

Article Arrival Date

20.04.2021

Article Type

Research Article

Article Published Date

20.06.2021

Doi Number: <http://dx.doi.org/10.38063/ejons.417>

DONDURMA ÜRETİMİNDE ORTAYA ÇIKAN ARTIK KARIŞIMIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN İNCELENMESİ KONUSUNDA FİZİBİLİTE ÇALIŞMASININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

EVALUATION OF THE RESIDUAL MIXTURE EMERGED IN ICE CREAM PRODUCTION AND THE FEASIBILITY STUDY ON ENERGY EFFICIENCY

Tuğçe ERBAKAN

Department of Food Engineering, Ege University, 35100 Bornova, Izmir, Turkey

ORCID: 0000-0003-3563-9130

Safiye Nur DİRİM*

Department of Food Engineering, Ege University, 35100 Bornova, Izmir, Turkey

ORCID: 0000-0002-0533-4275

Özet

Dondurma her yaştan tüketiciye hitap eden, zengin çeşit yelpazesine sahip bir süt ürünüdür. Dondurma üretimi sırasında artık karışım oluşmaktadır ve bu dondurulmamış karışım, içerdiği bileşenler nedeniyle besin değeri açısından zengin bir atık oluşturmaktadır. Günümüzde sürdürülebilirlik bilincinin yaygınlaşmasıyla birlikte değerli ve tekrar kullanılabilir nitelikteki atıklar farklı yöntemler ile işlenmektedir. Bu çalışmada, dondurma üretiminde meydana gelen dondurma artık karışımını temsilen sade dondurma eritilerek dondurarak kurutucu ile kurutulmuş ve 2.35 ± 0.14 (yaş bazda, yb) nem içeriğine ve 0.24 ± 0.01 su aktivitesi değerine sahip dondurma artık karışımı tozu (DAT) elde edilmiştir. Dondurarak kurutma işleminin enerji tüketimini incelemek amacıyla özgül nem uzaklaştırma hızı (SMER: Specific Moisture Extraction Rate (kg/kWh)), nem uzaklaştırma hızı (MER: Moisture Extraction Rate (kg/h)) ve özgül enerji tüketim miktarı (SEC: Specific Energy Consumption (MJ/kg)) hesaplanarak sırasıyla 1.93 ± 0.25 , 1.16 ± 0.15 ve 1.90 ± 0.28 olarak bulunmuştur. DAT tozu kek formülasyonuna belirli oranlarda un ile yer değiştirme şeklinde eklenmiştir (%0 kontrol, %5-10-15). DAT ilavesi kek hamurlarının nem içeriğinde önemli bir değişime neden olmamıştır ve nem içeriği değerleri % 30.82- 31.44 (yb) aralığında bulunmuştur. Keklerde ise DAT ilavesi nem içeriğinde istatistiksel olarak anlamlı farklara neden olmuştur ve nem içeriği değerleri % 21.73-24.82 (yb) aralığında bulunmuştur. DAT oranının artması ile kek hamurunun su aktivitesi değeri artarken (aw: 0.801-0.901 aralığında), keklerde azaldığı (aw: 0.763-0.819) görülmüştür. Ayrıca, kontrol kekine kıyasla DAT ilave oranı arttıkça kek hamuru, iç ve kabuk kısımlarının parlaklık değeri önemli ölçüde azalmıştır. DAT ilave edilen keklerin yapısal özelliklerinin kontrol grubu keklerle yakın sonuçlar verdiği, tekstürel özellikleri açısından ise genel olarak farklı olduğu görülmüştür. Sonuç olarak yılda yaklaşık 20 bin ton gıda atığı olarak meydana gelen dondurma atık karışımının geri kazanımına ve gıda formülasyonlarına eklenmesine dair bu çalışmanın literatüre ve sürdürülebilir üretim sistemlerine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: dondurma artık karışımı, atık değerlendirme, dondurarak kurutma, enerji verimliliği

