

Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2021, 58 (3):377-383
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.838079>

Ecem AKAN¹ 

Oktay YERLİKAYA^{2*} 

Derya SAYGILI³ 

Özer KINIK² 

Farklı starter kültür kullanımının yoğurtların tekstürel ve viskozite özelliklerine etkisi

The effect of using different starter cultures on textural and viscosity properties of yoghurt

Alınış (Received): 09.12.2020

Kabul Tarihi (Accepted): 28.01.2021

¹ Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, Aydın/Türkiye

² Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, İzmir/Türkiye

³ İzmir Kavram Meslek Yüksekokulu, Otel Lokanta ve İkram Hizmetleri Bölümü, Aşçılık Programı, İzmir/Türkiye

*İletişim (correspondence) e-posta: oktay.yerlikaya@ege.edu.tr

Anahtar sözcükler: Fermente süt ürünleri, starter kültürler, tekstür profil analizi, viskozite, yoğurt

Keywords: Fermented milks, starter cultures, texture profile analysis, viscosity, yoghurt

ÖZ

Amaç: Yoğurt üretiminde starter kültürler, depolama süresi boyunca üründe önemli düzeyde tat ve aroma değişimine neden olmadan ürünün raf ömrünü uzatma, viskozite ve tekstürel özelliklerini iyileştirmek, tüketici beklentilerine uygun ve standart yapıda yoğurt üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Çalışmanın amacı, farklı ticari yoğurt kültürü kullanımının, yoğurtların tekstürel ve viskozite özelliklerine olan etkisini belirlemektir.

Materyal ve Yöntem: Yoğurt üretiminde sültere herhangi bir koyulaştırma işlemi uygulanmamış, işletmeye alınan çiğ inek sülteri pastörize edilerek yoğurt starter kültürleri ile aşılanmıştır. Çalışmamızda farklı kültür firmalarından temin edilmiş olan on farklı starter kültür kullanılarak on adet farklı yoğurt üretimi gerçekleştirilmiş ve 28 günlük depolama süresi boyunca yoğurtların sertlik, iç yapışkanlık, sakızimsılık, çignenebilirlik gibi tekstürel özellikleri ile viskozite değerleri incelenmiştir.

Araştırma Bulguları: Yoğurt örneklerinin viskozite değerlerinin depolama süresi boyunca 597,33- 1902,33 mPa.s aralığında değişim gösterdiği; sertlik, iç yapışkanlık, sakızimsılık ve çignenebilirlik minimum ve maksimum değerlerinin ise depolama süresi boyunca sırasıyla 71,83 - 179,67 (g), 0,39 - 0,58, 41,43 - 72,33 (g) ve 1,53 - 10,51 (mJ) şeklinde seyrettiği belirlenmiştir.

Sonuç: Sonuç olarak çalışmamızda, yoğurt üretiminde farklı starter kültür kullanımının yoğurdun tekstürel ve viskozite özellikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

ABSTRACT

Objective: Starter cultures in yoghurt production are used to extend the shelf life and improve viscosity and textural properties of the product without causing a significant change in taste and aroma during the storage period. The aim of the study is to determine the effect of using different commercial yoghurt cultures on viscosity and textural properties of yoghurts.

Materials and Methods: In yoghurt production, evaporation process was not applied to the milk, raw cow milks were pasteurized and inoculated with yoghurt starter cultures. In our study, ten different yoghurts were produced using ten different starter cultures obtained from different culture companies, and textural properties of yoghurts such as hardness, cohesiveness, gumminess, chewiness and the viscosity were examined during the 28-day storage period.

Results: The viscosity values of yogurt samples varied between 597.33 and 1902.33 mPa.s during the storage period. The minimum and maximum values of hardness, cohesiveness, gumminess, and chewiness values of yoghurt samples during the storage period were 71.83 - 179.67 (g), 0.39 - 0.58, 41.43 - 72.33 (g) and 1.53 - 10.51 (mJ), respectively.

Conclusion: In our study, it was determined that the use of different starter culture in yoghurt production had a statistically significant effect on the viscosity and textural properties of yoghurt ($p<0.05$).

