

Hazır Çözünür Hardaliye Tozu ile Zenginleştirilmiş, Yağ ve Şeker Oranı Azaltılmış Dondurmanın Fizikokimyasal ve Duyusal Özelliklerinin Araştırılması

Ersin TEKİNEL¹, Buket AŞKIN^{2*}, Çağla URAL³

^{1,2,3}Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 39100, Kırklareli

¹<https://orcid.org/0009-0001-6036-6317>

²<https://orcid.org/0000-0001-6327-0946>

³<https://orcid.org/0000-0001-5613-2027>

*Sorumlu yazar: buketaskin@klu.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 07.06.2024

Kabul tarihi: 13.04.2025

Online Yayınlanma: 16.09.2025

Anahtar Kelimeler:

Dondurma

Fonksiyonel gıda

Hardaliye tozu

İnülin

Maltodekstrin

ÖZ

Bu çalışmada, fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş düşük kalorili dondurma üretimi amacıyla yağ ve şeker ikame maddelerinin kullanım potansiyeli araştırılmıştır. Çalışma kapsamında, inülin ve maltodekstrin ile yağ ikamesi yapılarak kalori içeriği azaltılmış, aynı zamanda hardaliye tozu şeker ikame maddesi olarak kullanılarak hem şeker içeriği düşürülmüş hem de fenolik madde içeriği artırılmıştır. Dört farklı formülasyon geliştirilmiş olup bunlar; %14 krema ve %15 şeker içeren kontrol grubu, %7 krema ve %7 inülin içeren grupta kremadaki yağın %50'si ikame edilmiş, %7 krema ve %7 maltodekstrin içeren grupta yine kremadaki yağın %50'si ikame edilmiş, son olarak %14 krema, %10 hardaliye tozu ve %5 şeker içeren grupta ise şekerin %66'sı hardaliye tozu ile ikame edilmiştir. Fizikokimyasal analizler sonucunda inülin eklenen örnekte en yüksek kuru madde oranı (%39,03) tespit edilmiş, maltodekstrin (305 s) ve inülin (245 s) eklenen örneklerde erime direnci kontrol grubuna (184 s) göre anlamlı şekilde artmıştır ($p<0,01$). Hardaliye tozu ilave edilen grupta ise şeker içeriğinin %66 oranında azaltılmasına rağmen duyusal değerlendirmede en yüksek puan alınmış, aynı zamanda fenolik madde içeriği kontrol grubundaki 0,5301 mg GAE/g değerine kıyasla 0,6224 mg GAE/g seviyesine çıkarak anlamlı bir artış göstermiştir ($p<0,01$). Bu çalışma, hardaliye tozunun şeker ikamesi olarak başarılı bir şekilde kullanılabileceğini ve fonksiyonel dondurma üretiminde yeni bir alternatif sunabileceğini ortaya koyan ilk araştırma olması bakımından önem taşımaktadır. Elde edilen bulgular, özellikle düşük şekerli ve yüksek fonksiyonel özellikli dondurma formülasyonları geliştirilmesine önemli katkılar sağlamaktadır. Hardaliye tozunun dondurmanın yapısal özelliklerini iyileştirmesi, fenolik madde içeriğini artırması ve duyusal özellikleri olumlu yönde etkilemesi, bu ürünün fonksiyonel gıda üretiminde umut vaat eden bir bileşen olduğunu göstermektedir.

Investigation of the Physicochemical and Sensory Properties of Ice Cream Enriched with Instant Powder of Hardaliye and Reduced in Fat and Sugar Content

Research Article

Article History:

Received: 07.06.2024

Accepted: 13.04.2025

Published online: 16.09.2025

Keywords:

Ice cream

Functional food

Instant powder of hardaliye

ABSTRACT

In this study, the potential use of fat and sugar substitutes was investigated to produce functional low-calorie ice cream. Within the scope of the study, calorie content was reduced by substituting fat with inulin and maltodextrin, while simultaneously using hardaliye powder as a sugar substitute to both decrease sugar content and increase phenolic compound content. Four different formulations were developed: a control group containing 14% cream and 15% sugar; a group with 7% cream and 7% inulin (50% of the cream fat substituted); a group with 7% cream and 7% maltodextrin (50% of the cream

fat substituted); and finally, a group with 14% cream, 10% hardaliye powder and 5% sugar (66% of sugar substituted with hardaliye powder). Physicochemical analyses revealed that the inulin-added sample showed the highest dry matter content (39,03%), while both maltodextrin (305 s) and inulin (245 s) demonstrated significantly increased melting resistance compared to the control group (184 s) ($p<0,01$). In the hardaliye powder group, despite a 66% reduction in sugar content, the sample received the highest sensory evaluation score. Additionally, the phenolic content significantly increased from 0,5301 mg GAE g⁻¹ in the control group to 0,6224 mg GAE g⁻¹ ($p<0,01$). This study is particularly significant as it represents the first research demonstrating the successful use of hardaliye powder as a sugar substitute and its potential as a novel alternative in functional ice cream production. The findings make important contributions to the development of low-sugar, high-functional ice cream formulations. Hardaliye powder's ability to improve the structural properties of ice cream, increase phenolic content, and positively influence sensory characteristics indicates its promising potential as an ingredient in functional food production.

To Cite: Tekinel E., Aşkın B., Ural Ç. Hazır Çözünür Hardaliye Tozu ile Zenginleştirilmiş, Yağ ve Şeker Oranı Azaltılmış Dondurmanın Fizikokimyasal ve Duyusal Özelliklerinin Araştırılması. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2025; 8(4): 1670-1688.

1. Giriş

Dondurma, donmuş fazda bulunan ve kısmen birleştirilmiş buz kristalleri, hava kabarcıkları ve yağ hücrelerini içeren karmaşık bir kolloidal sistemdir. Bu sistem, dondurulmamış sürekli bir şeker, protein, tuz ve polisakkarit matrisi tarafından çevrelenir (Goff, 2002). Ayrıca, dondurma önemli miktarda yağ içerir, bu da dokuyu etkileyen kremsi özelliklere sahip çok fonksiyonlu bir kombinasyon olarak düşünülebilir (Metwally, 2007; Barazandegan ve ark., 2013).

Dondurma, içermiş olduğu yağ ile yapısal ve duyusal özellikler üzerine bir etki sunmaktadır. Ayrıca, dondurmanın zengin ve kremsi lezzetinin yanı sıra pürüzsüz bir dokuya kavuşmasına önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Yağın dondurmadaki bu lezzet katkısı özellikle bütirik asit gibi trigliseritlerin bir parçası olan kısa zincirli uçucu yağ asitlerinden kaynaklanmaktadır. Dondurma karışımı için en uygun süt yağı, taze süttten elde edilen taze kremadır. Kremanın kalitesi, ransidite ve yağ oksidasyonu içermemesi durumunda, tüm süt yağı bazlı gıdaların en yüksek kaliteye ulaşmasını sağlamaktadır ve üreticiler için temini kolaydır. Ancak, krema farklı bitkisel yağ kullanımlarına göre yüksek maliyetlidir ve kalorisi yüksektir (Goff ve Hartell, 2013). Dondurma, nispeten yüksek miktarda yağ ve şeker içerir, bu da bu besin maddelerinin yüksek alımına katkıda bulunur ve dolayısıyla obezite, çocukluk çağı obezitesi ve ilişkili sağlık sorunları riskini artırır. Bu endişeler, düşük kalorili ve yüksek lifli yiyeceklere artan talebe ve dolayısıyla fonksiyonel dondurmanın geliştirilmesine olan ihtiyaca yol açmıştır. Aslında, fonksiyonel dondurma gelişimini teşvik eden faktörler, tüketicilerin artan sağlık endişeleri ve sağlıklı yaşam tarzı eğilimleridir (Genovese ve ark., 2022). Kalorisi azaltılmış dondurma üretiminde, yağ ve şeker yerine genellikle inülin, maltodekstrin, oligofruktoz, poli-dekstroz, izomalt, laktitol, süt proteini konsantresi ve pirinç nişastası gibi alternatifler kullanılmaktadır (Barazandegan ve Seyed Ali, 2013).