Abstract

Ice cream is a dairy product appealing to the customers of all ages with a rich variety of choices. High amounts of highly nutritional residual mixtures are generated in the ice cream production process to be reprocessed. In this study, plain ice cream was melted to represent ice cream residual mixture and dried in a freeze dryer to obtain ice cream residual mixture powder (IRP) with moisture

content and water activity values of 2.35 ± 0.14 % (wet basis, wb) and 0.24 ± 0.01 respectively. In order to examine the energy consumption of the freeze-drying process, the specific moisture extraction rate (SMER (kg/kWh)), moisture extraction rate (MER (kg/h)) and the specific energy consumption (SEC (MJ/kg)) were calculated as 1.93 ± 0.25 , 1.16 ± 0.15 and 1.90 ± 0.28 respectively. IRP was added to the cake formulation in certain proportion (0% control, 5-10-15%). The addition of IRP did not cause a significant change in the moisture content of the cake batter (the moisture content values were 30.82-31.44 % (wb)), however, the addition of IRP in cakes caused statistically significant differences in the moisture content as 21.73-24.82 % (wb). While the water activity value of the cake batters increased (aw: 0.801-0.901) according to increasing amount of IRP, it was observed that it decreased (aw: 0.763-0.819) in the cakes. The brightness values of cake batters, crumb and crust significantly decreased depending on the increasing amount of the IRP compare to the control cake. The structural properties of the cakes with IRP gave results similar to the control group cakes, but were generally different in terms of their textural properties. Consequently, this study showed the utilization of ice cream residual mixture, as approximately 20 thousand tons per year, as addition to food formulations which contribute to the literature and sustainable production systems.

Keywords: ice cream residual mixture, food waste utilization, freeze drying, energy efficiency

1. GİRİŞ

Dondurma, geçmişte buza eklenen ezilmiş meyveler, bal, şerbet, şarap gibi katkı maddeleri ile mevsimlik keyif veren bir gıda olarak kullanılırken bugün pek çok değişik aroma ve katkı maddesine sahip çeşitli gıda maddeleri ile birleştirilebilen (Bisküvi, çeşitli hamur tatlıları) endüstriyel bir gıda haline gelmiştir. Dondurma, pastörize edilmiş karışımın (miksini) karıştırılarak dondurulmasıyla elde edilen dondurulmuş bir süt ürünüdür. Dondurma yapımında kullanılan karışımda süt ürünleri, sakaroz, dekstroz, katı veya sıvı halde mısır şurubu, su ve isteğe bağlı diğer maddeler, yumurta veya yumurta ürünleri, aroma maddeleri, stabilizör, emülgatörler ve diğer sağlığa zararlı olmayan yenilebilir maddeler bulunmaktadır. Dondurmada, protein, karbonhidrat ve yağın yanı sıra; A, C, D, E ve B Grubu vitaminleriyle, kalsiyum, fosfor, magnezyum, sodyum, potasyum, demir ve çinko gibi mineraller de bulunur (Uludağ, 2010).

Ülkelere göre dondurma tüketimi incelendiğinde Amerika ve Asya ülkeleri dünyada en fazla dondurma tüketen ülkeler sıralamasında ilk sıralarda yer almaktadır. ABD’de dondurma firmalarının 2014 yılında 3,3 milyar litre dondurma sattığı ve kişi başı yıllık tüketimin yaklaşık 10 kg civarında olduğu bildirilmiştir. Avrupa da İsveç yılda kişi başına yaklaşık 16 litre ile en yüksek kişi başına dondurma tüketim oranına sahiptir. Türkiye’de dondurma tüketimi, 2000 yılında 1 litre olarak gerçekleşirken, 2005 yılında bu rakam 1,5 litre çıkmış, 2010 yılında ise bu rakam 2,5 litreye 2015 yılında kişi başına tüketim 4,2 litreye ulaşmıştır. Her yıl düzenli olarak büyüyen dondurma pazarında dondurma tüketimi üreticileri daha rekabetçi ve seri üretime yönlendirmiştir (Anonim, 2016; Uludağ, 2010).

