdir. Sulu solüsyonlarda (EPS düzeyi 0.1 g/dL'in üstü) EPS'lerin viskozite bakımından farklılık gösterdiği saptanmıştır. Tuinier ve ark. (2001), molekül yapısı üzerindeki yan dallanmaların stabilite üzerinde önemli derecede etkili olduğunu ve *L. lactis*'in B891 ve B39 suşlarının sentezlediği EPS'lerde molekülün üzerindeki galaktozil yan grubunun zincir stabilitesini azalttığını ve dolayısıyla polimerin koyulaştırıcı etkisini azaltma eğiliminde olduğunu belirtirken, B39 suşunun sentezlediği EPS

molekülüne bağlı asetil grubunun zincir stabilitesini etkilemediğini bildirmektedirler. Aynı çalışmada, EPS'lerin mevcut elektriksel yükünün de (örneğin EPS üzerindeki fosfat grubunun sahip olduğu negatif yük) iyonik kuvveti desteklediği ve bunun polimerin moleküller arası etkileşimini artırarak hidrodinamik hareketliliği ve viskoziteyi artırdığı bildirilmiştir. Yine EPS üretim kabiliyetine sahip *S. thermophilus* Rs ve Sts suşlarının kullanıldığı bir başka çalışmada, üretilen yoğurtlarda oluşturulan her iki EPS miktarının ve yapısındaki tekrar eden birimlerinin aynı olmasına rağmen, molekül ağırlıklarının farklı olması dolayısıyla viskozitelerinde farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (Ruas-Madiedo ve ark., 2002). Çalışmamızda elde edilen EPS'lerin karakterizasyonu yapılmamış olmasına karşın, EPS çözeltilerine ait viskozite değerlerinin hem içerdikleri EPS konsantrasyonuna hem de molekül yapılarının farklı olmasına bağlı olarak değiştiği söylenebilir. Nitekim, EPS2 örneğine ait EPS konsantrasyonları bütün uygulamalarda EPS1 örneğinden daha yüksek iken, bunun tersine EPS1 örneğinin viskozite değerleri bütün inkübasyon uygulamalarında daha yüksek çıkmıştır. Yoğurtta yapılan bir çalışmada, arzu edilen reolojik özellikler üzerinde üretilen polisakkarit miktarının yanı sıra, süt proteinleri ve bakteri hücreleri ile polimer arasında gerçekleşen farklı interaksiyonlardan dolayı EPS tipinin de etkili olduğu sonucuna varılmış olması (Marshall ve Rawson, 1999), viskozite üzerine konsantrasyonun dışında EPS'nin fizikokimyasal özelliklerinin de etkili olduğu görüşünü desteklemektedir.

Çizelge 2. Ön denemede kullanılan yoğurt kültürleri tarafından üretilen ham EPS'lerin konsantrasyonu ve viskozite değerleri

	EPS konsantrasyonu (mg/l)			EPS'lerin viskozitesi (cP)		
	32 °C	42 °C	42/32 °C	32 °C	42 °C	42/32 °C
EPS1	271.2±48.1	242.0±36.7	340.5±48.2	48.0±5.6	41.5±3.5	54.5±3.5
EPS2	271.3±29.7	251.5±47.4	371.5±21.9	34.5±4.9	32.5±4.9	38.9±2.7
EPS3	138.5±33.2	106.2±11.3	148.5±51.6	23.5±2.1	23.5±0.7	27.0±1.4
EPS4	120.6±16.9	116.4± 4.3	153.0±12.7	24.0±2.8	22.0±2.8	26.5±3.5
EPS5	151.3±12.8	159.0 ±34.6	172.5±13.4	26.5±2.1	25.0±4.2	28.5±0.7
EPS6	101.0±18.3	107.5± 6.7	144.5±16.7	21.2±1.4	21.1±2.8	23.5±1.4
EPS7	205.3±12.8	188.5±20.5	213.0±35.4	30.3±1.5	30.0±2.8	32.9±9.2

3.2. Dondurma Üretiminde Kullanılan EPS Çözeltilerine Ait Özellikler

Çalışmamızda, dondurma üretiminde kullanılmasına karar verilen ve bu amaçla üretilen EPS'ler içerisinde EPS1 örneğinin (373.0 mg/l), EPS2 örneğinden daha yüksek konsantrasyona (328.0 mg/l) sahip olduğu saptanmıştır (Çizelge 3). Ham EPS çözeltilerinin konsantrasyonlarında görülen bu farklılık istatistiksel olarak önemli ($p>0.05$) değildir. Bu çalışmada, ham EPS1 örneği 5 °C'de yapılan ölçümde 53.5 cP ile en yüksek viskozite değerine sahip olurken, EPS2 örneği aynı sıcaklık derecesinde 35.5 cP viskozite değeri sergilemiştir. Ham EPS değerleri arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Degeest ve De Vuyst (2000), yüksek molekül ağırlığındaki EPS'lerin çok düşük konsantrasyonlarda bile yüksek konsistens değeri sergilediklerini bildirmişlerdir. Dondurma üretiminde kullanılan ham EPS değerlerinin birbirine yakın konsantrasyonlarda çıkmasına rağmen, viskozite değerleri arasındaki bu önemli farklılığın yukarıda belirtilen olgudan kaynaklandığı söylenebilir.