Nişastanın enzimler ve asitlerle parçalanması sonucunda elde edilen maltodekstrinler, yağ yerine kullanılarak ürünlerin enerji içeriğini azaltmaya yardımcı olur (Rothwell, 1997; Hofman ve ark., 2015). Maltodekstrin, aynı zamanda gıdaların ağızda kolayca daha küçük parçalara ayrılmasına yardımcı olarak

benzer yağlı tadı sağlamaktadır. Literatür çalışmaları, maltodekstrin kullanılan dondurmaların depolama sürecinde daha dengeli bir tat oluşumuna neden olduğunu göstermiştir. Ancak, bazen maltodekstrin kullanımının özellikle yeterince rafine edilmediğinde, kötü bir tada yol açabileceği de ifade edilmiştir (Güzeler ve ark., 2012; Goff ve Hartel, 2013; Ateteallah ve ark., 2020). İnulin ise buğday, soğan, muz, sarımsak, kuşkonmaz, yer elması, erik, agave, kuru üzüm ve hindiba gibi birçok bitkinin köklerinde ve yumrularında doğal olarak bulunan bir depo karbonhidratıdır. İnulin, maltodekstrine sağlıklı bir alternatiftir ve birçok hastalık riskini azaltan bir besin maddesi olarak bilinir. Prebiyotik ve diyet lifi özelliklerine sahip olan inülinin enerji değeri maltodekstrinden

daha düşük olup düşük glisemik indekse sahiptir, bu da kan şekeri üzerine olumlu etkilere sahip olmasını sağlamaktadır (Roshanravan ve ark., 2017; Lightowler ve ark., 2018; Wang ve ark., 2019).

Besin açısından zengin bir kaynak olan inülin, doğrusal sindirilmeyen bir polisakkarit olup fruktoz ve glukoz terminali β (2 1) bağlarına sahip bir prebiyotiktir. Bu bileşik, 2 ile 60 arasında değişen zincir uzunluklarına sahiptir ve diyet lifleri gibi davranarak sindirim sistemi sağlığı için önemli bir rol oynamaktadır (Gibson ve ark., 2017; Slavin, 2020). Ayrıca, inülin, yararlı bifido bakterilerinin seçici büyümesini desteklemekte ve kalsiyum emilimini artırarak karaciğerdeki trigliserit yağ asitlerini azaltmakta, böylece kan serumunun trigliserit içeriğini düşürmektedir (Kaur ve Gupta, 2002). İnulin, yağların ve şekerlerin alternatifleri olarak kullanılabilmesi gibi aynı zamanda hacmi artırıcı bir madde olarak da işlev görmektedir (Tungland ve Meyer, 2002). Fonksiyonel gıdalar, vücudun fizyolojik fonksiyonlarını olumlu yönde iyileştirecek şekilde hedeflenen etkilere sahip olan ürünlerdir (Robertfroid, 2010). Yağ oranı azaltılmış gıdalar, besin özelliklerinin gelişimine katkıda bulunabilecek fonksiyonel gıdalar olarak değerlendirilebilir. Ancak, yağ ikame edici olarak kullanılan bileşenlerin üründe oluşturacakları etkilerin iyi değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu noktada, lif bazlı yağ ikame maddeleri öne çıkmaktadır çünkü diyet liflerinin, özellikle kolon kanseri ve kalp hastalıkları gibi hastalıkların önlenmesinde kritik bir rolü olduğu bilinmektedir (Ateteallah ve ark., 2020). İnulinin yağ ikame özellikleri, su moleküllerini bağlama ve jel benzeri bir ağ oluşturma yeteneğine dayanmaktadır (Franck, 2002). Literatürde birçok çalışmada inülin kullanımının dondurmanın yapısal ve duyuşal özellikleri üzerine olumlu etkileri gösterilmiştir (Pintor ve ark., 2013; Tiwari ve ark., 2014; Junyusen ve ark., 2017; Ateteallah ve ark., 2020; Paula ve ark., 2020; Samakradhamrongthai ve ark., 2021; Narala ve ark., 2022). Ancak, hardaliye tozu dondurmada ilk kez kullanılmıştır ve çalışmamızda, en çok kullanılarak en iyi sonuç veren ikame maddelerle karşılaştırılması hedeflenmiştir.

Çalışmamızda en önemli işlem grubu, bir gıda ürünüde ilk kez kullanılan hardaliye tozu içeren dondurma örnekleridir. Hardaliye, üzüm bazlı fermente bir içecek olup, üretim sürecinde gerçekleşen laktik asit fermentasyonu ve hammaddesi nedeniyle zengin biyoaktif bileşikler içermektedir. Bu bileşenler, çeşitli biyolojik aktiviteler sergileyerek insan sağlığı üzerinde potansiyel faydalar sunmaktadır (Askin ve Atik, 2016).

Probiyotik özelliğe sahip, antioksidan aktivitesi çok yüksek ve biyoaktif bileşenler bakımından çok zengin, içerdiği doğal şeker ile kan şekerinin ayarlanmasına yardımcı bir içecektir (Askin ve Atik, 2016).

Ayrıca, hardaliyenin kimyasal kompozisyonu nedeniyle antikanserojen özelliğe sahip olacağı birçok literatürde yer almıştır. Bu anlamda yapılan bir çalışma ile hardaliyenin kolon kanserini engelleyen gıda desteği olarak kullanılabileceği ilk kez ortaya konmuştur (Ilıkkın ve ark., 2017).

Hardaliye sahip olduğu olumlu özelliklerinin yanında kısa raf ömrü ile dezavantaja sahiptir. Bu çalışmada, hardaliyenin probiyotik özelliklerini koruyarak raf ömrünü artırmaya yönelik uygun bir kurutma yöntemi belirlenmesi amaçlanmıştır. Hardaliyenin probiyotik özelliğe sahip olduğu ve raf ömrünün arttırılmasında en yaygın yöntem olan pastörizasyonun bu özelliği olumsuz etkileyeceği açıktır. Bu nedenle, hardaliye tozu üretiminde dondurarak kurutma yöntemi tercih edilmiştir. Bu nedenle hardaliyenin özelliklerini koruyarak raf ömrünü arttıran ve/veya iyileştiren yeni bir süreç ile toz ürün haline dönüştürülmesi gıda endüstrisinde önemli bir değere sahiptir. Hardaliyenin probiyotik özelliğe sahip olduğu ve raf ömrünün arttırılmasında en yaygın yöntem pastörizasyonun probiyotik özelliği olumsuz etkileyeceği açıktır. Bu nedenle, hardaliye tozu üretiminde dondurarak kurutma yöntemi tercih edilmiştir. Hardaliye tozunun içerdiği lif özellikleri ve doğal şeker miktarı ile daha düşük oranda şeker ilavesini sağlaması ve duyuşsal özellikleri iyileştirmesi bakımından, diğer ikame edici maddelere güçlü bir alternatif olarak değerlendirilmektedir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Dondurmaların üretiminde Kırklareli piyasasında yerel bir marketten satın alınan tam yağlı pastörize süt (MİS), UHT krema (%35 yağlı, MİS), yağsız süt tozu (PINAR), şeker (sakkaroz), salep (Geleneksel Kahveci Ayhan), emülgatör (Gölümoğlu), inülin (Vegrano) ve maltodekstrin (Alfasol, 20 dekstroş eşdeğeri) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan hardaliye tozu ise, Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümünde TUBİTAK 1002- 1230685 numaralı proje kapsamında üretilmiştir.

Proje kapsamında hardaliye tozu elde etmek amacıyla üretilen hardaliyeye işlenecek üzüm çeşidi olarak siyah bir üzüm türü olan *Cabernet sauvignon* çeşidi seçilmiştir. Üzüm, 2023 hasat döneminde Kırklareli ilindeki Saranta Farmhouse Tic. Ltd. Şirketine ait olan bağlardan temin edilmiştir. Siyah hardal (*Brassica nigra*) tohumu ve vişne ağacı (*Prunus cerasus*) yaprakları da Kırklareli piyasasından temin edilmiştir. Hardaliye üretiminde sırasıyla 250 ppm ve 150 ppm olacak şekilde potasyum sorbat ve sodyum benzoat ilave edilmiştir. Belirtilen oranlar hardaliyenin endüstriyel üretiminde kullanılan oranlardır. Hardaliye üretimi Saranta Farmhouse Tic. Ltd. Şirketine ait hardaliye üretim tesisinde yapılmıştır. Hardaliye tozu ise, yine belirtilen TUBİTAK projesi kapsamında dondurarak kurutma yöntemiyle üretilmiştir.