GİRİŞ

İnsan sağlığı ve beslenmesinde önemli bir yeri olan yoğurt, ön işlemler ve pastörizasyon işlemi uygulanmış sütün *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* starter kültürleri ile fermantasyonu sonucunda üretilen bir süt ürünüdür (Bulut-Solak ve Akın, 2012). Starter kültürlerin yoğurt üretimindeki temel görevi; yoğurda istenilen fizikokimyasal, tekstürel, reolojik ve duyuşsal özellikleri kazandırmak ve son üründe standart kalitede özelliklerin oluşmasını sağlamaktır (Demirgul ve Sağdıç, 2017). Ticari olarak üretilen yoğurt kültürleri genelde, *L. bulgaricus* ve *S. thermophilus* türü bakterileri 1:1 oranında bulundurmaktadır. Yoğurt starter kültürlerinin üretimdeki temel görevi; laktozu laktik aside dönüştürerek asitlik meydana getirmek, ekzopolisakkarit (EPS) üreterek viskoz bir yapı sağlamak ve tipik yoğurt aromasını oluşturmaktır (Ott et al., 1997; Mckinley, 2005; Kurultay ve Cengiz, 2006).

Yoğurt reolojisinin oluşumunda üretim teknolojisinin yanında kullanılan starter kültürdeki mikroorganizma suşlarının özellikleri ve uyumları da çok önemlidir (Robinson and Tamime 1993; Rawson and Marshall, 1997). Yoğurdun kalite kriterlerinden en önemlileri konsistens, katı yoğurda "sıklık, katılık", akıcı kıvamdaki yoğurda ise "viskozite" ile değerlendirilir (Atamer ve Sezgin 1986). Söz konusu bu kalite kriterleri yoğurda işlenen sütün kuru madde içeriği, özellikle de yağ ve protein miktarları ile korelasyon halindedir; genelde işlenen sütün kuru madde miktarı arttıkça viskozite ve konsistens artmakta, serum ayrılması ise azalmaktadır (Üçüncü, 1983; Atamer ve Sezgin, 1986; Tosun, 2007).

Tekstür, Latince bir ifade olan *textura* (cloth) yani kumaş kelimesinden gelmekte ve iplikçikler arasındaki çapraz bağları ifade etmektedir (Özcan ve Yıldız, 2016). Yoğurt kalitesi için önemli bir gösterge olan tekstür, yoğurdun yapısal ve duyuşsal özellikleriyle de yakından ilişkilidir. Sütün standardizasyonu ve kuru maddenin farklı tekniklerle artırılması, homojenizasyon, ısı işlem, inkübasyon koşulları, kullanılan starter kültürler, soğutma ve depolama koşulları gibi etmenler yoğurdun jel yapısı ve tekstürel özelliklerine etki etmekte ve bu şartlara göre de kalite özellikleri değişkenlik göstermektedir (Ozcan ve Yıldız, 2016). Tekstür Profil Analizi (TPA) ise katı ya da yarı katı özellikteki gıdalarda sertlik, kırılma, iç ve dış yapışkanlık, elastikiyet, çiğnenabilirlik, sakızimsılık ve esneklik gibi tekstürel özelliklerinin aletsel olarak belirlenmesi amacıyla kullanılan, gıda maddesinin ağız hareketlerini baz alarak çene hareketine benzer şekilde, bir piston yardımıyla iki kez sıkıştırılması prensibine dayanmaktadır. İşlem bir açıdan çiğneme modeli yaratmaktadır (Szczeniak, 1963; Bourne, 1978; Anonim, 2020).

Bazı ülkelerde yasak olmak ile birlikte, yoğurtlarda yapıyı iyileştirmek ve kıvamı artırmak amacıyla karragenan, selüloz, pektinler, bazı sakızlar ve nişasta gibi katkı maddeleri kullanılabilir. Ancak günümüzde tüketicilerin daha doğal ve katkı maddesi içermeyen ürünlere yönelmesi nedeniyle, yoğurtlarda doğal olarak yapının geliştirilmesi amacıyla ekzopolisakkarit (EPS) üreten laktik asit bakterilerinden yararlanma yoluna gidilmiştir. EPS üreten laktik asit bakterileri genel olarak "ropy" kültür adıyla anılmaktadır (Laws and Marshall, 2001). Tüketiciler yoğurdun koyu kıvamlı yapısıyla pürüzsüz bir görünüşe sahip olması ve aynı zamanda aromasının da istenen düzeyde olmasını istemektedir. Yoğurt üretiminde bu kriterler göz önünde bulundurularak kültür seçimi yapılmaktadır. EPS üreten kültürlerin ürünün yapısını iyileştirici yönde etki gösterdiği ve bu kültürlerin kullanımıyla, tüketici isteklerine uygun nitelikte yoğurt üretilbildiği bildirilmektedir (Duboc and Mollet, 2001; Korkmaz, 2005)