İnsan nüfusunun artması ile doğru orantılı olarak gıda üretim süreçlerinde de yıllık üretim miktarları ve üretim hızı artmaktadır. Gıda işlemede seri üretim sonucunda gıda atık-artık veya yan ürünlerinin meydana gelme oranı da son yıllarda artmaktadır. Gıda atıkları genel olarak besin değeri yüksek atıklar olduğundan geri dönüşümünün sağlanması önemli bir konudur. Dondurma üretiminde hızlı üretiminin bir sonucu olarak dondurma artık karışımı meydana gelmektedir. Bu artık karışım, içerdiği bileşenler nedeniyle besin değeri açısından zengin bir atık oluşturmaktadır. Dondurma artık karışımı raf ömrünün sınırlı olması, soğuk depolama gerektirmesi ve fazla depolama alanına ihtiyaç duyulması nedenleriyle atık kategorisinde değerlendirilmektedir. Ülkemizde yılda yaklaşık 500 bin ton dondurma üretiminin yapıldığı düşünülürse, bu üretimin 20 bin tonunun dondurma artık karışımı olarak meydana geldiği varsayılabilir (Anonim, 2016). Bu ölçüde meydana gelen dondurma artık karışımının kurutulması ile depolama ve geri kazanımı konularında etkin sonuçlar elde edilebilir.

Kurutma işlemi ilk olarak güneşte kurutma ile başlamış, ancak kısa işlem süreleri ve standart ürün işleme gereksinimleri nedeniyle vakum altında kurutma, mikrodalga kurutma ve dondurarak kurutma gibi endüstriyel kurutma yöntemleri geliştirilmiştir. Dondurarak kurutma işlemi, düşük basınç altında donmuş haldeki serbest suyun süblimasyonu ve bağlı suyun desorpsiyonun giderilmesi prensibine dayanmaktadır. Böylelikle katı fazdaki su vakum etkisi ile uzaklaştırılır ve ürün yapısındaki değerli bileşenlerin (mineraller, vitaminler, aromalar vb.) kaybı en aza indirilir. Dondurularak kurutulmuş ürünler, yüksek besin değeri, istenen doku ve rehidrasyon davranışıyla ve gözenekli bir yapıya sahip olmasıyla bilinirler (Zea et al., 2013; Wang et al., 2006; Ergün et al., 2020).

Son zamanlarda tüketicilerin fonksiyonel ürünleri tüketme eğilimi, üreticilerin farklı ve daha sağlıklı ürünler üretmesine neden olmaktadır. Aynı zamanda tüketiciler son zamanlarda kullanıma hazır ürünleri tercih ettikleri için (Ayadi et al., 2009), birçok gıda işleme şirketi de sağlığı iyileştirici özelliklere sahip gıda ürünleri sunmaya başlamıştır (Lebesi and Tzia, 2011). Unlu mamuller toplumun geniş kesimleri tarafından tüketilen temel gıda maddelerindendir ve besinlerin insanların diyetine katılması için en çok tercih edilen gıdalardandır (Ktenioudaki and Gallagher, 2012). Kek, toplumun yaş gruplarına göre tercih edilen hazır gıda ürünlerinden biri olduğu için kek ürünlerinin potansiyel zenginliğini göstermek için çok sayıda çalışma yapılmaktadır (Ayadi et al., 2009; Labesi and Tzia, 2011; Sudha et al., 2007; Seyhun et al., 2003).