2.2. Metot

2.2.1. Dondurma Üretimi

Bu çalışmada, hardaliye tozu ile zenginleştirilerek şeker oranı düşürülmüş dondurma örneği ile inülin ve maltodekstrin kullanılarak yağ oranı düşürülmüş dondurma örneklerinin duysal ve fizikokimyasal özelliklerini değerlendirmek amacıyla 4 farklı dondurma formülasyonu geliştirilmiştir. İlk olarak, %14 oranında krema içeren kontrol örneği üretilmiştir. İkinci formülasyonda, dondurmanın yağ içeriği %7 oranında inülin ile ikame edilerek ilave edilen krema oranı %7'ye düşürülmüştür. Üçüncü muamele grubunda da benzer şekilde, dondurmanın yağ içeriği %7 oranında maltodekstrin ile ikame edilerek ilave edilen krema oranı %7'ye düşürülmüştür. Dördüncü muamele grubunda ise, %10 hardaliye tozu ilave edilerek şeker oranı %5'e düşürülmüştür. Tüm formülasyonlar için kullanılan diğer bileşenlere ait kütle dengliği Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Dondurma üretiminde kullanılan formülasyonlar (%)

Bileşen Oranı (%)	Kontrol	İnülin	Maltodekstrin	Hardaliye Tozu
Pastörize Süt	66,00	66,00	66,00	66,00
Krema	14,00	07,00	07,00	14,00
İnülin	0,00	07,00	0,00	0,00
Maltodekstrin	0,00	0,00	07,00	0,00
Şeker	15,00	15,00	15,00	05,00
Hardaliye Tozu	0,00	0,00	0,00	10,00
Süt Tozu	4,00	4,00	4,00	4,00
Salep	0,75	0,75	0,75	0,75
Emülgatör	0,25	0,25	0,25	0,25

Dondurma örnekleri, Kırklareli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında ev tipi karıştırıcı-dondurucu otomatik dondurma yapma makinesi (Karaca 2 in 1, 153.09.01.0963) kullanılarak üretilmiştir. Dondurma üretiminde öncelikli olarak süt yağı oranının %9'a ayarlanması için gerekli olan UHT krema oranı belirlenmiştir. Yağ oranı azaltılmış örnek gruplarında, istenilen yapı ve özellikleri sağlamak amacıyla inülin ve maltodekstrin kullanılmıştır. Paslanmaz çelik tencere içerisinde süt-krema karışımı 50°C'ye ısıtılarak karıştırılmış, ardından diğer bileşenler eklenmiştir. Elde edilen karışım sıcaklığı 85°C'ye ulaştığında 25 saniye pastörize edilmiş ve ardından 4°C sıcaklıkta 24 saat bekletilmiştir. Süre sonunda diğer bileşenler eklenmiş ve makine ile dondurma üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen dondurma örnekleri 24 saat süre ile -18 °C'de bekletilmiştir.

2.2.2. Fizikokimyasal Analizler

Toplam Asitlik Tayini

Yaklaşık 10 g dondurma örneği alınarak üzerine 10 mL saf su ilave edilmiştir. Dondurma örneği saf su içerisinde iyice eritildikten sonra içerisine 1 mL %2'lik fenolftalein indikatörü damlatılmış ve 0,1N

NaOH çözeltisi ile titre edilmiştir. Asitlik harcanan NaOH miktarı esas alınarak %asitlik laktik asit değeri cinsinden hesaplanmıştır (Atsan, 2004).

pH Tayini

pH tayini için uygun miktarda dondurma alınarak oda sıcaklığında yumuşatıldıktan sonra dijital pH metre (Hanna HI 99181 Portable Waterproof Skin pH Meter, Kenya) ile ölçüm yapılmıştır (Atsan, 2004).

Kuru Madde Tayini

Darası alınmış kuru madde kabına 3-4 g dondurma örneği tartılmıştır. Örnekler 30 dk. süre ile 70 °C'deki sıcak su banyosunda (Wisebath Wb-11, Deutschland) bekletildikten sonra, 100 °C'deki kurutma fırınında (Weightlab WF-HTV25, Çin) sabit ağırlığa gelene kadar kurumaya bırakılmıştır. Kurutma sonrası desikatörde soğutulan örnekler tartılarak % kuru madde miktarları hesaplanmıştır (Ateteallah ve ark., 2020).

Hacim Artışının Belirlenmesi

Dondurmalarda hacim artışı tayini yapılırken ağzı kapalı plastik dondurma kaplarına iyice doldurulmuş olan dondurma örnekleri 50°C' deki su banyosunda (Wisebath Wb-11, Deutschland) eritilmiştir. Dondurma hacmi ve eriyen dondurma hacmi dikkate alınarak, Dölek (2012) tarafından verilen formül (1) yardımıyla hacim artışı hesaplanmıştır.

$$\text{Hacim artışı (\%)} = \frac{(\text{Dondurma Hacmi} - \text{Eriyen Dondurma Hacmi}) (\text{mL})}{\text{Eriyen Dondurma Hacmi} (\text{mL})} \times 100 \quad (1)$$

İlk Damlama ve Tam Erime Sürelerinin Belirlenmesi

İlk damlama ve tam erime süreleri Dölek (2012) tarafından uygulanan yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla -18 °C'de bekleyen 50 g'lık dondurma numuneleri, 0,2 cm'lik bir tel örgü elek ile kapatılmış bir behere konarak oda sıcaklığında erimesi için bekletilmiştir. Numunelerin ilk damlama ve tam erime süreleri saniye cinsinden belirlenmiştir.

Renk Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Dondurma örneklerinin renk analizleri, Konica Minolta Chroma Meter CR-400 cihazı kullanılarak yapılmıştır. Ölçümler beş kez tekrarlanmış ve elde edilen sonuçların ortalaması hesaplanmıştır. Bu analizde L*, a* ve b* değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca, belirlenen renk değerlerinden renk tonu (hue) olan α ve renk doygunluğunu gösteren C* değerleri de hesaplanmıştır. İşlem gruplarında, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında meydana gelen renk değişikliklerinin belirlenmesinde toplam renk farkı (ΔE), parlaklık farkı (ΔL), kırmızılık farkı (Δa) ve sarılık farkı (Δb) değerleri Eşitlik 2, 3, 4, 5 ve 6'ya göre hesaplanmıştır (Demiray, 2009; Polatçı ve Tarhan, 2009).

$$\Delta L = L^*_{taze} - L^* \quad (2)$$

$$\Delta a = a^*_{taze} - a^* \quad (3)$$

$$\Delta b = b^*_{taze} - b^* \quad (4)$$

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2} \quad (5)$$

$$H = \arctan^{-1}(b / a) \times (180 / \Pi) \quad (6)$$

Toplam Fenolik Madde Miktarı

Toplam fenolik madde miktarı (TFM), Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Dondurma örneklerinde ölçülen absorbans değerlerinden, gallik asit cinsinden toplam fenolik madde miktarı, gallik asit standart eğrisinden yararlanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar, mg gallik asit eşdeğeri g⁻¹ (mg GAE/g) olarak ifade edilmiştir.

Fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu için 5 g dondurma örneği tartılarak bir behere alınmış ve üzerine 25 mL saf su eklenmiştir. Karışım, homojenizatör (Wisetis 15D, Almanya) kullanılarak homojen hale getirilmiştir. Daha sonra, numuneler su banyosunda (Wisebath WB-11, Almanya) 30°C’de 20 dakika bekletilerek ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Ekstrakte edilen süzöntü kaba filtre kağıdından süzildükten sonra 0,45 µm membran filtreden geçirilerek viyallere alınmıştır. Analiz için 300 µL ekstrakt deney tüplerine aktarılmıştır. Deney tüplerine sırasıyla 3,4 mL saf su, 0,5 mL metanol ve 200 µL Folin-Ciocalteu reaktifi eklenmiştir. Karışım vorteksenerek 10 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir. Bekleme süresinin ardından tüplere 600 µL %10’luk sodyum karbonat çözeltisi eklenerek yeniden vorteksenmiştir. Hazırlanan tüpler, karanlık ortamda ve oda sıcaklığında 120 dakika boyunca inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresinin sonunda, karışımların 760 nm dalga boyundaki absorbans değerleri UV-VIS spektrofotometre (Thermomac V106, Çin) kullanılarak ölçülmüştür.

2.2.3. Duyusal Değerlendirme

Kırklareli Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında dondurmaların renk, aroma, tat, doku (ağız hissi) ve genel kabul edilebilirlik gibi duysal özelliklerini değerlendirmek amacıyla bir duysal analiz gerçekleştirilmiştir. Bu değerlendirmede, Lawless ve Heymann (1999) tarafından tanımlanan Nitel Tanımlama Analiz Metodu kullanılmıştır. Çalışmaya 20 ile 45 yaş arası 10 panelist katılım sağlamıştır. Üç farklı işlemde geçirilmiş örnek grupları ve kontrol grubu rastgele kodlanmıştır. Panel lideri, panelistlere çalışma hakkında bilgi vererek araştırmanın kapsamı, kullanılan materyaller, yöntem ve duysal analiz süreçlerini açıklamıştır.