Bu çalışmada çiğ inek sütleri koyulaştırma işlemine tabi tutulmadan pastörize edilmiş, herhangi bir katkı maddesi (stabilizatör, kıvam artırıcı) ilave edilmeden farklı yoğurt starter kültürleri set tipi yoğurtların üretiminde kullanılmış ve üretilen yoğurtların tekstürel ve viskozite özellikleri incelenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Araştırmada Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootehni Bölümü Hayvancılık İşletmesi'nden temin edilen çiğ inek sütleri kullanılmıştır. Starter kültürler ise Türkiye'de yoğurt üretiminde yaygın olarak

kullanılan firmalardan (Chr. Hansen (2), CSL Centro Sperimentale del Latte, Sacco Srl, Danisco-DuPont, DSM Food Specialties (2), Biochem S.r.l, Maysa Gıda, Mikromilk A.Ş.) elde edilen kültürler arasından seçilmiştir. Sekiz farklı ticari firmadan toplam on adet starter kültür kullanılmış ve on farklı yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir.

Yöntem

Set-Tipi Yoğurt Üretimi

Ticari yoğurt kültürleri üretici firmaların önerileri doğrultusunda 100 ml steril süt içerisine tartılmış ve aktifleştirilmeleri için 2 saat ön inkübasyona bırakılmıştır. % 12,05 toplam kuru madde ve % 3,5 yağ içeren çiğ sütlere herhangi bir standardizasyon yapılmamış, sütler 85 °C'de 10 dakika pastörize edilmiş ve kısa sürede 42 °C'ye soğutulmuştur. Hazırlanan aktif starter kültür ile aşılana sütler, 100 g'lık kaplara dolum yapılarak ağızları kapalı olarak 42 °C'de fermantasyona tabi tutulmuştur. Yoğurtların pH'sı 4,7'ye ulaştığında fermantasyona son verilmiş ve yoğurtlar 15 dakika oda sıcaklığında tutulduktan sonra buzdolabı koşullarında 28 gün süre ile depolanmıştır.

Tekstür Profil Analizi

Her ne kadar yoğurt gibi örneklerde tekstür profil analizi (TPA) yapılsa da farklılıkların ortaya konulması amacıyla tekstürel özelliklerini incelemek üzere TPA yapılmıştır. Analiz Brookfield CT 3 Texture Analyzer (Middleboro, USA) cihazı ile TA4/1000 akrilik prop (prop çapı: 38.1 mm) kullanılarak iki sıkıştırma yapılarak belirlenmiştir. Sıcaklık tekstürel parametreleri etkileyeceği için örnek sıcaklığı 4 - 8 °C iken analiz gerçekleştirilmiştir. Cihaz parametreleri Load Cell: 4500 g, Trigger Load: 4,5 g, Test speed: 1.00 mm/s, probe penetration: 15 mm olarak belirlenmiş ve ölçümler yapılmıştır (Akpınar et al., 2020). Tüm parametreler [sertlik (g), iç yapışkanlık, sakızimsılık (g), çiğnenebilirlik (mJ)] Brookfield Texture Pro CT V 1.2 yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır.

Viskozite Analizi

Viskozite ölçümleri Brookfield DV-II Pro Model Viskozimetre (Middleboro, USA) ile uygun rpm ve spindle seçilerek (Spindle no: LV4, 60 rpm) gerçekleştirilmiştir. Ölçüm parametreleri tork değeri % 10-90 arasında kalacak şekilde belirlenmiştir (Yerlikaya et al., 2013). 4 - 8°C'de analize alınan örnekler eşit şekillerde sağ ve sol yönde karıştırılmıştır. Viskozite değerleri RHEOCALC® 32 Application Software (Brookfield Engineering Laboratories Inc.) yazılımı ile kaydedilmiş ve viskozite değerleri mPa·s olarak verilmiştir.

İstatistiksel Analiz

Farklı starter kültür kullanılarak iki tekerrürlü olarak üretilen yoğurtlarda kültür tipinin yoğurt özelliklerine etkisini ve depolama boyunca değişimi görmek amacıyla Tek Yönlü Anova varyans analizi uygulanmıştır. Bu amaçla SPSS sürüm 22.00 (SPSS Inc. Chicago, Illinois) istatistik analiz paket programı kullanılmıştır. Varyans analizi sonucunda önemli olan veriler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre $p<0,05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Tekstür profil analizi