Koyulaştırma işlemi sonrasında EPS1 çözeltilisinin konsantrasyonu 14697.5 mg/l olarak tespit edilirken, EPS2 örneğinin konsantrasyonu 14310.0 mg/l olarak saptanmıştır (Çizelge 3). Bu farklılığın istatistiksel açıdan önemli olmadığı ($p>0.05$) belirlenmiştir. Yang ve ark. (1999), yüksek konsantrasyonda (% 1, ağ/hac), EPS solüsyonunun bir inceltme ajanı davranışı gösterdiğini ve bulunduğu ürünün viskozitesini, ürünün sıcaklık, pH ve mineral içeriğine bağlı olarak değiştirdiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada, koyulaştırma işleminden sonra 5 °C'de yapılan ölçümlerde EPS1 örneğinin EPS2 örneğinden istatistiksel olarak önemli olmamakla ($p>0.05$) birlikte biraz daha yüksek viskozite değerleri gösterdiği (sırasıyla 696.6 cP ve 644.6 cP) tespit edilmiştir. EPS'lerin kimyasal bileşimleri birbirine çok yakın olmasına, yani polimerde yer alan ve tekrar eden monomerlerin benzer olmasına rağmen, molekül ağırlığı yüksek olan EPS'nin daha yüksek viskozite gösterdiği, daha kompleks ortamlarda serum proteinleri, koloidal partiküller ve kazein misellerinin EPS tarafından bir arada tutulmasının da viskoziteye etki eden önemli hususlar olduğu bildirilmiştir (Tuinier ve ark., 2001). Bu çalışmada da konsantrasyon işlemi sonrasında EPS konsantrasyonlarının birbirine oldukça

yakın çıkmasına rağmen viskozite değerlerinde daha yüksek oranda bir farklılığın ortaya çıkmış olması, EPS'ler arasındaki yapısal farklılığa bağlanmıştır.

Çizelge 3. Dondurma üretiminde kullanılan ham ve kısmen konsantre edilmiş EPS'lerin özellikleri

EPS	Konsantrasyon işlemi öncesi		Konsantrasyon işlemi sonrası	
	EPS konsantrasyonu (mg/l)	EPS viskozitesi(5°C) _(cP)	EPS konsantrasyonu (mg/l)	EPS viskozitesi (5°C) _(cP)
EPS1	373.0±15.5 ^a	53.5±4.9 ^a	14697.5±745.9 ^a	696.6±61.1 ^a
EPS2	328.0±22.6 ^a	35.5±2.1 ^b	14310.0±834.3 ^a	644.4±35.6 ^a

^{a,b} Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar p<0.05 düzeyinde birbirinden farklıdır.

3.3. Dondurma miksinin bazı özellikleri

3.3.1. Dondurma mikslerinin viskozitesi (cP)

Dondurma miksi örneklerinde en yüksek ortalama viskozite değeri 1765.83 cP değeriyle XsEPS1 örneğinde tespit edilirken, en düşük ortalama değer ise 254.17 cP ile EPS2 örneğinde saptanmıştır (Çizelge 4). Çalışmamızda, örnekler arasında görülen bu istatistiksel farklılığın, dondurma miksi üretiminde kullanılan EPS ve ticari hidrokolloitlerin su bağlama değerlerinin farklı olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Nitekim aynı konsantrasyonda stabilizatör/hidrokolloit kullanılarak hazırlanmış dondurma mikslerinin viskozite değerlerinin birbirinden farklı olması da bu görüşü desteklemektedir. Dondurma mikslerinde Akın ve Akın- Güler (2008) 5200 cP ile 10700 cP, Yeşilsu (2006) 2140 cP ile 4290 cP, Durak (2006) 134.87 cP ile 598.40 cP, Aliyev (2006) 268.00 cP ile 598.60 cP, Muse ve Hartel (2004) 621 cP ile 935 cP arasında viskozite değerleri bulmuşlardır. Bulduğumuz mikslerin viskozite değerleri Akın ve Akın-Güler (2008) ve Yeşilsu (2006) tarafından saptanan değerlerden düşüktür. Bu araştırmacıların dondurma mikslerinde bulunduğu değerlerin yüksek çıkması ise dondurma üretiminde kullandıkları stabilizatörlerin miktarlarının yüksek olmasıyla açıklanabilir. Dondurma mikslerinde tespit ettiğimiz değerlerin Durak (2006), Aliyev (2006) ve Muse ve Hartel (2004) tarafından tespit edilen değerlerle kısmen uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Dondurma mikslerinin viskozite değerlerine topluca bakıldığında, bütün örneklerde kullanılan toplam hidrokolloit oranları (ticari stabilizatör + EPS) % 0.3 olmasına rağmen, kombinasyonların tek başına kullanımlardan daha yüksek viskozite değerleri gösterdikleri görülmektedir. Örneğin ksantan gum'un tek başına kullanıldığı mikste 775.8 cP değeri, EPS1'in tek başına kullanıldığı mikste de 432.5 cP değeri bulunurken, bu iki hidrokolloidin yarı miktarlarının bir araya getirilmesiyle oluşturulan XsEPS1 miksinde bu değer 1765.8 cP gibi oldukça yüksek bir değere çıkmıştır. Bu interaksiyon etkisi farklı düzeylerde olmakla birlikte diğer kombinasyon mikslerinde de gözlenmektedir. Bu durum, EPS1 örneğinde daha fazla olmak üzere, her iki EPS örneğinin de kullanılan ticari ksantan gum ve karboksimetil selüloz ile su bağlama ve viskoziteyi artırma bakımından güçlü bir etkileşim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu etkileşimde EPS'lerin mevcut elektriksel yükünün ticari stabilizatörlerin iyonik kuvveti ile desteklenmesinin ve bunun polimerin moleküller arası etkileşimini artırarak hidrodinamik hareketliliği ve viskoziteyi artırmasının etkili olması söz konusudur (Tuinier ve ark., 2001).

3.3.2. Mikslerin dondurucuda geçirdiği süre (s)

Dondurma mikslerinin yumuşak dondurma formuna dönüşüncüye kadar dondurucuda geçirdiği süre örnekler arasında farklılıklar göstermiştir. Bu süre 805 s ile 1070 s aralığında değişim göstermiştir (Çizelge 4). En uzun süre 1070 s ile EPS2 örneğinde saptanırken, bunu XsEPS2 örneği 1009 s ile takip etmiştir. En düşük değerlerin 805 s ile CMC ve XsEPS1 örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. Örnekler arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak önemli görülmüştür. Görülen farklılığın kullanılan stabilizatörlerin kimyasal yapılarının farklılığından ileri geldiği söylenebilir. Bazı istisnaları olmakla birlikte, genel olarak viskozitesi daha yüksek olan mikslerin, dondurucuda daha kısa bir süre içerisinde yumuşak dondurma formuna dönüştüğü tespit edilmiştir. Keçeli ve ark. (1997), keçi sütünden yapılan dondurmalarda salep ve bazı alternatif stabilizatörlerin dondurma miksinin özelliklerini de değiştirdiğini bildirmişlerdir.