Dondurmaların görünüşü için renk, koku değerlendirmesi için yabancı koku, tat özellikleri için meyve tadı, yabancı tat ve şeker tadı, dokusal özellikler için ise buzlu yapı, kıvam, yumuşaklık, homojen yapı ve yağlılık gibi kriterler değerlendirmeye alınmıştır. Bunun yanı sıra genel kabul edilebilirlik ve tüketilebilirlik değerlendirilmiştir.

Dondurmaların duysal özellikleri 0-10 puan arası bir skala ile değerlendirilmiş olup, 0 puan ilgili özelliğin hiç bulunmadığını, 10 puan ise en yüksek derecede bulunduğunu ifade etmektedir. Panelistler,

her bir örneği belirlenen özellikler doğrultusunda değerlendirerek uygun gördükleri puanı vermiştir (Lawless ve Heymann, 1999).

2.2.4. İstatistiksel Değerlendirme

Araştırmada, örneklerin fizikokimyasal özellikleri için öncelikle varyans homojenliği test edilmiş ve verilerin normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir ($p>0,05$). Varyans homojenliği test sonuçları homojen bulunduğu için (%95 güven aralığında), ortalamaların karşılaştırılmasında parametrik test olan tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. İstatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren gruplar ($p<0,05$) arasındaki ikili karşılaştırmalar, Duncan çoklu karşılaştırma testi ile %95 güven düzeyinde değerlendirilmiştir. Analizlerde kullanılan güven aralıkları, tüm istatistiksel testler için %95 olarak belirlenmiş ve sonuçlar bu güven düzeyinde rapor edilmiştir. İstatistiksel analizler SPSS 17.0 paket programı (IBM Corp., Armonk, NY, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Orhan ve ark., 2004).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Dondurma örneklerinin fizikokimyasal özelliklerinin değerlendirilmesi

Tablo 2.'de yağ ikame maddesi olarak inülin veya maltodekstrin kullanılan yağ oranı azaltılmış dondurma karışımlarının kimyasal bileşimi gösterilmektedir. Toplam kuru madde içeriği ikame edilen tüm örnekler için kontrolden önemli seviyede farklı bulunmuştur ($p<0,01$). Asitlik değerleri %0,087 ile 0,120 arasında değişmiştir ve örnekler arasındaki fark istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur ($p>0,01$). Dondurma örneklerinin doğal asitliği kullanılan sütün yağsız katı madde yüzdesine bağlıdır (Goff ve Hartel, 2013; Abdou ve ark., 2021). Asitlik değerleri % 0,087 ile 0,120 arasında değişmiştir ve maltodekstrin, inülin ve hardaliye tozu dondurma örneklerinin asitlik seviyelerinde anlamlı bir değişiklik yaratmamıştır ($p>0,05$). Literatürde hardaliye tozu herhangi bir ürününde kullanılmamıştır. Ancak bu çalışmada kullanılan hardaliye tozu, asitlik bakımından elde edilen sonuçlar açısından incelendiğinde, dondurma formülasyonunda maltodekstrin ve inülin kullanılan çalışmalar ile paralel olduğu görülmektedir (Salem ve ark., 2016; Syed ve ark., 2018; Motyl ve ark., 2019; Abdou ve ark., 2021). Muamele gruplarının pH değerlerindeki değişim önemli seviyede bulunmuştur ($p<0,01$). İnülin ve hardaliye tozunun pH değerinde meydana getirdiği bu değişikliğin, taşımış oldukları prebiyotik özellikler nedeniyle organik asit üretimini teşvik etmelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Probiyotik mikroorganizmalar ise metabolik aktiviteleri sırasında asit üretimi yoluyla pH'ı düşürebilmektedir (Raju ve Pal, 2011; Bisar ve ark., 2015; Ateteallah ve ark., 2020). Buna karşılık maltodekstrin, tamponlama kapasitesi ve düşük asitlik özelliği nedeniyle pH'ın daha yüksek olmasına katkıda bulunmakta ve bu etki formülasyondaki oranına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Toplam kuru madde değerleri incelendiğinde, ikame edici bileşenlerin toplam kuru madde oranını önemli seviyede arttırdığı görülmüştür ($p<0,01$). Özellikle inülin, ilave edilen örneklerin kuru madde oranını %39,03'e yükseltirken, hardaliye tozu ve maltodekstrinin kuru madde üzerinde benzer etki gösterdiği belirlenmiştir. Bu artışın, inülinin suda çözünür lif yapısı nedeniyle su tutma kapasitesini

artırmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Hardaliye tozu ve maltodekstrin ise içeriklerindeki çözünür katı maddeler yoluyla toplam kuru maddeyi artırmaktadır. Örnekler arasındaki fark, kullanılan bileşenlerin higroskopik özellikleri, su bağlama kapasiteleri ve formülasyondaki oranlarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Ateteallah ve ark., 2020).

Tablo 2. Dondurma örneklerinin asitlik, pH ve toplam kuru madde değerleri

Örnek	Asitlik (% Laktik asit)	pH	Kuru Madde (%)
Kontrol	0,100 ^a ± 0,01	7,080 ^b ± 0,01	35,63 ^d ± 0,078
İnulin	0,097 ^a ± 0,01	6,890 ^c ± 0,01	39,03 ^a ± 0,069
Maltodekstrin	0,120 ^a ± 0,01	7,160 ^a ± 0,01	37,68 ^c ± 0,022
Hardaliye Tozu	0,087 ^a ± 0,01	6,840 ^d ± 0,01	37,94 ^b ± 0,034

Dondurma karışımının dondurulmasıyla oluşan artış hacim artışı olarak değerlendirilmektedir. Hacim artışı dondurma karışımına ilave edilen bileşenler ve dondurucu tipine bağlı olarak dondurmaların yapılarında bir miktar hava tutmaları suretiyle gerçekleşmektedir (Abbas ve ark., 2022). Elde edilen veriler ilave edilen ikame maddelerin dondurma örneklerinin hacim artış değerlerinde kontrol grubuna (%60,00) göre önemli bir düşüşe neden olduğunu göstermiştir ($p < 0,01$) (Tablo 3). Özellikle maltodekstrin ilavesi ile üretilen dondurma örneklerinde hacim artışı %50,50 olarak belirlenirken, hardaliye tozu (%57,89) ve inülin (%57,37) ilave edilen örneklerde bu değer istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş, ancak tolere edilebilir seviyede olduğu görülmüştür (Tablo 3). Elde edilen değerler literatür verileri ile uyumludur ve dondurma şekeri bileşimindeki değişikliklerin hava tutma kapasitesini etkilediği belirtilmektedir (Soukoulis ve Tzia, 2018). Hacim artışındaki azalmanın, ana bileşenlerden biri olan maltodekstrinin düşük hava tutma kapasitesinden ve su bağlama özelliğinden kaynaklandığı öngörülmektedir. Hardaliye tozu içeriğindeki organik asitler ve doğal şekerler, protein-şeker etkileşimleri yoluyla dondurmanın viskozitesini artırarak hava tutma kapasitesini etkileyebilir. İnülin ise yüksek su tutma kapasitesi nedeniyle karışımın viskozitesini artırarak hacim artışını sınırlandırmaktadır. Bu farklılıklar, bileşenlerin şeker profili, çözünür katı madde içeriği ve konsantrasyonları ile doğrudan ilişkilendirilebilir (Soukoulis ve Tzia, 2018).

Bu durum, her iki yağ yerine koyma maddesinin su bağlama kapasitesi ve jel oluşumu özelliklerindeki farklılıklardan kaynaklanabilir (Zaini ve ark., 2023). İnülin ve maltodekstrin, farklı karbonhidrat yapılarına sahiptir. İnülin, fruktan tipi bir karbonhidrat iken, maltodekstrin ise polisakkarit yapısındadır. Bu farklı yapılar, su tutma ve jel oluşturma yeteneklerinde farklılıklara neden olmaktadır. Dondurma karışımındaki inülin ve sıvı bileşenler arasındaki etkileşimler, serbest suyu etkisiz hale getirebilir ve dondurma karışımının viskozitesini artırabilir. Bu durumun hacim artışını açıklayan etmenlerden biri olabileceği düşünülmektedir. İnülinin dondurma karışımının reolojik özellikleri üzerine etkisini inceleyen birçok çalışma, farklı seviyelerde inülinin ilavesinin maltodekstrin grubuna kıyasla hacim artışını artırdığını göstermiştir (Abdou ve ark., 2021; Saentaweek ve ark., 2023). Hacim artışı değerlerindeki farklılık her iki yağ ikame maddesinin su bağlama kapasitesi ve jel oluşumu

özelliklerindeki farklılıklardan da kaynaklanabilir (Zaini ve ark., 2023). İnülin ilavesinin dondurmalarda kriyojel yapı oluşturduğu bilinmektedir (Soukoulis ve ark., 2010). Maltodekstrin jeli, sıvı ve katı yağlarla kolayca birleşebilir ve stabil bir emülsiyon jel oluşturabilir (Güzeler ve ark., 2012).