Gıdalarda tekstür, ürünün yapısı yanında ürünün tüketici tarafından duyuşal olarak kabul edilebilirliği açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada 10 farklı yoğurt starter kültürü ile üretilen yoğurtların 28 günlük depolama süresince tekstürel özellikleri sertlik, iç yapışkanlık, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik parametreleri üzerinden belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Yoğurt örneklerinin depolama süresi boyunca tekstür ve viskozite değerleri (n=2)**Table 1.** Textural and viscosity properties of yoghurt samples during the storage period (n=2)

Kültür	Gün	Sertlik (g)	İç yapışkanlık	Sakızimsılık (g)	Çiğnenabilirlik (mJ)	Viskozite (mPa-s)
1	1	137,33±5,35 ^{aD}	0,44±0,03 ^{bCD}	60,30±6,19 ^{aD}	8,42±0,86 ^{CD}	1528,17±75,29 ^{aF}
	14	119,67±4,01 ^{bB}	0,54±0,02 ^{aE}	65,23±4,11 ^{bCD}	8,77±0,10 ^{CD}	1356,67±53,72 ^{bG}
	28	143,50±1,32 ^{aD}	0,43±0,01 ^{bAB}	61,00±1,10 ^{aBCD}	8,57±0,15 ^{BC}	1326,67±50,08 ^{bE}
2	1	128,50±3,77 ^{bD}	0,43±0,01 ^{aBCD}	55,03±1,37 ^{bC}	7,90±0,23 ^{bC}	763,16±33,55 ^{bB}
	14	142,83±6,66 ^{abD}	0,40±0,00 ^{bA}	57,33±2,31 ^{bB}	8,06±8,06 ^{bBC}	806,83±13,35 ^{bBC}
	28	158,50±12,77 ^{aE}	0,44±0,02 ^{aAB}	70,03±2,97 ^{aD}	9,80±,47 ^{aCD}	949,00±48,30 ^{aC}
3	1	107,50±2,65 ^C	0,44±0,01 ^D	47,73±1,27 ^B	6,67±0,17 ^B	842,17±25,76 ^{bBC}
	14	125,17±18,15 ^{BC}	0,45±0,03 ^{BC}	55,77±6,91 ^B	7,91±0,99 ^{BC}	766,50±21,00 ^{CB}
	28	111,33±3,06 ^{AB}	0,56±0,25 ^B	54,07±12,57 ^{AB}	7,77±1,91 ^{AB}	914,83±15,46 ^{aC}
4	1	71,83±4,86 ^{bA}	0,58±0,02 ^{aF}	41,43±2,27 ^{bA}	1,53±0,10 ^{bA}	910,17±24,25 ^{aC}
	14	121,17±1,26 ^{aB}	0,45±0,02 ^{bC}	54,47±2,05 ^{aAB}	7,69±0,34 ^{aAB}	861,83±24,70 ^{bC}
	28	123,67±2,36 ^{abC}	0,44±0,01 ^{bAB}	53,73±0,85 ^{aAB}	7,54±0,13 ^{aAB}	795,33±7,91 ^{CB}
5	1	95,00±0,87 ^B	0,52±0,01 ^{aE}	48,90±0,98 ^B	6,90±0,15 ^B	597,33±12,57 ^{bA}
	14	96,17±2,02 ^A	0,50±0,01 ^{aD}	48,63±1,17 ^A	6,86±0,20 ^A	677,50±9,73 ^{aA}
	28	98,83±4,80 ^A	0,48±0,01 ^{bAB}	47,43±3,42 ^A	6,75±0,53 ^A	703,50±28,33 ^{aA}
6	1	114,33±7,94 ^{bC}	0,43±0,01 ^{aBCD}	49,43±1,72 ^B	7,09±0,29 ^B	1039,83±80,32 ^D
	14	138,00±15,22 ^{aCD}	0,41±0,01 ^{bA}	57,03±5,92 ^B	8,09±0,91 ^{BC}	1041,33±41,10 ^D
	28	133,67±8,50 ^{abCD}	0,42±0,01 ^{abAB}	56,80±3,99 ^{ABC}	8,02±0,47 ^{AB}	1136,50±25,23 ^D
7	1	148,17±2,02 ^{bE}	0,41±0,01 ^{ABC}	60,37±1,59 ^{bD}	8,57±0,31 ^{bCD}	1303,50±72,40 ^{bE}
	14	177,50±3,28 ^{aE}	0,41±0,01 ^A	72,33±2,93 ^{aE}	10,51±0,47 ^{aF}	1470,67±65,01 ^{aH}
	28	171,33±3,75 ^{aEF}	0,40±0,02 ^{AB}	69,23±3,81 ^{aD}	9,98±0,57 ^{aD}	1186,83±38,28 ^{bD}
8	1	115,00±12,13 ^{bC}	0,43±0,04 ^{BCD}	49,77±1,59 ^B	7,04±0,31 ^{bB}	605,67±42,00 ^{aA}
	14	141,00±1,50 ^{aD}	0,42±0,03 ^{AB}	59,00±3,41 ^{BC}	8,20±0,56 ^{aBC}	855,83±46,04 ^{aC}
	28	136,00±17,59 ^{abCD}	0,44±0,05 ^{AB}	59,70±12,51 ^{BCD}	7,53±0,40 ^{abAB}	758,83±41,82 ^{bAB}
9	1	150,50±3,04 ^{bE}	0,39±0,02 ^A	58,77±0,80 ^{bCD}	8,56±0,18 ^{bCD}	1666,83±78,52 ^{aG}
	14	176,33±4,51 ^{aE}	0,40±0,01 ^A	70,33±0,59 ^{aDE}	10,00±0,14 ^{aEF}	1129,67±37,17 ^{bE}
	28	179,67±5,84 ^{aF}	0,39±0,01 ^A	70,47±1,02 ^{aD}	10,11±0,23 ^{aD}	1183,83±63,41 ^{bD}
10	1	153,50±4,44 ^{bE}	0,40±0,01 ^{AB}	62,10±2,59 ^{bD}	8,75±0,53 ^D	1902,33±24,58 ^{aH}
	14	163,00±3,77 ^{abE}	0,41±0,02 ^A	66,17±2,27 ^{abDE}	9,560±,37 ^{DE}	1268,67±74,27 ^{bF}
	28	172,67±6,43 ^{aEF}	0,39±0,02 ^A	66,93±1,43 ^{aCD}	9,57±0,47 ^{CD}	1173,33±25,17 ^{CD}