Keklerin fonksiyonel özelliklerinde iyileştirme emülgatör, stabilizör, kıvam artırıcı gibi katkı maddeleri ilavesi ile başarılabilir, ancak keklerin özelliklerini iyileştirmek için gıda maddelerinin eklenmesi daha ilginç ve ümit verici bir uygulamadır. Literatürde, kek kalitesinin iyileştirilmesi için şeker ve yağ gibi istenmeyen bileşenlerin ikame edilmesi, gıda işleme atık-artık veya yan ürünlerinin kek formülasyonuna eklenmesi ile keklerin besin değeri ve fonksiyonel özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar bulunmaktadır (Koç et al., 2019; Wang et al., 2002; Kaack et al., 2006; Guevara-Arauz et al., 2014). Son yıllarda unlu mamul formülüne diyet lifi, yağ ikame maddesi ve yan ürünlerin eklenmesi, insan sağlığı ve üretimdeki işlevsellik üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle araştırmacılar ve gıda endüstrisi tarafından giderek artan bir ilgi görmektedir (Koç et al., 2019; Ergün et al., 2020).

Bu çalışmada, dondurma artık karışımının kurutulmuş olarak geri kazanım imkânlarının değerlendirilmesi ve bu konuda enerji verimliliği ve fizibilite çalışmalarının gerçekleştirilmesi, elde edilen artık karışım tozunun kek formülasyonuna ilave edilmesi ile keklerin pişme verimi, fiziksel ve tekstürel özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Dondurma artık karışımı tozu üretiminde sade dondurma kullanılmıştır. Dondurma artık karışımı tozu ile zenginleştirilecek kek yapımında kullanılacak un (1.5 g/100 g yağ, 73.8 g/100 g karbonhidrat, 11.5 g/100 g protein, Söke Un San. ve Tic. A.Ş.), şeker (Doğuş Gıda San. ve Tic. A.Ş.), yumurta (Güres Gıda San. ve Tic. A.Ş.), ayçiçek yağı (Orkide Gıda San. ve Tic. A.Ş.), kabartma tozu (Dr. Oetker Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş.) ve süt (Pınar Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş.) İzmir'deki yerel marketlerden temin edilmiştir.

2.2. Metot

Dondurma Artık Karışımı Tozunun Üretimi

Dondurma üretiminde meydana gelen dondurma artık karışımını temsilen sade dondurma eritilmiş ve metal petrilere konularak (3 mm kalınlığında) hava üfleli dondurucuda (-25°C) dondurulmuştur. Donuk haldeki örnekler dondurarak kurutucuda (13.33 Pa mutlak basınç, -48 ± 2°C kondansatör sıcaklığı ve +10 °C ısıtma plakası sıcaklığı) 7 saat kurutulduktan sonra öğütülerek (Bosch MKM6000, Almanya) dondurma artık karışımı tozu elde edilmiştir. Elde edilen DAT örnekleri buzdolabında (+4°C) muhafaza edilmiştir.

Dondurma Artık Karışımı Tozu ile Zenginleştirilmiş Keklerin Hazırlanması ve Pişirilmesi

Kekler Ergün (2012)'nin kullandığı kek formülasyonu modifiye edilerek üretilmiştir (Tablo 1). Dondurma artık karışımı tozunun (DAT) formülasyona 3 farklı oranda (%0 (kontrol), %5, %10 ve %15) ağırlıkça un ile yer değiştirme şeklinde ilavesi gerçekleştirilmiştir ve her bir orandaki kek iki tekerrür olacak şekilde üretilmiştir.

Tablo 1. Kek Formülasyonu (Ergün, 2012).