Çizelge 4. Dondurma mikslarına ait bazı özellikler

Dondurma örneği	Dondurma miksi	
	Viskozite (cP)	Dondurucuda geçirdiği süre(s)
Xs	775.8±109.5 ^c	840.0±28.2 ^c
CMC	997.5±261.8 ^b	805.0±35.3 ^c
EPS1	432.5±169.4 ^d	845.0±21.2 ^c
EPS2	254.1± 46.1 ^e	1070.0±56.5 ^a
XsEPS1	1765.8±333.7 ^a	805.0±35.6 ^c
XsEPS2	770.0±101.3 ^c	1009.0±15.5 ^{ab}
CMCEPS1	1735.8±476.7 ^a	818.0±31.1 ^c
CMCEPS2	1047.5±329.5 ^b	930.0±42.4 ^{bc}

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

a,b,c,d,e

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar $p < 0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

3.4. Dondurmaların Kimyasal Özellikleri

Çalışmada, dondurma örneklerinin ortalama kurumadde değerleri % 39.84 (CMC) ile % 40.91 (XsEPS2) arasında değişmiştir (Çizelge 5). Türk Gıda Kodeksi-Dondurma Tebliğine göre kurumadde oranı en az % 36 olmalıdır (Anonim, 2005). Bu çalışmada, bütün dondurma örneklerinin kurumadde oranları dondurma tebliğine uygun bulunmuştur. Dondurma örnekleri arasında kurumadde içeriği bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p > 0.05$). Dondurmanın kurumadde oranı Çelik ve ark. (2010) tarafından % 33.14 ile % 33.88, Akın ve Akın-Güler (2008) tarafından % 30.04 ile % 34.66, Çeliker (2008) tarafından % 32.73 ile % 36.85 arasında belirlenmiştir. Yine bu değer için Akalın ve ark. (2008) % 36.90 ile % 40.20, Ruger ve ark. (2002) % 37.90 ile % 38.20, Guinard ve ark. (1996) % 32.49 ile % 53.16 arasında değişen kurumadde değerleri bulmuşlardır. Çalışmamızda elde ettiğimiz değerlerin, Guinard ve ark. (1996)'nın bulduğu değerlerden kısmen düşük olmasının, söz konusu araştırmacıların dondurma yapımında kurumaddeyi arttıran mısır şurubunu yüksek oranda kullanmalarından ileri geldiği düşünülmektedir. Bu çalışmadaki kurumadde sonuçları diğer araştırmacıların bulgularından daha yüksek fakat standartlara uygun bulunmuştur.

Dondurma örneklerinin ortalama yağ içeriklerinde en düşük değer % 7.50 ile Xs, EPS1 ve XsEPS2 örneklerinde, en yüksek değer ise % 7.83 ile EPS2 örneğinde saptanmıştır (Çizelge 5). Çalışmada dondurma formülasyonunda yağ oranının % 8 olması öngörülmüştü. Bu değere oldukça yaklaşılmış olmasına rağmen, tümünde aynı değer bulunmamış olması, yağ oranı ayarlamada kullanılan kremanın kısmen kristallenmesi sonucunda, her tarafının aynı yağ oranına sahip olmamasından kaynaklandığını söylemek mümkündür. Buna rağmen çalışmamızda, stabilizatör dışındaki dondurma bileşenlerinin oranlarının mümkün olduğunca aynı olması için yapılan hesaplama ve bunların uygulamaları olumlu sonuç verdiğinden, yağ içerikleri bakımından bazı farklılıklar olmasına karşın örneklerde istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılık saptanmamıştır ($p > 0.05$). Dondurmalarda yağ oranını Çeliker (2008) % 5.05 ile % 6.25, Akalın ve ark. (2008) % 3.2 ile % 9.9, Ruger ve ark. (2002) % 11.09 ile % 11.21, Guinard ve ark. (1996) % 8.73 ile % 19.30 arasında bulmuşlardır. Elde ettiğimiz değerler, Akalın ve ark. (2008), tarafından tespit edilen değerler ile kısmen paralellik göstermiştir. Çeliker (2008) tarafından saptanan değerlerden yüksek, Ruger ve ark. (2002), Guinard ve ark. (1996)'nın bulduğu değerlerden düşük çıkmıştır. Yağ miktarında görülen bu değişim, araştırmacıların formülde kullandıkları yağ kaynaklarının (yağlı süt, krema, tereyağı vb.) farklı oranda yağ içermesinden ve bunların farklı oranlarda kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Sade ve çikolatalı dondurmaların bünyesinde bulunan proteinli maddeler, süttten ve kullanılan diğer bileşenlerden ileri gelmektedir. Bununla birlikte meyveli dondurmalarındaki proteinler ise bunlara ilaveten meyveden gelmektedir (Yeşilsu, 2006). Bu çalışmada ise kuruyemiş gibi farklı protein kaynakları kullanılmadığından, proteinin tümü süt kaynaklıdır. Bu çalışmada, dondurma örneklerinin ortalama protein değerlerinin % 4.05 ile % 4.17 arasında yer aldığı belirlenmiş ve istatistiksel olarak bir farklılığın oluşmadığı ($p > 0.05$) saptanmıştır (Çizelge 5). Diğer çalışmalarda dondurmanın protein miktarı Çeliker (2008) tarafından % 3.07 ile % 4.40 arasında, Yeşilsu (2006) tarafından % 3.35 ile % 4.01 arasında, Badem (2006) tarafından % 3.53 ile % 4.33 arasında belirlenirken, Akalın ve ark.

(2008) % 3.7 ile % 8.0 arasında, Aim ve ark. (2001) tarafından % 3.38 ile % 3.81 arasında bulunmuştur. Tespit ettiğimiz sonuçlar, Akalın ve ark. (2008)'nin bulduğu değerlerden üst limit olarak düşüktür. Protein değerlerine ait sonuçlarımız diğer çalışmalardan elde edilen sonuçlarla kısmen benzerlik göstermektedir.