Tablo 3. Dondurma örneklerinin erime sonrası hacim değişimleri

Örnek	Dondurma Hacmi (mL)	Hacim Artışı (%)
Kontrol	32,00	60,00 ^a ± 0,35
İnulin	29,90	57,37 ^b ± 0,12
Maltodekstrin	30,10	50,50 ^c ± 0,41
Hardaliye Tozu	30,00	57,89 ^b ± 0,39

Diğer yandan, daha yüksek hacim artışı dondurma yapısının daha yumuşak olmasına neden olmaktadır (Zaini ve ark., 2023). Dondurma üretiminde kullanılan stabilizatörlerin ilave oranı dondurma kalitesini direkt olarak etkilemektedir. Optimum oranda kullanılan stabilizatörler, dondurma karışımında jel yapısını koruyarak üniform bir yapı kazandırmakta ve dondurmanın erimesini geciktirmektedir (Güven ve ark., 2017). Nitekim örneklerimizde yağ ikamesi olarak kullanılan inülin ve maltodekstrinin ilk damlama süresinin kontrol örneğinden önemli seviyede yüksek olduğu görülmektedir ($p<0,01$) (Tablo 4). Ancak, şeker ikamesi olarak ilave edilen hardaliye tozunun dondurmanın erime süresini kontrol örneklerine göre arttırmadığı, aksine azalttığı belirlenmiştir ($p<0,01$) (Tablo 4). Bu azalmanın, hardaliye tozunun içerdiği organik asitler ve fenolik bileşiklerin su bağlama kapasitesini düşürerek dondurmanın yapısal stabilitesini olumsuz etkilemesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, hardaliye tozunun şeker profili ve çözünür katı madde içeriğinin dondurma matrisi içindeki buz kristali oluşumunu ve erime davranışını değiştirdiği öngörülmektedir (Saentaweek ve Chaikham, 2023). Dondurma örneklerinin ilk damlama ve tamamen erime süreleri Tablo 4’de verilmiştir. Örneklerin ilk damlama süreleri saniye cinsinden belirlenmiştir. Dondurma örneklerinin ilk damlama süreleri üzerine farklı ikame maddeleri kullanımının önemli olduğu görülmüştür ($p<0,01$).

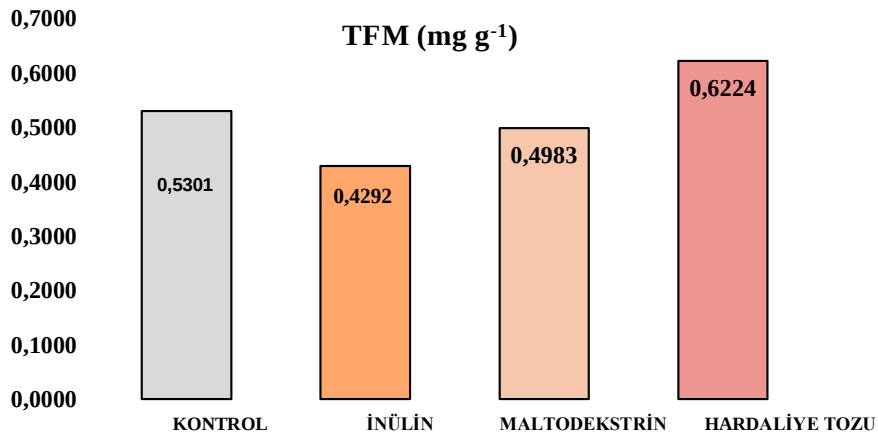
Tablo 4. Dondurma örneklerinin ilk damlama ve tam erime süreleri (saniye)

Örnek	Tam Erime Süresi (saniye)	İlk damlama (saniye)
Kontrol	1772 ^b ±134	184 ^b ±14
İnulin	1632 ^c ±101	245 ^c ±32
Maltodekstrin	2820 ^a ±173	305 ^d ±39
Hardaliye Tozu	1413 ^d ±132	152 ^a ±22

Tam erime süreleri incelendiğinde, en hızlı erimenin hardaliye tozu içeren dondurma örneğinde, en yavaş erimenin ise maltodekstrin içeren örnekte olduğu belirlenmiştir (Tablo 4). Dondurmaların tam erime süreleri üzerinde kullanılan ikame maddelerinin önemli bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir ($p<0,01$).

Hardaliye tozu ilave edilen dondurma örneklerinde yağ içeriği kontrol grubuyla aynı düzeyde (%14) olmasına rağmen gözlenen hızlı erime davranışı, hardaliyenin fizikokimyasal özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Muse ve Hartel (2004)'ün çalışmasıyla uyumlu olarak, destabilize yağ ağının erime davranışı üzerindeki kritik rolü bilinmektedir. Ancak, hardaliye tozunun düşük pH değeri (6,84), yağ globüllerinin agregasyonunu engelleyerek serum fazının viskozitesini azaltmış ve bu durum erime direncinin düşmesine yol açmıştır (Soukoulis ve ark., 2010). Ayrıca, hardaliye tozunun yüksek fenolik madde içeriği (0,6224 mg GAE g⁻¹), protein-yağ etkileşimlerini değiştirerek yapısal stabilite üzerinde olumsuz etki yaratmıştır (Güven ve ark., 2017). Bunun yanı sıra, hardaliye tozunun higroskopik özellikleri dondurma matrisindeki serbest su miktarını artırarak erime hızını etkilemiştir (Zaini ve ark., 2023).

Hardaliye tozunun erime özelliklerini iyileştirmek için yağ içeriğinin optimize edilmesi, yağ globüllerinin daha homojen dağılımını sağlayarak erime direncini artırabilecektir (Abdou ve ark., 2021; Savchina ve ark., 2023). Yapısal stabiliteyi güçlendirmek amacıyla, karışıma hidrokolloidlerin eklenmesi viskoziteyi artıracak ve erime hızını yavaşlatacaktır (Güzeler ve ark., 2012). Ayrıca, hardaliye tozunun partikül boyutunun da düşürülmesi bileşenlerin daha iyi etkileşime girmesine olanak tanıyacaktır (Saentaweek ve Chaikham, 2023). Böylece, hardaliye tozunun fenolik madde içeriğinin sağladığı fonksiyonel avantajlar korunurken, ürünün fiziksel stabilitesi de iyileştirilebilecektir. Bu çalışma ile elde edilen bulgular, hardaliye tozunun dondurma endüstrisinde fonksiyonel bileşen olarak kullanım potansiyeline ışık tutmakta olup, ileride yapılacak çalışmalar için önemli bir referans noktası oluşturmaktadır.



Şekil 1. Dondurma örneklerinin toplam fenolik madde miktarları (mg g⁻¹)

Gıdaların ikame edici maddelerle zenginleştirilmesi ile fonksiyonel gıdalar elde edilmektedir (Bigliardi ve Galati, 2013). Böyle gıdalarda ikame edici maddeler fonksiyonunu yerine getirmenin yanı sıra ürün içeriğini de zenginleştirmektedir (Tsevdou ve ark., 2019; Gheisari ve ark., 2020). Çalışmamızda yağ içeriğinin ikame edilmesi amacıyla ilave edilen maltodekstrin ve inülinin toplam fenolik madde miktarı üzerine olumlu etkisi olmadığı görülürken ($p>0,05$), şeker içeriğinin ikame edilmesi amacıyla ilave edilen hardaliye tozunun toplam fenolik madde miktarını (0,6224 mg g⁻¹) kontrol grubuna göre (0,5301

mg g⁻¹) önemli oranda yükselttiği tespit edilmiştir ($p<0,01$). Hardaliye, içeriğinde bulunan antosiyaninler, fenolik asitler ve flavonoidler sayesinde güçlü antioksidan özellikler göstermekte olan fermente bir üzüm ürünü olmaktadır. Literatürde, fenolik bileşiklerin oksidatif stresi azaltıcı etkiler göstermekte olduğu ve gıda matrisine dahil edilmesinin ürünlerin biyoaktif özelliklerini artırabildiği bildirilmektedir. Bu bağlamda, çalışmamızda hardaliye tozu ilavesinin toplam fenolik madde miktarını artırması, biyoaktif bileşenleri fonksiyonel gıdalarla zenginleştirmek açısından önemli bir bulgu olarak değerlendirilmiştir. Hardaliyenin fenolik bileşikler açısından zengin yapısı, dondurma gibi süt bazlı ürünlerin fonksiyonel özelliklerini iyileştirme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, elde edilen bulgular doğrultusunda, hardaliye tozunun fonksiyonel gıda bileşeni olarak kullanılması hem besinsel hem de sağlık açısından avantajlar sağlayabilmektedir.