Bileşenler (%)	Kontrol	DAT5	DAT10	DAT15
Un	49.20	46.74	44.28	41.82
Yumurta	51.53	51.53	51.53	51.53
Şeker	60.00	60.00	60.00	60.00
Ayçiçek yağı	23.45	23.45	23.45	23.45
Süt	24.88	24.88	24.88	24.88
Kabartma tozu	3.33	3.33	3.33	3.33
Dondurma artık karışımı tozu	-	2.46	4.97	7.38

Kontrol: Dondurma artık karışımı tozu ilave edilmeyen kek grubu

DAT5: Un ağırlığının %5 oranında dondurma artık karışımı ile yer değiştirmesi ile üretilen kek grubu

DAT10: Un ağırlığının %10 oranında dondurma artık karışımı ile yer değiştirmesi ile üretilen kek grubu

DAT15: Un ağırlığının %15 oranında dondurma artık karışımı ile yer değiştirmesi ile üretilen kek grubu

Kek hamurunun hazırlanması için; şeker ve yumurta ev tipi mikser (Kitchen Aid, 5K45SS, ABD) ile yüksek devirde 5 dakika karıştırılmıştır. Ardından karışıma un, kabartma tozu ve diğer bileşenler (yağ ve süt) ilave edilerek, iki dakika boyunca mikser ile düşük devirde karıştırılmıştır. Elde edilen dondurma artık karışımı tozu, kek formülasyonlarına %0 (kontrol, sade kek), % 5,% 10,% 15 (yaş bazda, yb.) oranlarında un ile yer değiştirme şeklinde ilave edilmiştir. Hazırlanan kek hamuru (100g) yağlanmış fırın kabına (12 cm çapında) koyulmuştur. Kekler önceden ısıtılmış konveksiyonel fırında (Beko, OIM22301X, Türkiye) 175 °C'de 20 dakika pişirilmiştir.

238

Dondurma Artık Karışımı Tozu, Kek Hamuru ve Pişmiş Keklere Uygulanan Analizler

Dondurarak kurutma denemelerinde enerji tüketim etkinliğini belirlemek amacıyla cihaza bağlı elektrik sayacı (Köhler, AEL. TF.04, Türkiye) kullanılarak kurutma çalışmaları süresince kurutucunun elektrik tüketimi takip edilmiştir. Kurutucuların enerji verimliliği genellikle, özgül nem uzaklaştırma hızı (SMER: Specific Moisture Extraction Rate (kg/kWh)), kurutucudan birim zamanda uzaklaştırılan nem kütlesi (MER: Moisture Extraction Rate (kg/h)) ve örneklerden birim miktarda suyu uzaklaştırmak için gerekli enerji miktarı (SEC: Özgül Enerji Tüketimi (MJ/kg)) cinsinden hesaplanmıştır (Jindarat et al., 2011; Chua et al., 2002. Dondurma artık karışımı tozlarının dondurarak kurutucuda kurutulması sırasında elde edilen SMER, MER ve SEC değerleri aşağıda belirtilen formüllere göre hesaplanmıştır (Eşitlik 1-3).

$$SMER = \frac{\text{Üründen uzaklaştırılan nem kütlesi(kg su)}}{\text{Toplam enerji tüketimi (kWh)}} \quad (1)$$

$$MER = \frac{\text{Üründen uzaklaştırılan nem kütlesi(kg su)}}{\text{Kuruma süresi (h)}} \quad (2)$$

$$SEC = \frac{\text{Sisteme giren toplam enerji (MJ)}}{\text{Üründen uzaklaştırılan nem kütlesi(kg su)}} \quad (3)$$

Dondurma artık karışımı tozu, kek hamuru ve pişmiş keklerin nem içeriği AOAC (2005) yöntemine göre, su aktivitesi değeri ise ± 0.001 hassasiyete sahip su aktivitesi ölçüm cihazı (Testo AG 400, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir. Renk değerleri Konica Minolta Chroma Meter CR- 400,

Japonya renk cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Hesaplamalarda CIE Lab (L*, a* ve b*) renk skalası kullanılmıştır. Tüm ölçümler 6 paralel şeklinde olup, ortalama değerler alınmıştır.