a, b, c: Aynı sütunda farklı üssel sahip değerler örneğin depolama süresince değişimini ifade etmekte olup değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

A,B,C,D,E,F,G,H: Aynı sütunda farklı üssel ifadeye sahip değerler aynı depolama gününde örnekler arasındaki farkı ifade etmekte olup değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Sertlik, gıdanın ağızda ilk deformasyonunu sağlamak için gereken kuvvettir. Yoğurdun tekstürel özelliklerinin değerlendirmesinde en önemli parametre sertliktir. Depolama süresinin başlangıcında örneklerin sertlik değerleri 71,83-153,50 g aralığında değişiklik göstermiştir. Örneklerin sertlik değerleri

arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğu görülmektedir ($p<0,05$). 10 numaralı örnek en yüksek sertlik değerine sahip iken en düşük sertlik değeri 4 numaralı örnekte tespit edilmiştir. Depolama süresi sonunda depolamanın başlangıcına göre genel olarak örneklerin sertlik değerlerinde artış görülmüştür. Bu durum depolama süresince proteinlerin su tutma kapasitelerinde artış olduğu yönünde açıklanabilir. Çalışmada kullanılan kültürlerin hepsi yoğurt kültürü olmakla birlikte kültürlerin içerdiği *L. bulgaricus* ve *S. thermophilus* suşları ve bu suşların oranı yoğurtların tekstürel özelliklerini değiştirmektedir. Farklı oranlarda suş içeriği, yoğurt kültürünün asitlik gelişim hızı, viskozite ve aroma gelişimi gibi önemli parametrelerde değişikliğe sebep olmaktadır. Bu durum çalışmamızda da bazı yoğurtlarda sert bazı yoğurtlarda ise gevşek yapıya yol açmıştır. El Zahar and El-Zawahry (2009), farklı starter kültürlerle ürettikleri yoğurtların sertlik değerlerinin çalışmamıza benzer şekilde depolama süresiyle beraber arttığını ve starter kültür tipine göre farklılık gösterdiğini bildirmiştir. Akpınar et al. (2020) probiyotik yoğurt örneklerinde sertlik değerlerinin depolama süresince arttığını ve depolama sonunda en yüksek seviyeye ulaştığını belirtmiştir.