Renk parametreleri, dondurma kalitesinin objektif değerlendirilmesinde kritik öneme sahiptir (Pathare et al., 2013). Çalışmamızda elde edilen veriler, farklı formülasyonların dondurma rengi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler oluşturduğunu göstermiştir ($p<0,01$). Kontrol grubunda $76,51\pm0,80$ olarak ölçülen parlaklık (L^*) değeri, inülin ilavesiyle $78,50\pm0,11$ 'e yükselirken, bu artış istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). Buna karşılık, maltodekstrin ($71,73\pm0,21$) ve özellikle hardaliye tozu ($59,16\pm0,06$) ilavesi parlaklıkta belirgin azalmaya yol açmıştır ($p<0,01$). Bu bulgular, hardaliye tozunun doğal pigment içeriğinin ürün rengini koyulaştırdığını ortaya koymaktadır (Cortez et al., 2017). Kırmızılık (a^*) değerleri açısından değerlendirildiğinde, kontrol grubunda $3,99\pm0,06$ olarak ölçülen değer, hardaliye tozu ilavesiyle $8,87\pm0,03$ 'e yükselerek belirgin artış göstermiştir ($p<0,01$). Bu durum, hardaliyenin antosiyanin içeriğiyle ilişkilendirilebilir (Giusti ve Wrolstad, 2003). Buna karşın, inülin ($3,72\pm0,03$) ve maltodekstrin ($2,24\pm0,02$) ilaveli örneklerde kırmızılık değerlerinde azalma gözlenmiştir ($p<0,01$).

Sarılık (b^*) değerleri incelendiğinde, maltodekstrin ilaveli örneklerde en yüksek değer ($5,54\pm0,02$) kaydedilmiştir ($p<0,01$). Bu sonuç, maltodekstrinin doğal rengi ve Maillard reaksiyon ürünleriyle ilişkili olabilir (Martins et al., 2001). Hardaliye tozu ilaveli örneklerde ise sarılık değeri $4,66\pm0,09$ olarak ölçülmüş olup, bu değer kontrol grubundan ($3,40\pm0,07$) yüksek, ancak maltodekstrin grubundan düşük bulunmuştur ($p<0,01$).

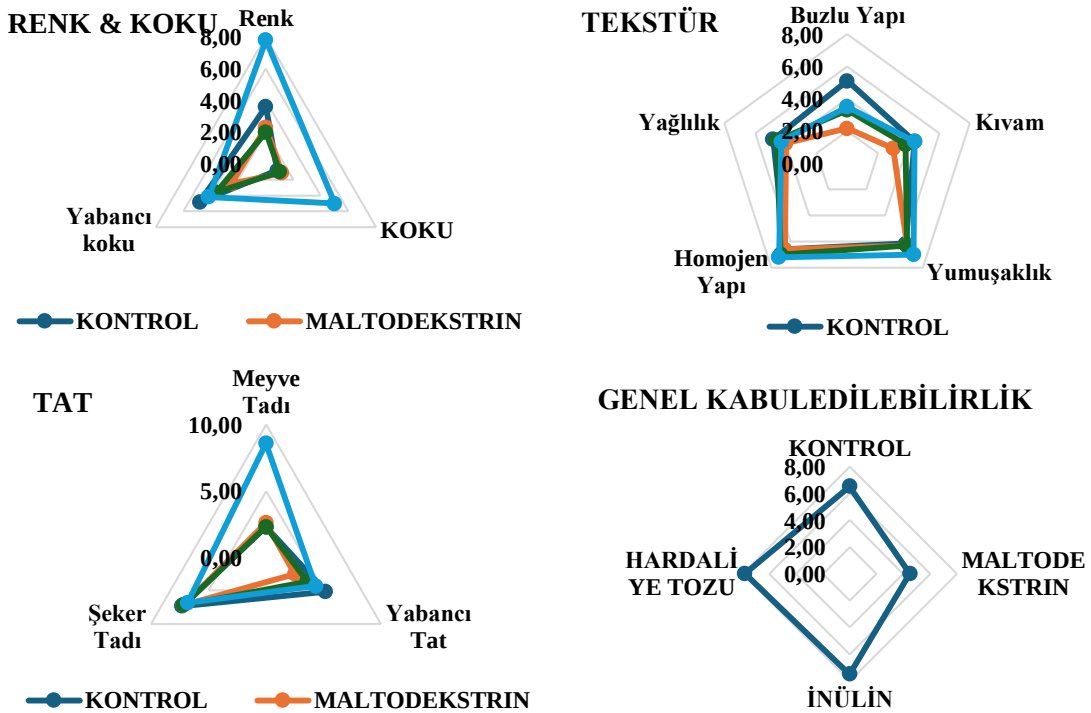
Toplam renk farkı (ΔE) değerleri, hardaliye tozunun ($18,06$) dondurmada en belirgin renk değişimine yol açtığını göstermiştir. Kroma değerlerindeki artış ($10,02$), hardaliye ilaveli ürünlerde renk doygunluğunun arttığını işaret etmektedir. Hue açısındaki değişimler ise renk tonundaki kaymaları yansıtmaktadır (Leon et al., 2006).

Sonuç olarak, hardaliye tozu ilavesi dondurmada belirgin kırmızımsı-kahve bir renk oluştururken, maltodekstrin sarımsı tonları artırmış, inülin ise renk özelliklerini minimum düzeyde etkilemiştir. Bu bulgular, ürün formülasyonlarının tüketici tercihleri üzerindeki potansiyel etkilerini anlamak açısından önem taşımaktadır (Civille ve Carr, 2015).

3.2. Dondurma örneklerinin duysal değerlendirilmesi

Örneklerde yapılan duysal değerlendirme sonucunda kantitatif değerlendirmeler ile elde edilen verilere paralel sonuçlara varılmıştır. Tüm örnekler için renk, koku, tat, tekstür ve genel kabul edilebilirlik özellikleri incelenmiştir. Duyusal analiz sonuçları, dört farklı dondurma örneğinin belirli bileşenlerin katkısıyla önemli ölçüde farklılık gösterdiğini göstermektedir (Şekil 2.). Duyusal değerlendirme sonuçları, hardaliye tozunun dondurmaya özgün katkılarını ortaya koymaktadır. Çalışmamızda hardaliye tozu ilaveli örnekler, genel kabul edilebilirlik açısından diğer gruplara göre anlamlı derecede yüksek puan almıştır ($p<0,01$). Bu bulgu, fermente ürünlerin duysal özellikleri üzerine yapılan çalışmalarla uyumludur (Özkan ve ark., 2018). Hardaliye tozunun kazandırdığı karakteristik renk özellikleri, üzüm bazlı ürünlerin doğal pigmentlerinin tüketici tercihlerini olumlu yönde etkilediğini gösteren önceki araştırmaları destekler niteliktedir (Karaaslan ve ark., 2016).

Tekstürel özellikler açısından, hardaliye tozunun sağladığı yapısal stabilite dikkat çekicidir. Fermente ürünlerin doğal stabilizatör etkisi üzerine yapılan çalışmalar (Yılmaz ve Gökmen, 2019), bu bulguyu desteklemektedir. Tat profilinde hardaliye tozunun sağladığı meyve tadı ve düşük şeker algısı, fonksiyonel gıda formülasyonlarındaki avantajlarla ilgili literatür bilgisiyle örtüşmektedir (Granato ve ark., 2020). Koku özelliklerindeki üstün performans ise fermente ürünlerin kompleks aroma profili hakkındaki bilgilerle uyumludur (Selli ve ark., 2021).