Piştirme sırasında keklerin ağırlık kaybı yüzdesi (% AK) ve piştirme verimi (% PV) Eşitlik 4 ve 5 kullanılarak hesaplanmıştır;

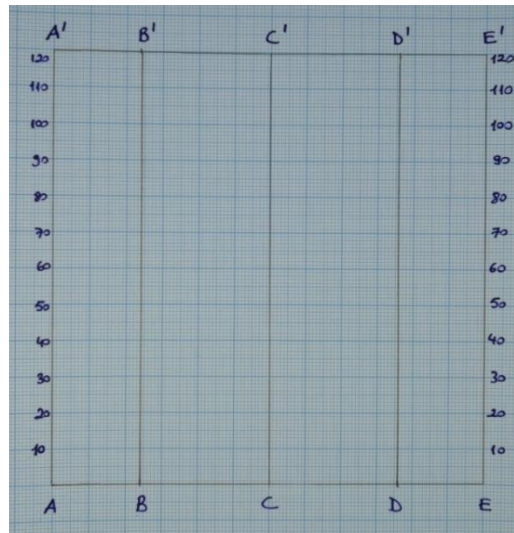
$$AK (\%) = \frac{W_{kek} - W_{kek \text{ hamuru}}}{W_{kek \text{ hamuru}}} \quad (4)$$

$$PV (\%) = \frac{W_{kek}}{W_{kek \text{ hamuru}}} \times 100 \quad (5)$$

w: ağırlığı ifade etmektedir.

Piştirilen kekler 1 saat soğutulduktan sonra simetri merkezlerinden ikiye kesilmiştir. Ardından AACCI metodunda yer alan kek ölçüm şablonu kullanılarak keklerin simetri, tekdüzellik ve hacim indeksleri ölçülmüştür (AACCI, metot no: 10-91.01,2000). Bu yöntemde kekin piştirilmesi için kullanılan fırın kalıplarının ölçüleri dikkate alınmış ve değerler mm cinsinden ifade edilmiştir.

Kek örneklerinin yapısal özelliklerinin belirlenmesinde kek ölçüm şablonu (AACCI Metot 10-91.01; AACCI, 2000) kek piştirme kalıbının ebatlarına göre modifiye edilerek kullanılmıştır. Modifikasyon şu şekilde yapılmıştır: Şablonun uzunluğu 12 cm'e düşürülmüş, B ve D noktaları merkezin sağ ve solunda merkeze 3.6 cm uzaklıkta, A ve E noktaları ise yine merkezin sağ ve solunda merkeze 6'şar cm uzaklıkta yer almıştır. Kullanılan kek ölçüm şablonu Şekil 1'de verilmiştir. Bu değerler daha sonra keklerin yapısal özellikleri hakkında fikir verecek indekslerin hesaplanması için kullanılmıştır (Eşitlik 6-8):



Şekil 1. Keklerin yapısal özellik analizinde kullanılan ölçüm şablonu

$$\text{Hacim İndeksi (mm)} = |BB'| + |CC'| + |DD'| \quad (6)$$

$$\text{Simetri İndeksi (mm)} = 2 \times |CC'| - |BB'| - |DD'| \quad (7)$$

$$\text{Tekdüzelik İndeksi (mm)} = |BB'| - |DD'| \quad (8)$$

Keklerde tekstür profil analizi (TPA) TA.XT Plus tekstür analiz cihazı (Stable Microsystems, Godalming, Surrey, UK) ile 1 mm'lik silindir prob kullanılarak belirlenmiştir. Keklerin iç kısımlarından 2x2x2 cm'lik küpler kesilerek 1mm/s test hızı, %50 sıkıştırma oranı ve 5 g'lık ilk algılama kuvveti kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Keklerin sertlik, elastikiyet, yapışkanlık, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve esneklik özellikleri belirlenmiştir.

İstatistiksel Analiz

DeneySEL sonuçlar ortalama $\pm$ standart sapma olacak şekilde kaydedilerek SPSS 20.0 paket programı (SPSS Inc., ABD) ile %95 güven aralığında tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Duncan testi uygulanarak gerçekleştirilmiştir.