İç yapışkanlık, yoğurtta pıhtı yapısının tamamen bozulmasından önce yoğurdun ne kadar deforme olabileceğinin bir ölçüsü olarak ifade edilebilir. İç yapışkanlık duysal terimlerle ifade edildiğinde bir maddenin kırılmadan önce dişler arasında sıkıştırılma derecesidir (Akan and Kınık, 2018). Depolama süresi boyunca yoğurtların iç yapışkanlık değerleri 0,39-0,56 aralığında değişiklik göstermiştir. Depolamanın başlangıcında 4 ve 5 numaralı örneklerin iç yapışkanlık değerlerinin diğer örneklerden yüksek olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Depolama süresi boyunca örneklerin iç yapışkanlık değerleri incelendiğinde 1, 2, 4, 5 ve 6 numaralı örneklerde istatistiksel olarak önemli derecede değişim olduğu saptanmıştır. Bunun yanı sıra 3, 7, 8, 9 ve 10 numaralı örneklerin iç yapışkanlık değerleri depolama süresince önemli değişim göstermemiştir ($p>0,05$).

Sakızimsılık, yarı katı bir gıdanın yutulmaya hazır hale gelene kadar parçalanması için gereken enerji olarak tanımlanmaktadır (Nateghi et al., 2012). Depolamanın ilk günü yoğurtların sakızimsılık değerleri 41,43-62,10 g aralığında değişiklik göstermiştir. Sertlik değerlerinin tam tersine depolamanın başlangıcında en düşük sakızimsılık 4 numaralı, en yüksek sakızimsılık değeri ise 10 numaralı örnekte görülmüştür. Depolama süresi sonunda 5 numaralı örnek dışında tüm örneklerin sakızimsılık değerleri artış gösterirken 5 numaralı örneğe ait sakızimsılık değeri düşüş göstermiştir. Sakızimsılık değerlerinde meydana gelen artış 1, 2, 4, 7, 9 ve 10 numaralı örneklerde istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) bulunurken, 5 numaralı örnekte görülen düşüş önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Çiğnenebilirlik, belirli miktar numunenin kıvamının tatmin edici bir şekilde azalması ve yutmaya izin vermesi için gereken çiğneme sayısı (veya çiğneme miktarı) olarak tanımlanmaktadır (Nateghi et al., 2012). Depolama süresi boyunca yoğurtların çiğnenebilirlik değerleri 1,53-10,51 mJ aralığında değişmiştir. Depolamanın başlangıcında en düşük çiğnenebilirlik değerine (1,53 mJ) 4 numaralı örnek sahip olmuştur. Bu örneğin çiğnenebilirliği depolamanın 14. günü hızla artmış ve diğer örneklerle benzer değerleri almıştır. Çiğnenebilirlik değerlerinde en fazla artış ($p<0,05$) 4 numaralı örnekte tespit edilirken, 5 numaralı örnekte depolama süresince azalma ($p>0,05$) meydana geldiği belirlenmiştir. Emirdağı (2014), çalışmamıza benzer şekilde resveratrol ilaveli yoğurtların depolama süresi boyunca çiğnenebilirlik değerlerinin sertlik değerleriyle paralel şekilde arttığını bildirmiştir. Çalışmada örnekler arası tekstür parametrelerinin ve bu parametrelerde depolama süresince meydana gelen değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerinin birbirleriyle paralel şekilde artış gösterdiği ve iç yapışkanlık değerlerinde de örnekler arası önemli farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Viskozite

Viskozite, sıvılarda akmaya karşı direnç olarak tanımlanmaktadır. Çalışmamızda yoğurt örneklerinin viskozite değerlerinin birbirinden oldukça farklı olduğu ve kültür farklılığının yoğurtların viskozite özelliklerine etki ettiği görülmektedir ($p<0,05$) (Çizelge 1). Depolama süresinin başlangıcında yoğurtların viskozite değerleri 597,33-1902,33 mPa-s aralığında değişmiştir. En yüksek viskoziteye depolamanın ilk günü 10 numaralı örnek sahip olurken onu sırayla 9 ve 1 numaralı örnek izlemiştir. En düşük viskozite değeri ise 5 numaralı örnekte belirlenmiştir. Depolamanın sonraki dönemlerinde ise örneklerin viskozite değerlerinde dalgalanmalar meydana gelmiştir. Depolama süresinin sonunda en

yüksek viskoziteye 1 numaralı örneğin sahip olduğu ve onu 7, 9 ve 10 numaralı örneklerin takip ettiği görülmüştür ($p<0,05$).