Şekil 2. Dondurma örneklerine ait duysal analiz sonuçları

Bu çalışmanın en önemli katkısı, hardaliye tozunun geleneksel ikame maddelerinden (inülin ve maltodekstrin) farklı olarak çok yönlü fonksiyonel özellikler sunmasıdır. Literatürde süt ürünlerinde bu

tür fermente bitki tozlarının kullanımına ilişkin sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Akin ve ark., 2017). Elde edilen sonuçlar, özellikle düşük şekerli ve yüksek fonksiyonel özellikli dondurma geliştirilmesi açısından endüstriyel uygulamalara ışık tutacak niteliktedir.

4. Sonuç

Bu çalışma, çeşitli yağ ikame maddeleri ve hardaliye tozu kullanılarak fonksiyonel dondurma üretiminin fiziksel, kimyasal ve duyusal özelliklerini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. İnülin veya maltodekstrin gibi yağ ikame maddeleri kullanılarak yağ oranı düşürülmüş ve kalorisi azaltılmış dondurma üretimi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, çalışmada ilk kez bir gıda ürününde kullanılan hardaliye tozunun etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, maltodekstrin ve inülin gibi yağ ikame maddelerinin kullanılmasının ürün özelliklerini iyileştirebileceğini göstermiştir. Yağ ikame edici maddelerin kullanımıyla dondurmanın erime süresi ve ilk damlama süresi üzerinde belirgin etkiler gözlemlenmiştir. Hardaliye tozu ilavesinin ise dondurmanın fenolik madde içeriğini zenginleştirdiği ve duyusal özelliklerini iyileştirdiği belirlenmiştir. Bu bulgular, düşük yağ ve şeker içeren fonksiyonel dondurmaların geliştirilmesinde potansiyel olarak değerli katkılar sunmaktadır. Ayrıca elde edilen veriler, yapılacak bir dondurma örneğinde yağ ve şeker ikame maddelerinin aynı anda ve birlikte kullanımıyla hem tekstürel hem duyusal ve hem de fonksiyonel anlamda daha kaliteli bir dondurma üretilabileceğini göstermektedir.

Bu çalışmanın sonuçları, fonksiyonel dondurma üretiminde yağ ikame maddeleri ve hardaliye tozu gibi doğal bileşenlerin kullanımının önemini vurgulamaktadır. Yağ ikame maddelerinin kullanımının dondurmaların besin içeriği üzerinde olumlu etkileri olduğu ve kalori içeriğini azalttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, hardaliye tozunun dondurmaların yapısal özelliklerini iyileştirdiği ve fenolik madde içeriğini artırdığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, endüstriyel ölçekte fonksiyonel dondurma üretimi için yeni ve yenilikçi bileşenlerin kullanımının potansiyelini ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın bulguları, sağlıklı dondurma alternatiflerinin geliştirilmesinde önemli bir adım olabilir ve tüketicilerin sağlık bilinciyle uyumlu ürünlerin talebini artırabilir.

Teşekkür

Bu araştırma Ersin TEKİNEL'in Lisans Bitirme Tez Çalışması olup, araştırmada kullanılan hazır çözünür hardaliye tozunun formülasyonu TÜBİTAK- 123O685 nolu proje kapsamında geliştirilmiş ve üretilmiştir. Çalışmada kullanılan diğer materyal ve malzemeler TOBB Kırklareli Kadın Girişimciler Kurulu tarafından temin edilmiştir. Bu nedenle araştırmacılar TUBİTAK ve TOBB Kırklareli Kadın Girişimciler Kuruluna teşekkürlerini sunmaktadır. Ayrıca çalışma, ICAEH: Uluslararası Tarım, Çevre ve Sağlık Kongresi'nde (2024) özet metin olarak basılmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynaklar

- Abbas S., Sharif MK., Sibte-Abbas M., Teferra FT., Sultan MT., Anwar MJ. Nutritional and therapeutic potential of sesame seeds. *Journal of Food Quality* 2022; ID 6163753.
- Abdou SM., Shenana ME., El.Nagar GF., Elatif A., Galal R. Improving the quality of low-fat ice cream using some fat replacers. 5th International Conference on Biotechnology Applications in Agriculture (ICBAA), Benha University, 8 April 2021, Egypt (Conference Online).
- Akin MB., Akin MS., Kirmaci Z. Prebiotic dairy products. *Journal of Dairy Science* 2017; 100(10): 7907-7923.
- Arslan N. Our endemic medicinal plants. 2nd Medicinal and Aromatic Plants Symposium, Invited Paper, 23-25 September 2014. Yalova, Turkey.
- Askin B., Atik A. Color, phenolic composition, and antioxidant properties of hardaliye (Fermented grape beverage) under different storage conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 2016; 40(6): 803-812.
- Ateteallah H., Abd-Alla A., Ateteallah A., Hassan N. Physicochemical and sensory properties of low-fat ice cream made with inulin and maltodextrin as fat replacers. *Journal of Food and Dairy Sciences* 2020; 11: 151-156.
- Atsan E. Değişik alanlarda kullanılan emülgatör ve stabilizörlerin dondurmanın bazı kalite kriterleri üzerine etkisi. Doktora Tezi, 99s. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2004.
- Barazandegan Y., Ali YAS., Eslami MR. Studying on effect of inulin and maltodextrin usage as fat replacers on color and sensory properties of prebiotic cocoa ice cream. *World Science and Technology* 2013; 1(6): 172-183.
- Bigliardi B., Galati F. Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. *Trends in Food Science and Technology* 2013; 31: 118-129.
- Bisar GH., El-Saadany KH., Khattab A., El-Kholy WM. Implementing maltodextrin, polydextrose and inulin in making a synbiotic fermented dairy product. *British Microbiology Research Journal* 2015; 8(5): 585-603.
- Civille GV., Carr BT. Sensory evaluation techniques (5th Edition). CRC Press 2015; 56-78. ISBN: 978-1-4398-8345-3.
- Cortez R., Luna-Vital DA., Margulis D., Gonzalez de Mejia E. Natural pigments: Stabilization methods of anthocyanins for food applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2017; 16(1): 180-198.
- Demiray E. Kurutma işleminde domatesin likopen, askorbik asit ve renk değişiminin kinetiğinin belirlenmesi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 113s, 2009.

- Dölek P. Mikrokapsüllerin yaban mersini ekstraktının dondurmada ve in vitro koşullarda antioksidan kapasitesinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 2012.
- El-Khair AAA., Abd-Alla AA., Ateteallah AH., Hassan NA. Physicochemical and sensory properties of low-fat ice cream made with inulin and maltodextrin as fat replacers. *Journal of Food and Dairy Sciences* 2020; 11(6): 151-156.
- Fawole OA., Opara UL. Effects of maturity status on biochemical content, polyphenol composition and antioxidant capacity of pomegranate fruit arils (*cv. 'Bhagwa'*). *South African Journal of Botany* 2013; 85: 23-31.
- Fernandes D., Leonel M., Del Bem M., Mischan MM. Cassava derivatives in ice cream formulations: effects on physicochemical, physical and sensory properties. *Journal of Food Science and Technology Mysore* 2017; 54(3): 1357-1367.
- Flamm G., Glinsmann W., Kritchevsky D., Prosky L., Roberfroid M. Inulin and oligofructose as dietary fiber: A review of the evidence. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 2001; 41(5): 353–362.
- Franck A. Technological functionality of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition* 2002; (2): 287-291.
- Genovese G., Balivo A., Salvati A., Sacchi R. Functional ice cream health benefits and sensory implications. *Food Research International* 2022; 161:111858.
- Gheisari HR., Heydari S., Basiri SB. The effect of date versus sugar on sensory, physicochemical, and antioxidant properties of ice cream. *Iranian Journal of Veterinary Research* 2020; 21(1): 9-14.
- Gibson GR., Hutkins R., Sanders ME., Prescott SL., Reimer RA., Salminen SJ., Scott K., Stanton C., Swanson KS., Cani PD., Verbeke K., Reid G. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology* 2017; 14(8): 491–502.
- Giusti MM., Wrolstad RE. Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochemical Engineering Journal* 2003; 14(3): 217-225.
- Granato D., Barba FJ., Bursać Kovačević D., Lorenzo JM., Cruz AG., Putnik P. Functional foods development. *Trends in Food Science & Technology* 2020; 100: 252-263.
- Goff HD. Formation and stabilisation of structure in ice-cream and related products. *Current Opinion in Colloid and Interface Science* 2002; 7(5-6): 432-437.
- Goff HD., Hartel RW. Ice cream: Seventh edition. ISBN: 978-1-4614-6095-4, Springer, New York, New York, NY, 2013.
- Güven M., Kalender M., Taşpinar T. Effect of using different kinds and ratios of vegetable oils on ice cream quality characteristics. *Foods* 2018; 7: 2-11.
- Güzeler N., Kaçar A., Kaçeli T., Say D. Effect of different stabilizers, emulsifiers and storage time on some properties of ice cream. *Akademik Gıda* 2012; 10: 26–30.