Dondurma örneklerinin kül değerleri üzerine örnek farklılığının önemli derecede etkide bulunduğu ($p<0.05$) görülmüştür (Çizelge 5). En yüksek kül oranlarına % 0.99'luk değerlerle EPS1 ve EPS2 örneklerinde rastlanırken, en düşük kül oranlarına ise % 0.91'lik değerlerle Xs ve CMC örneklerinde rastlanmıştır. Dondurma üretiminde kullanılan EPS1 ve EPS2 çözeltilerinin kül oranlarının yüksek olmasının, bunların elde edildiği peynir altı suyunun bileşiminde bulunan ve kül oranına doğrudan etki eden mineral madde oranının yüksek olmasından kaynaklandığını söylemek mümkündür. Dondurma üretiminde kullanılan EPS çözeltileri tamamen saflaştırılmadığından, bunların içeriğinde bir miktar mineral madde kalmış ve üretiminde kullanıldıkları dondurmaların bileşimlerine yansımıştır. Böylece EPS içeren dondurmaların kül içerikleri, katıldıkları orana bağlı olarak diğer dondurmalarından daha yüksek çıkmıştır. Dondurmada kül miktarını Hatipoğlu (2007) % 0.68 ile % 0.79, Yeşilsu (2006) % 0.76 ile % 1.02, Durak (2006) % 0.59 ile % 0.92, Aliyev (2006) % 0.58 ile % 0.91 arasında bulmuşlardır. Tespit ettiğimiz kül oranları yukarıda bahsedilen çalışmaların alt değerlerinden yüksektir. Bu çalışmada bulunan kül değerlerinin diğer çalışmalarda bulunan değerlerden nispeten yüksek olması, dondurma üretiminde kullandığımız, tamamen saflaştırılmamış EPS'lerden ve diğer bileşenlerin özelliklerinden kaynaklanmıştır.

Bu çalışmada dondurma örneklerinin ortalama asitlik (laktik asit) değerlerinin % 0.21 ile % 0.23 arasında yer aldığı tespit edilmiştir (Çizelge 5). Laktik asit değerlerinin stabilizatör farklılıklarından önemli derecede etkilenmediği ($p>0.05$) görülmüştür. Laktik asit değerlerinin farklılık göstermemesinin sebebinin; dondurmaların aynı şartlarda üretilip muhafaza edilmesi ve üretimde kullanılan EPS çözeltilerinin doğal süt pH değerine (6.6) ayarlanmasından kaynaklandığı söylenebilir. Dondurmalarda Hatipoğlu (2007) % 0.31 ile % 0.45, Yeşilsu (2006) % 0.22 ile % 0.43, Şahan ve Kaçar (2004) % ile % 0.26 arasında değişen asitlik değerleri bulmuşlardır. Aim ve ark. (2001) bu değeri % 0.19 ile % 0.79 olarak belirlemişlerdir. Elde ettiğimiz laktik asit değerleri, diğer araştırmacıların tespit ettiği değerlerden genel olarak düşük çıkmıştır. Bu durum çalışmamızda, ısıl işlemden miksin dondurulmasına kadar geçen süre içerisinde miksin içerisinde kalmış olabilecek sıcaklığa dirençli bakterilerin faaliyetlerinin iyi kontrol altında tutulmasıyla açıklanabilir.

Çizelge 5. Dondurma örneklerine ait kimyasal özellikler

Dondurma örneği	Kurumadde	Yağ	Protein	Kül	Asitlik	pH
Xs	39.99±0.29 ^a	7.50±0.55 ^a	4.10±0.13 ^a	0.91±0.02 ^b	0.22±0.01 ^a	6.50±0.09 ^a
CMC	39.84±0.40 ^a	7.60±0.50 ^a	4.05±0.18 ^a	0.91±0.01 ^b	0.21±0.01 ^a	6.60±0.08 ^a
EPS1	40.83±0.35 ^a	7.50±0.55 ^a	4.13±0.16 ^a	0.99±0.06 ^a	0.23±0.01 ^a	6.54±0.05 ^a
EPS2	40.33±0.67 ^a	7.83±0.75 ^a	4.12±0.10 ^a	0.99±0.06 ^a	0.21±0.01 ^a	6.61±0.05 ^a
XsEPS1	40.10±0.34 ^a	7.58±0.50 ^a	4.17±0.17 ^a	0.98±0.03 ^a	0.22±0.01 ^a	6.60±0.06 ^a
XsEPS2	40.91±0.71 ^a	7.50±0.55 ^a	4.13±0.14 ^a	0.96±0.01 ^{ab}	0.21±0.01 ^a	6.61±0.04 ^a
CMCEPS1	40.20±0.30 ^a	7.67±0.50 ^a	4.17±0.10 ^a	0.97±0.02 ^{ab}	0.23±0.01 ^a	6.62±0.04 ^a
CMCEPS2	40.32±0.71 ^a	7.58±0.50 ^a	4.13±0.14 ^a	0.96±0.03 ^{ab}	0.21±0.01 ^a	6.63±0.05 ^a

Xs: % 0.3 Ksantan gum; CMC: % 0.3 Karboksümetil selüloz; EPS1: % 0.3 EPS1 çözeltisi; EPS2: % 0.3 EPS2 çözeltisi;

XsEPS1: % 0.15 Ksantan gum + % 0.15 EPS1 çözeltisi; XsEPS2: % 0.15 Ksantan gum + % 0.15 EPS2 çözeltisi; CMCEPS1: % 0.15 Karboksümetil selüloz + % 0.15 EPS1 çözeltisi; CMCEPS2: % 0.15 Karboksümetil selüloz + % 0.15 EPS2 çözeltisi

^{a,b}

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

Deneme dondurma örneklerinin ortalama pH değerlerinin 6.50 ile 6.63 arasında değiştiği saptanmıştır (Çizelge 5). Ortalama pH değeri en yüksek 6.63 ile CMCEPS2 örneğinde görülürken, en düşük değere sahip örnek ise 6.50 ile Xs olmuştur. Genel olarak dondurma örneklerinin pH değerleri üzerine örnek farklılığının önemli derecede etkisi olmadığı saptanmıştır. Ksantan gamla üretilen dondurmanın pH değerinin, önemli derecede olmasa da, diğer örneklerden biraz düşük çıkmasında karboksil gruplarını fazlaca içermesinin etkisi olduğu düşünülmektedir. Örnekler arasındaki bu farklılığın, miks formülasyonuna giren bileşenlerin özelliklerinden, EPS çözeltilerinde yapılan pH ayarlamasından ve miks ortamının tamponlama yapma kapasitesinden kaynaklandığı söylenebilir.