Viskozitesi daha yüksek ve daha kıvamlı, sert yoğurt eldesi için starter kültürlerdeki yoğurt bakterilerinin EPS üretme yeteneğinde olan bakteri suşları seçilebilmektedir. Bu nedenle çalışmamızda da 1, 9 ve 10 numaralı yoğurtların üretiminde kullanılan starter kültürlerin üründe iyi bir viskozite sağlamak amacıyla EPS üretme yeteneğinde olan suşları içerdiğini söylenebilir. Depolama süresince değişime bakıldığında ise 1, 4, 7, 9 ve 10 numaralı örneklerde depolamanın başlangıcına göre viskozite değerlerinde azalma görülürken, diğer örneklerde artış meydana gelmiştir ($p<0,05$). Bu durumun kültürün özellikleri ile alakalı bir durum olduğu düşünülmektedir. Dahlan et al. (2017) çalışmasında *S. thermophilus*'un yoğurtta *L. bulgaricus*'tan daha yüksek viskozite sağlayabildiğini bildirmiştir. Guzel-Seydim et al. (2005) tarafından iki farklı starter kültür kullanarak üretilen yoğurtlarda, viskozite değerleri bakımından depolamanın sonuna kadar viskoz kültür ile üretilen örneklerin daha yüksek viskoziteye sahip olduğu ve depolama süresince tüm örneklerde viskozitenin arttığı belirlenmiştir. Akalın ve Gönç (1999), viskoz özellikteki kültür kullanarak ürettikleri yoğurtlarda viskoz olmayan kültürün diğer kültürlere göre düşük viskozite sergilediğini bulmuşlardır. Yerlikaya et al. (2013) farklı starter kültür oluşturarak ürettiği yoğurtlarda viskozite değerlerinin birbirinden farklılıklar sergilediğini ve tüm örneklerde viskozite değerlerinde artış meydana geldiğini, Akpınar et al. (2020) ise farklı yoğurt bakterileri ile *Enterococcus* türlerini kombine ederek ürettiği yoğurtlarda viskozite değerlerinin farklılık gösterdiğini ve depolama süresince viskozitede azalma olduğunu ortaya koymuştur. *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* gibi bazı laktik asit bakterilerinin EPS üretme yeteneğinde olduğu ve bu tip EPS üreten suşların yoğurt, fermente sütler, az yağlı peynirler ve sütlü tatlılar gibi gıda ürünlerinin üretiminde kullanımının önemli bir endüstriyel rol oynadığı da bildirilmektedir (Gürsoy et al. 2010). Rawson and Marshall (1997) *S. thermophilus* kültürünün yoğurtların dokusal özelliklerini geliştirdiğini ve viskozitesini arttırdığını belirtmektedir. Bu nedenle, yüksek viskoelastik yapı elde etmek için yüksek bir *S. thermophilus* oranı arzu edilmektedir. Buna dayanarak, daha iyi bir viskozite için EPS üretme yeteneğindeki suşların seçiminin yanında daha yüksek viskoziteye sahip örneklerin içerdiği starter kültürlerin *S. thermophilus* : *L. bulgaricus* oranının daha yüksek olabileceği söylenebilir.

SONUÇ

Bu çalışmada piyasada satılmakta olan farklı yoğurt starter kültürleri kullanılarak 10 farklı yoğurt üretilmiş ve bu yoğurtların tekstürel özellikleri ve viskozite değerleri 28 günlük depolama süresi boyunca araştırılmıştır. Yoğurtların sertlik, iç yapışkanlık, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri ile viskozitelerinin birbirinden farklılık gösterdiği ve değerlendirilen özelliklerin kullanılan yoğurt kültür özelliklerinden etkilendiği sonucuna varılmıştır. Meydana gelen farklılıkların da yoğurt bakterileri suşlarının özellikleri ile kültürdeki *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* oranı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akalın, S.A. ve Gönç, S. 1999. Katı kıvamlı yoğurdun reolojik ve duysal özellikleri, aroma maddeleri ve starter bakteri sayıları üzerine viskoz kültürlerin etkisi. Gıda 24: 319-325.
- Akan, E. ve Kınık, Ö. 2018. Effect of mineral salt replacement on properties of Turkish White cheese, Mljekarstvo 68: 46-56.
- Akpınar, A., Saygılı, D. and Yerlikaya, O. 2020. Production of set-type yoghurt using *Enterococcus faecium* and *Enterococcus durans* strains with probiotic potential as starter adjuncts. Int. J. Dairy Tech. 73(4): 726-736.
- Anonim. 2020. <https://www.dpn.com.tr/wp-content/uploads/2019/11/TPA-Hakkında-Açıklama.pdf>
- Atamer, M., ve Sezgin, E. 1986 Yoğurtlarda kurumadde artırımının pıhtının fiziksel özellikleri üzerine etkisi. Gıda 11(6): 327-331.