- Harris PJ., Ferguson LR. Dietary fibres may protect or enhance carcinogenesis. *Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis* 1999; 443(1-2): 95-110.
- Hofman DL., van Buul VJ., Brouns FJPH. Nutrition, health, and regulatory aspects of digestible maltodextrins. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 2015; 12:56(12): 2091–2100.
- Ilikkan OK., Doganlar O., Doganlar ZB., Mimirolu MA. Anticancer activity of the “Hardaliye” on HT-29 Cell Line and proliferative activity on CF-1 cell line: Apoptosis and Antioxidant pathway responsive gene expressions. *Integrative Molecular Medicine* 2017; 4(3): 1-8.
- Junyusen T., Ngampang N., Sangmuang A., Suthada S., Chatchavathatri N. The effects of inulin on the textural, thermal, and microstructural properties of reduced-fat cheese. *Suranaree Journal of Science and Technology* 2017; 24: 23-30.
- Kaur N., Gupta AK. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. *Journal of Biosciences* 2002; 27(7): 703-714.
- Karaaslan M., Ozden A., Vardin H., Turkoglu H. Phenolic compounds and antioxidant activity of hardaliye. *Food Chemistry* 2016; 194: 171-176.
- Lawless HT. Descriptive analysis of complex odors: reality, model or illusion? *Food Quality and Preference* 1999; 10(4-5): 325-332.
- Leon K., Mery D., Pedreschi F., Leon J. Color measurement in Lab* units from RGB digital images. *Food Research International* 2006; 39(10): 1084-1091.
- Lightowler H., Thondre S., Holz A., Theis S. Replacement of glycaemic carbohydrates by inulin-type fructans from chicory (oligofructose, inulin) reduces the postprandial blood glucose and insulin response to foods: report of two double-blind, randomized, controlled trials. *European Journal of Nutrition* 2018; 57: 1259-1268.
- Martins SIFS., Jongen WMF., van Boekel MAJS. A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Trends in Food Science & Technology* 2001; 11(9-10): 364-373.
- Metwally AMME. Effect of enzymatic cross-linking of milk proteins on properties of ice cream with different composition. *International Journal of Food Science and Technology* 2007; 42: 939-947.
- Motyl W., Dziugan P., Motyl I., Jóźwiak I., Nowak S. Functional ice cream with a "clean label". *Biotechnology and Food Science* 2019; 83(2): 121-134.
- Muse M., Hartel RW. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *Journal of Dairy Science* 2004; 87: 1-10.
- Narala VR., Orlovs I., Jugbarde MA., Masin M. Inulin as a fat replacer in pea protein vegan ice cream and its influence on textural properties and sensory attributes. *Applied Food Research* 2022; 2 (1): 10.
- Orhan H., Efe E., Şahin M. SAS yazılımı ile istatistiksel analizler. Tuğra Ofset, ISBN:975-270- 435-2, Isparta, 122s, 2004.

- Özkan E., Sagdic O., Ekici L., Ozturk I., Ozcelik S. Traditional fermented beverages of Turkey. *Food Reviews International* 2018; 34(1): 82-101.
- Pathare PB., Opara UL., Al-Said FAJ. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food and Bioprocess Technology* 2013; 6(1): 36-60.
- Paula CM., Santos K., Oliveira LS., Oliveira JS., Paulo CM., Santos K., Oliveira LS., Oliveira, J.S., Alonso FCA., Saad SMI. Fat substitution by inulin in goat milk ice cream produced with cajá (*Spondias mombin*) pulp and probiotic cultures: influence on composition, texture, and acceptability among consumers of two Brazilian regions. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 2020; 32(2): 140-149.
- Pintor A., Escalona-Buendía HB., Totosa A. Effect of inulin on melting and textural properties of low-fat and sugar-reduced ice cream: optimization via a response surface methodology. *The International Food Research Journal (IFRJ)* 2017; 24(4): 1728-1734.
- Polatçı H., Tarhan S. Farklı kurutma yöntemlerinin reyhan (*Ocimum basilicum*) bitkisinin kuruma süresine ve kalitesine etkisi. *Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 2009; 26(1): 61-70.
- Raju PN, Pal D. The physico-chemical, sensory and textural properties of misti dahi prepared from reduced fat buffalo milk. *Food and Bioprocess Technology* 2009; 2: 101–108.
- Robertfroid M. Prebiotics: The concept revisited. *The Journal of Nutrition* 2010; 137(3): 830-837.
- Roshanravan N., Mahdavi R., Alizadeh E., Jafarabadi MA., Hedayati M., Ghavami A., Alipour S., Alamdari NM., Barati M., Ostadrahimi A. Effect of butyrate and inulin supplementation on glycemic status, lipid profile and glucagon-like peptide 1 level in patients with type 2 diabetes: A randomized double-blind, placebo-controlled trial. *Hormone and Metabolic Research* 2017; 49: 886- 891.
- Rothwell JC. Techniques and mechanisms of action of transcranial stimulation of the human motor cortex. *Journal of Neuroscience Methods* 1997; 74(2): 113-122.
- Saentaweek S., Chaikham P. Effect of whey protein isolate incorporated with various carbohydrate-based fat replacers on physicochemical and sensorial properties of low-fat chocolate ice cream. *Food Research* 2023; 7(1): 167-176.
- Salem SA., Abdel-Salam MA., El-Shibiny S. Preparation and properties of low sugar functional ice cream varieties. *Egyptian Journal of Dairy Science* 2003; 31: 399-409.
- Samakradhamrongthai RS., Jannu T., Supawan T., Khawsud A., Aumpa P., Renaldi G. Inulin application on the optimization of reduced-fat ice cream using response surface methodology. *Food Hydrocolloids* 2021; 119: 106873.
- Savchina E., Grosso AL., Ferrentino G., Massonerb P. Scampicchio MM. Structured vegetable lipids as ice cream fat source. *Chemical Engineering Transactions* 2023; 102: 19-24.
- Selli S., Kelebek H., Ayseli MT., Tokbas H. Aroma compounds of fermented beverages. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 2021; 61(7): 1161-1186.

- Slavin J. Dietary fiber and body weight. *Nutrition* 2020; 78, 111–117.
- Small SL., Flores DK., Noll DC. Different neural circuits subserve reading before and after therapy for acquired dyslexia. *Brain and Language* 1998; 62: 298-308.
- Soukoulis C., Tzia C. Grape, raisin and sugarcane molasses as potential partial sucrose substitutes in chocolate ice cream: A feasibility case study. *International Dairy Journal* 2018; 76: 18-29.
- Soukoulis C., Lyroni E., Tzia C. Sensory profiling and hedonic judgement of probiotic ice cream as a function of hydrocolloids, yogurt and milk fat content. *LWT - Food Science and Technology* 2010; 43(9): 1351-1358.
- Syed QA., Anwar S., Shukat R., Zahoor, T. Effects of different ingredients on texture of ice cream. *Journal of Nutritional Health and Food Engineering* 2018; 8: 422-435.
- Wang L., Yang H., Huang H., Zhang C., Zuo HX., Xu P., Niu YM., Wu SS. Inulin-type fructans supplementation improves glycemic control for the prediabetes and type 2 diabetes populations: results from a GRADE-assessed systematic review and dose–response meta-analysis of 33 randomized controlled trials. *Journal of Translational Medicine* 2019; 17(1): 410.
- Yılmaz C., Gökmen V. Fermented foods and food safety. *Food Research International* 2019; 120: 480-487.
- Tunland BC., Meyer, D. Non-digestible oligo and polysaccharides (dietary fibre): Their physiology and role in human health and food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2002; 1: 73-92.
- Tiwari A., Sharma HK., Kumar N., Kaur M. The effect of inulin as a fat replacer on the quality of low-fat ice cream. *International Journal of Dairy Technology* 2015; 68(3): 374-380.
- Tsevdou M., Aprea E., Betta E., Khomenko I. Rheological, textural, physicochemical and sensory profiling of a novel functional ice cream enriched with muscat de Hamburg (*Vitis vinifera L.*) Grape Pulp and Skins. *Food and Bioprocess Technology* 2019; 12(8): 665-680.
- Zaini NSM., Mansor N., Yusoff MM., Rahim MHA. Physico-chemical and Sensory Properties of Red Palm Oil-based Ice Cream Using Maltodextrin or Modified Starch as Stabilizers. *Journal of Oleo Science* 2023; 72(9): 811-818.