Çelik ve ark. (2010) 6.61 ile 6.65, Akın ve Akın-Güler (2008), 4.85 ile 5.28, Akesowan (2009) 6.15 ile 6.34, Ruger ve ark. (2002) 6.40 ile 6.51 arasında değişen pH değerleri bulmuşlardır. Saptadığımız pH değerleri, Akın ve Akın-Güler (2008) ve Akesowan (2009), tarafından bulunan değerlerden yüksektir. Bizim çalışmamızla diğer çalışmalar arasında ortaya çıkan farklılıklar ise tamamen formülasyonda kullanılan bileşenlerden kaynaklanmaktadır. Elde ettiğimiz pH değerleri, Çelik ve ark. (2010), Ruger ve ark. (2002) tarafından bulunan değerlere kısmen benzerlik göstermektedir.

3.5. Dondurmaların Fiziksel Özellikleri

Dondurma örneklerinin ortalama erime süreleri bakımından en yüksek değer 728 s ile XsEPS1 örneğinde, en düşük değer ise 383 s ile CMC örneğinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 6). Dondurmaların erime süreleri arasında istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar oluşmuştur ($p<0.01$). Genel olarak, EPS1 örneğinin tek olarak kullanıldığı dondurma ve bu örneğin Xs ve CMC kombinasyonları ile üretilen dondurmaların daha uzun erime sürelerine sahip oldukları görülmektedir. Dondurmaların erime süreleri Akın ve Akın-Güler (2008) tarafından 1011 s ile 1478 s, Yaşar ve Şahan (2008) tarafından 2331 s ile 3051 s, Durak (2006) tarafından 570 s ile 1899 s, Aliyev (2006) tarafından 1249 s ile 2025 s, Şahan ve Kaçar (2004) tarafından 2279 s ile 2746 s arasında değişen değerler olarak belirlenmiştir. Muse ve Hartel (2004) ise dondurmada erime süresiyle ilgili olarak 12 s ile 216 s arasında değişen değerler bulmuşlardır. Bu durumun, araştırmacıların dondurma üretiminde kullandıkları stabilizatör ve diğer bileşenlerin farklı olmasından, ayrıca analiz yöntemlerinin bu çalışmadakinden farklı olmasından (örnek miktarı, sıcaklık vb.) kaynaklandığı söylenebilir. Ancak bu çalışmada bütün dondurmaların kurumadde oranları birbirine yakın olduğundan, farklılığın daha çok dondurmaların fizikokimyasal farklılıklarından ileri geldiği varsayılmaktadır. Dondurmanın erime süresine miksin viskozitesinin, hacim artışının ve buz kristallerinin büyüklüğünün etki ettiği bildirilmiştir (Chen ve ark., 2019).

Deneme dondurma örneklerinin hacim artışında ortalama değerlerin en düşük % 16.19 ile EPS1 örneğinde, en yüksek % 31.46 ile EPS2 örneğinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 6). Xs, CMC ve EPS2 hidrokolloitlerinin tek başlarına kullanıldığı dondurmalar, diğer örneklerden önemli derecede yüksek ($p<0.05$) hacim artışı değerleri göstermiştir. Miks içeriğinde yer alan maddelerin (stabilizatör hariç) bileşimi, dondurma makinasının özelliği, üretim tekniği vb. faktörler aynı olduğundan farklılığın dondurma üretiminde kullanılan farklı stabilizatörlerden kaynaklandığı söylenebilir.

Çizelge 6. Dondurma örneklerine ait fiziksel özellikler

Dondurma örneği	Erime süresi	Hacim artışı	Serum stabilitesi
Xs	392.00± 89.45 ^c	30.01±2.91 ^a	100.00±0.00 ^a
CMC	383.00± 49.10 ^c	29.74±2.99 ^a	100.00±0.00 ^a
EPS1	518.00± 89.69 ^b	16.19±1.12 ^c	78.27±6.06 ^b
EPS2	433.00± 27.73 ^{bc}	31.46±2.74 ^a	100.00±0.00 ^a
XsEPS1	728.00±127.00 ^a	23.54±3.48 ^b	100.00±0.00 ^a
XsEPS2	387.00± 41.87 ^c	24.97±3.07 ^b	100.00±0.00 ^a
CMCEPS1	423.00± 64.82 ^{bc}	23.82±2.17 ^b	100.00±0.00 ^a
CMCEPS2	389.00± 40.94 ^c	21.85±1.47 ^b	100.00±0.00 ^a

Xs: % 0.3 Ksantan gum; CMC: % 0.3 Karboksümetil selüloz; EPS1: % 0.3 EPS1 çözeltisi; EPS2: % 0.3 EPS2 çözeltisi;

XsEPS1: % 0.15 Ksantan gum + % 0.15 EPS1 çözeltisi; XsEPS2: % 0.15 Ksantan gum + % 0.15 EPS2 çözeltisi; CMCEPS1:

% 0.15 Karboksümetil selüloz + % 0.15 EPS1 çözeltisi; CMCEPS2: % 0.15 Karboksümetil selüloz + % 0.15 EPS2 çözeltisi

^{a,b} Farklı harfle gösterilen ortalamalar $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

Diğer çalışmalarda hacim artış oranlarını, Çelik ve ark. (2010) % 35.93 ile % 48.94 arasında, Akın ve Akın- Güler (2008) % 24.90 ile % 30.20 arasında, Şahan ve Kaçar (2004) % 29.76 ile % 45.24 arasında, Koçan ve Koçak (2002) % 85.60 ile % 92.50 arasında, Dertli ve ark. (2016) % 22.54 ile % 33.33 arasında belirlemişlerdir. Bulduğumuz hacim artış değerleri, Akın ve Akın-Güler (2008) tarafından bulunan değerlere kısmen benzerlik gösterirken, Dertli ve ark. (2016) tarafından verilen değerlere bir örnek dışında (EPS1) tamamen benzerlik göstermektedir. Çelik ve ark. (2010) ile Şahan ve Kaçar (2004) tarafından bulunan değerlerden ise düşük çıkmıştır. Hacim artış değerlerinin farklılık

göstermesi, üretim sırasında dondurucu makinanın sıyrıcı bıçaklarının yapısına, miksin dondurucuya konulma sıcaklığına ve makinanın soğutma kapasitesi ve buna bağlı olarak dondurucuda geçirdiği süreye bağlı olarak değişebildiği gibi, stabilizatörlerin farklılığından da kaynaklanabilmektedir.