- Bourne MC. 1978. Texture Profile Analysis. Food Technology, 32 (7): 62-72.
- Bulut-Solak, B. ve Akin, N. 2012. Yoğurt çeşitleri, yoğurtlarda görülen bazı kusurlar ve çözüm önerileri. Akademik Gıda 10(2): 115-120.
- Dahlan, H.A. and Sani, N.A. 2017. The interaction effect of mixing starter cultures on homemade natural yogurt's pH and viscosity. Int. J. Food Stud. 6: 152-158.
- Demirgöl, F. ve Sağıdıç, O. (2017). Laktik starter kültür üretim teknolojisi. Avrupa Bil. Tek. Derg. 7(11): 27-37.
- Duboc, P. and Mollet, B. 2001. Application of exopolysaccharides in the dairy industry. Int. Dairy J. 11: 759-768.
- El-Zahar, K. and El-Zawahry, A. 2009. Evaluation of rheological and sensory properties of set and stirred yoghurt made with different starter cultures. J. Biol. Chem. Environ. Sci. 4(2): 57-71.
- Emirdağı, H. 2014. Resveratrolün yoğurtta tekstürel nitelikleri geliştirme olanakları. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 59s.
- Guzel-Seydim, Z.B., Sezgin, E. ve Seydim, A.C. 2004. Influences of exopolysaccharide producing cultures on the quality of plain set type yogurt. Food Control 16: 205-209.
- Gürsoy, A., Durlu-Özkaya, F., Yıldız, F. and Aslim, B. 2010. Set type yoghurt production by exopolysaccharide producing Turkish origin domestic strains of *Streptococcus thermophilus* (W22) and *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* (B3). Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg. 16(Suppl-A): 81-86.
- Korkmaz, A. 2005. Yağ içeriği ayarlanmış sütlerden ekzopolisakkarit üreten kültürlerle üretilen stirred yoğurtların bazı özellikleri. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği A.B.D. (Yüksek Lisans Tezi), Şanlıurfa.
- Kurultay, S. ve Cengiz, B. 2006. Fermente süt ürünleri ve insan sağlığı açısından önemi. Hasad Gıda Dergisi 21: 16–23.
- Laws, P.A. and Marshall, V.M. 2001. The Relevance of exopolysaccharidess to reolojical properties in milk fermented with ropy strains of lactic acid bacteria. Int. Dairy J. 11: 709-721.
- McKinley, M.C. 2005. The nutrition and health benefits of yoghurt. Int. J. Dairy Technol. 58: 1-12.
- Nateghi, L., Roohinejad, S., Totosaus, A., Mirhosseini, H., Shuhaimi, M., Meimandipour, A., Omidzadeh, A. and Abd-Manap, M.Y. 2012. Optimization of textural properties and formulation of reduced fat Cheddar cheeses containing fat replacers. J. Food Agric. Environ. 10(2): 46-54.
- Ott, A., Fay, L.B. and Chaintreau, A. 1997. Determination and origin of the aroma impact compounds of yogurt flavor. J. Agric. Food Chem. 45: 850-858.
- Özcan, T. ve Yıldız, E. 2016. Sebze püresi ile üretilen yoğurtların tekstürel ve duyuusal özelliklerinin belirlenmesi. Türk Tarım – Gıda Bil. Tekn. Derg. 4(7): 579-587.
- Rawson, H.L. and Marshall, V.M. 1997. Effect of ropy strain of *Latobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* on rheology of stirred yoghurt. Int. J. Food Sci. Tech. 32: 213-220.
- Robinson, R.K. and Tamime, A.Y. 1993. Manufacture of yoghurt and the other fermented milks. Modern Dairy Technology, Volume 2, Advances in Milk Products, 2nd edition, (Ed. R. K. Robinson), London, pp. 1-48.
- Szczesniak AS. 1963. Classification of textural cha-racteristics. J. Food Sci, 28: 385-389.
- Tosun, F. 2007. Salebin yoğurdun depolama stabilitesi üzerine etkisi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği A.B.D. (Yüksek Lisans Tezi), Konya.
- Üçüncü, M. 1983. Yoğurda işlenecek süte eklenecek süttozu miktarının hesaplanması. Gıda 8: 15.
- Yerlikaya, O., Akpınar, A. and Kılıç, S. 2013. Physico-chemical, microbiological, rheological and sensorial properties of set-type yoghurt produced with different origin wild *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. Italian J. Food Sci. 25: 412– 420.