EPS1 örneği hariç diğer örneklerde serum ayrılması gözlenmemiştir. EPS1 örneğinde serum ayrılması değeri % 21.73 olarak saptanmıştır (Çizelge 6) . Serum ayrılması üzerine stabilizatörlerin kimyasal yapılarının, dolayısıyla su bağlama kapasitelerinin etkili olduğu söylenebilir ki, bu durum EPS1 olarak kodlanan ekzopolisakkaritin su bağlama kapasitesinin düşük olduğunu göstermektedir.

4. Sonuç

Bu çalışma, dondurma üretiminde farklı kaynaklardan elde edilen çeşitli ticari stabilizatörlerin tamamen veya kısmen, doğal bir hidrokolloit olan ekzopolisakkaritlerle ikame edilme olanaklarının araştırılmasını amaçlamıştır. Peyniraltı suyu kullanılarak EPS üretiminin mümkün olduğu, 42 °C'de 2 sa inkübe edildikten sonra 14 sa süreyle 32 °C'de bekletmenin EPS verimini önemli derecede arttırdığı belirlenmiştir. Her iki EPS'nin de tek başlarına kullanıldığı dondurma mikslarında tatmin edici düzeyde viskozite artışı sağladığı, bu EPS'lerin ksantan gum ve karboksimetil selülozla kombinasyonlarının kullanıldığı mikslarda viskozite değerlerinin daha da yükseldiği saptanmıştır. Dondurmaların bileşimleri arasında genel olarak bir farklılık oluşmamıştır. Dondurmaların erime sürelerinin uzatılmasında EPS1'in kullanılmasıyla olumlu sonuçlar alındığı, diğer taraftan EPS2 örneğinin yalnız kullanıldığı dondurmanın daha yüksek hacim artışı gösterdiği belirlenmiştir. Bu veriler ışığında, dondurma üretiminde kullanılacak EPS'lerin fizikokimyasal özelliklerinin iyi bilinmesi ve amaca uygun özellikler gösteren EPS'lerin dondurma miksi stabilizasyonunda diğer hidrokolloitlerle kombinasyon halinde veya tek başlarına kullanılmasının da mümkün olduğu, ancak seçilecek EPS'lerin fizikokimyasal özelliklerinin iyi karakterize edilmesi gerektiği ortaya konulmuştur.

Teşekkür

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

Kaynakça

- Abd El-Rahman, A. M., Madkor, S. A., Ibrahim, F. S., & Kilara, A., (1997). Physical characteristics of frozen desserts made with cream, anhydrous milk fat, and milk fat fractions. *Journal of Dairy Science*, 80, 1926-1935.
- Acı, C., & Özcan, T., 2008. *Dondurma kristalizasyon ve rekristalizasyon mekanizması*. Türkiye 10. Gıda Kongresi. 21-23 Mayıs 2008, Erzurum. 705-708.
- Aime, D.B., Arntfield, S.D., Malcolmson, L.J., & Ryland, D. (2001). Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. *Food Research International*, 34, 237- 246.
- Akalın, A. S., Karagözlü, C., & Ünal, G. (2008). Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *Eur Food Res Technol*, 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.
- Akın, M.S., & Akın-Güler, M.B. (2008). *Farklı oranlarda inülin ve maltrin ilavesinin probiyotik yoğurt dondurmalarının fiziksel ve duyuşsal özelliklerine etkileri üzerine bir araştırma*. Türkiye 10. Gıda Kongresi. 21-23 Mayıs 2008 , Erzurum. 687-690.
- Aliyev, C. (2006). *Kefir ve yaban mersininin dondurmanın fizikokimyasal, duyuşsal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisinin belirlenmesi*. (yüksek lisans tezi, basılmamış). OMÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- 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.
- Amatayakul, T., Sherkat, F., & Shah, N. P. (2006). Physical characteristics of set yoghurt made with altered casein to whey protein ratios and EPS-producing starter cultures at 9 and 14% total solids. *Food Hydrocolloids*, 20, 314-324.
- Anonim. (2018). <https://www.bik.gov.tr/dondurma-dort-mevsim-tuketilmeli/> Erişim: 10.11.2019
- Anonim. (2005). Türk Gıda Kodeksi, Dondurma Tebliği, Tebliğ No: 2004/45.
- Anonim. (2009b). Overrun <http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/overrun.html> Erişim: 06.03.2009

- Anonim. (2009a). Mix calculations. <http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/iccalc.html> -Erişim: 06.03.2009
- AOAC. (1995). *Official Method International*, (15th Ed.) 930.33-941.08 Association of Official Analysis Chemists, Washington, DC.
- Arunkumar. R., Muthuvigneshwaran, K. P., & Vinothkumar, A. M. (2012). Production and characterization of exopolysaccharides using *Lactobacillus* sp. isolated from milk and milk products, *International Journal of Current Research*, 4, 103-107.
- Badem, A. (2006). *Keçiboynuzu pekmezli dondurma üretiminde kullanılan karragenan , ksantan ve keçiboynuzu zamklarının dondurmaların kaliteleri üzerine etkisi* (yüksek lisans tezi, basılmamış). AÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Bayram, B., & Heperkan, D. (2006). *Bazı izole edilen laktik asit bakterilerinin ekzopolisakkarit üretimlerinin incelenmesi*. Türkiye 9. Gıda Kongresi. 24-26 Mayıs 2006, Bolu. 591.
- Bergmaier, D., Champagne, CP., & Lacroix, C. (2003). Exopolysaccharide production during batch cultures with free and immobilized *Lactobacillus rhamnosus* RW- 9595M. *J. Appl. Microbiol*, 95, 1049- 1057.
- Boke, H., Aslım, B., & Alp, G. (2010). The role of resistance to bile salts and acid tolerance of exopolysaccharides (Epps) produced by yogurt starter bacteria. *Arch. Biol. Sci., Belgrade*, 62 : 323-328.
- Çelik, Ş., Cankurt., H., & Doğan, C. (2010). Safran ilavesinin sade dondurmanın bazı özelliklerine etkisi. *Gıda*, 35, 33-39.
- Çeliker, M. B. (2008). *Alıç meyvesinin pekmeze işlenerek dondurma üretimine ilavesiyle dondurmanın kalite kriterleri üzerine etkilerinin araştırılması* (yüksek lisans tezi, basılmamış). AKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Cerning, J. (1995). Production of exopolysaccharides by lactic acid bacteria and dairy propionibacteria. *Lait*, 75, 463-472.
- Charchoghlyan, H., Bae, J.E., Kwon, H., & Kim M. (2017). Rheological properties and volatile composition of fermented milk prepared by exopolysaccharide-producing *Lactobacillus acidophilus* n.v. Er2 317/402 Strain Narine. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 22, 327-338.
- Chen, W., Liang, G., Li, X., He, Z., Zeng, M., Gao, F.Q., Qin, F., Goff, H.D., & Chen, J. (2019). Effects of soy proteins and hydrolysates on fat globule coalescence and meltdown properties of ice cream. *Food Hydrocolloids*. 94, 279-286.
- De Vuyst, L., & Degeest, B. (1999). Heteropolysaccharides from lactic acid bacteria. *FEMS Microbiology Reviews*, 23, 153-177.
- Degeest, B., & De Vuyst, L. (1999). Indication that the nitrogen source influences both amount and size of exopolysaccharides produced by *Streptococcus thermophilus* LY03 and modelling of the bacterial growth and exopolysaccharide production in a complex medium. *Appl. Environ. Microbiol*, 65, 2863-2870.
- Degeest, B., & De Vuyst, L. (2000). Correlation of activities of the enzymes α - Phosphoglucomutase, UDP-Galactose-4-Epimerase and UDP-Glucose Pyrophosphorylase with exopolysaccharides biosynthesis by *Streptococcus thermophilus* LY03. *Applied and Environmental Microbiology*, 66, 3519-3527.
- Demir, M. (2001). *Kefir dondurması üretimi ve üretilen dondurmaların duyuşal, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri*. (yüksek lisans tezi, basılmamış). AÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Demirci, M., & Şimşek, O. (1997). *Süt İşleme Teknolojisi*. Hasad Yayıncılık Ltd. Şti. İstanbul. 207.
- 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.
- Duboc, P., & Mollet, B. (2001). Applications of exopolysaccharides in the dairy industry. *International Dairy Journal*, 11, 759-768.
- Dubois, M., K. A. Gilles., J. K. Hamilton., P. A. Rebers., & F. Smith. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem*, 28, 350-356.

- Durak, M. (2006). Yoğurt dondurmasının fizikokimyasal, duyuusal ve mikrobiyolojik özelliklerine yabancı mersininin etkisi (yüksek lisans tezi, basılmamış). OMÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Faber, E. J., Zoon, P., Kamerling, J. P., & Vliegthart, J. F. G. (1998). The exopolysaccharides produced by *Streptococcus thermophilus* Rs and Sts have the same repeating unit but differ in viscosity of their milk cultures. *Carbohydr. Res.*, 310, 269-276.
- Guinard, J.-X., Zoumas-morse, C., Mori, L., Panyam, D., & Kilara, A. (1996). Effect of sugar and fat on the acceptability of vanilla ice cream. *Journal of Dairy Science*, 79, 1922-1927.
- Gürsoy, A., & Balaban, B. (2009). *Stabilizatör ve emülgatörün dondurma yapısına etkisi*. II. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 27-29 Mayıs 2009, Van. 702-706.
- Hatipoğlu, A. (2007). *Bazı yağ ikame maddeleri kullanılarak yapılan yağ oranı düşürülmüş dondurmaların kalite özelliklerinin araştırılması* (yüksek lisans tezi, basılmamış). HÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Urfa.
- Helland, M.H., Wicklund, T., & Narvhus J.A. (2004). Growth and metabolism of selected strains of probiotic bacteria in milk-and water- based cereal puddings. *International Dairy Journal*, 12, 579-89.
- Karademir-Şanlı, E. (2006). *Pastörizasyon sıcaklıklarının ve ekzopolisakkarit üreten kültür kullanımının az yağlı kaşar peynirinin bazı niteliklerine etkileri* (Doktora tezi, basılmamış). AÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Keçeli, T., Konar, A., & Robinson, K.K. (1997). Effect of sahlep and some alternative stabilizers on the Qualities of goat milk ice cream. Ice cream, proceeding of the international symposium. *International Dairy Federation-ref. S.1: 9803*, ISBN 9290-98-029-3, 180 p. Belgium.
- Kelvin, K.T.G., Rajish S. N., & Lara, M.M. (2008). Exploiting the functionality of lactic asit bacteria in ice cream, *Food Biophysics*, 3, 295-304.
- Kim, C.H. (2017). 11th European nutrition and dietetics conference. *J Food Nutr Disord*, 6, 3(Suppl) .
- Kırdar, S. (1999). *Dondurma Teknolojisi Ders Notları*, Burdur (Basılmamış).
- Koçan, D. (2002). *Dondurma üretiminde kullanılan farklı stabilizatörlerin dondurma yapısına etkisi*. Türkiye 7. Gıda Kongresi. 22- 24 Mayıs 2002, Ankara. 767-775.
- Koçan, D., & Koçak, C. (2002). Vanilyalı dondurma üretiminde Quest Admul MG-4143 emülgatörünün farklı kullanım oranlarının dondurma niteliklerine etkisi. *Gıda*, 27, 369-377.
- Kumar, C.G., Joo, H.S., Choi, J.W., Koo, Y.M., & Chang, C.S. (2004). Purification and characterization of an extracellular polysaccharide from haloalkalophilic *Bacillus* sp. I-450, *Enzyme and Microbial Technology*, 34, 673-681.
- Kurt, A., Çakmakçı, S., & Çağlar, A. (2003). *Süt Mamülleri Muayene ve Analiz Metotlar Rehberi*. Atatürk Üniversitesi Yayınları, Yay. No: 56, Erzurum. 252.
- Madigan, M.T., & Martinko, J.M. (2010). *Brock-Mikroorganizmaların Biyolojisi*. Palme Yayıncılık. Sıhhiye, Ankara.
- Malaka, R., Ohashi, T., & Baco, S. (2013). Effect of bacteria exopolysaccharide on milk gel formation. *Open Journal of Forestry*, 3, 10-12.
- Marshall, V. M., & Rawson, H. L. (1999). Effects of exopolysaccharide-producing strains of *thermophilic lactic acid bacteria* on the texture of stirred yoghurt. *International Journal of Food Science and Technology*, 34, 137-143.
- Mattila- Sandholm, T., Myllarinen P., Critenden R., Mogensen G., Fonden R., & Saarela M. (2002). Technological challenges for future probiotic foods. *International Dairy Journal*, 12, 173-182.
- Menrad, K. (2003). Market and marketing of functional food in Europe. *Journal of Food Engineering*, 56, 181-188.
- Metin, M., & Öztürk, G.F. (2002). *Süt ve Mamülleri Analiz Yöntemleri*. Ege Meslek Yüksekokulu Basımevi, Bornova-İzmir.
- Milci, S., & Yaygın, H. (2003). *Üretimden tüketime dondurmada kritik kontrol noktalarında tehlike analizi uygulamaları*. Süt Endüstrisinde Yeni Eğilimler Sempozyumu. 22-23 Mayıs 2003, Bornova-İzmir. 121-126.
- Mukan, M., & Evliya, B. (2002). Adana piyasasında tüketime sunulan sade kaymaklı dondurmaların mikrobiyolojik kalitelerinin tüketici sağlığı açısından değerlendirilmesi. *Gıda*, 27, 489-496.
- Muse, M.R., & Hartel, R.W. (2004). Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *Journal of Dairy Science*, 87, 1-10.

- Prindiville, E.A., Marshall, R.T., & Heymann, H. (1999). Effect of milk fat on the sensory properties of chocolates ice cream. *Journal of Dairy Science*, 82, 1425-1432.
- Ruas-Madiedo, P., Hugenholtz, J., & Zoon, P. (2002). An overview of the functionality of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria. *International Dairy Journal*, 12, 123-171.
- Ruas-Madiedo, P., Salazer, N., & de los Reyes Gavilan, C.G. (2009). Exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria in food and probiotic applications. *Biotechnological and Medical Applications. Chapter, 45*, 887-902.
- Ruger, P. R., Baer, R.J., & Kasperson, K.M. (2002). Effect of double homogenization and whey protein concentrate on the texture of ice cream. *Journal of Food Science*, 85, 1684-1692.
- Shah, N. P. (2003). The exopolysaccharide production by starter cultures and their influence on textural characteristics of fermented milk. *International Dairy Federation*, 101-105.
- 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.
- Soyuçok, A., Ekiz, T., & Kılıç, G.B. (2017). Ekzopolisakkaritlerin özellikleri ve gıda sanayindeki önemi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi TARGİD Özel Sayı* 332-344
- SPSS. (2007). 16.0 for Windows Release 16.0.1. Chicago, IL, USA.
- Stanton, C., Gardiner G., Meehan H., Collins K., Fitzgerald G., Lynch P.B., & Ross R.P. (2001). Market potential for probiotics. *American Society for Clinical Nutrition*, 73, 476-483.
- Sullivan, A., & Nord C.E. (2002). The place of probiotics in human intestinal infections. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 20, 313-319
- Şahan, N., & Kaçar, A. (2004). Farklı yağ oranları ve tatlandırıcı kombinasyonlarının enerjisi azaltılmış dondurmaların fiziksel ve duyu özelliklerine etkileri. *J.Agric Fac. HR. U*, 8, 1-6.
- Şimşek, O. (1997). Dondurmanın besleyici değeri. *Pasta-Ekmek--Dondurma Der.*, Ocak-Şubat, 30-31.
- Şimşek, Ö., & Çon, A. H. (2003). *Laktik asit bakterilerinde ekzopolisakkarit üretimi ve ekzopolisakkaritlerin süt ürünlerindeki fonksiyonları*. Süt Endüstrisinde Yeni Eğilimler Sempozyumu (Ed. N. Akbulut). 22-23 Mayıs, İzmir. 87-94.
- Tokuç, K., Demirci, M., Bilgin, B., & 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.
- Tuinier, R., Van Casteren, W. H. M., Looijesteijn, P. J., School, H. A., Voragen, A. G. J., & Zoon, P. (2001). Effects of structural modifications on some physical characteristics of exopolysaccharides from *Lactococcus lactis*. *Biopolymers*, 59, 160-166.
- 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., Zorba, Ö., & Özrenk, E. (2000). Farklı homojenizasyon basıncı derecelerinin set yoğurtların bazı fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu özelliklerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 10, 45-52.
- Yang, Z., Huttunen, E., Staaf, M., Widmalm, G., & Tenhu, H. (1999). Separation, purification and characterisation of extracellular polysaccharides produced by slime-forming *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* strains. *International Dairy Journal*, 9, 631-638.
- Yaşar, K., & Şahan, N. (2008). *Kahramanmaraş-Tipi dondurmaların fiziksel ve duyu 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 duyu 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
- Zhang, Y., Li, S., Zhang, C., Luo, Y., Zhang, H., & Yang, Z. (2011). Growth and exopolysaccharide production by *Lactobacillus fermentum* F6 in skim milk. *African Journal of Biotechnology*, 10, (11), 2080-2091.