3. BULGU ve TARTIŞMALAR

3.1. Dondurma Artık Karışımına Uygulanan Fiziksel Analizler ve Dondurarak Kurutucunun Enerji Tüketimi

Dondurma artık karışımının daha uzun süre, daha az yer kaplayarak ve stabil bir şekilde depolanması için artık karışımın kurutulması avantajlı bir yöntemdir. Kurutulan üründe son ürün kalitesinin korunması elde edilen ürünün değerlendirilme potansiyeli açısından önemlidir. Dozaj ve karıştırma uygulamaları düşünüldüğünde, katkıların unlu mamullerde kurutulmuş toz formunda, kullanılması daha avantajlıdır. Kurutma yöntemi seçiminde ürünün pişirme sırasında yüksek sıcaklıklara maruz kalacağı düşünülmüştür. Bu amaçla, gıdanın işlem öncesi kalite özelliklerine en yakın kalitede kurutulmuş ürün sağlayan dondurarak kurutma yöntemi seçilmiştir. Dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulmuş dondurma artık karışımı tozunun fiziksel özelliklerine dair sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Dondurma artık karışımı tozunun fiziksel özellikleri

Analiz		DAT
Nem içeriği (%)		2.35±0.14
Su Aktivitesi (a _w)		0.24±0.01
Renk Analizi	L*	96.48±0.26
	a*	-1.32±0.04
	b*	5.72±0.12

Literatürde, dondurarak kurutma işleminin düşük sıcaklıklarda gerçekleşmesi nedeniyle gıda ürünlerindeki ısıya duyarlı besinlerin bu kurutma yöntemi ile daha iyi korunduğunu gösteren çok sayıda makale bulunmaktadır (Zea et al., 2013; Wang et al., 2006; Ergün, 2012; Koç et al., 2019). Krokida ve Philippopoulos (2005) tarafından, gıda bileşenlerinin buzdan daha yüksek buhar basınçlarına sahip olması nedeniyle dondurarak kurutmanın erken aşamalarında bazı değerli bileşenlerin kaybolduğu, ancak daha sonraki aşamalarda, kurumuş gözenekli tabakanın kayıp için bir bariyer görevi gördüğü tespit edilmiştir. Böylece son ürün kalitesinin korunumu açısından gıda kurutmada dondurarak kurutmanın halen tercih edildiği bildirilmiştir.

Nem içeriği ve su aktivitesi, gıdaların mikrobiyal, kimyasal ve fiziksel özellikleriyle ilgili parametrelerdir. Ürünlerin nem içeriği, mikrobiyal bozulmalar meydana gelmesi nedeniyle gıdaların güvenli bir şekilde depolanması ve tüketiciye ulaştırılması için büyük önem taşımaktadır. (Hoseney 1994). Yüksek su aktivitesi, biyokimyasal reaksiyonlar için daha fazla serbest su bulunduğunu ve dolayısıyla daha kısa raf ömrünü gösterir (Fazaeli et al., 2016). Ayrıca, çiğ ve işlenmiş gıda ürünlerinin su aktivitesi, gıdalarda mikrobiyal öneminin yanında renk, aroma, tat, doku, stabilite ve kabul edilebilirlik gibi bazı spesifik değişikliklere neden olmaktadır (Rockland ve Nishi 1980).

Dondurma artık karışım tozlarının nem içeriği 2.35±0.14 ve su aktivitesi değeri 0.24±0.01 olarak bulunmuştur, bu nedenle elde edilen tozlar mikrobiyolojik olarak oldukça kararlı kabul edilebilir. Bu çalışma sonucunda düşük nem içeriğine ve su aktivitesine sahip dondurma artık karışımı tozu elde edilmiştir. Çalışma sonuçları dondurma miks tozu ve aromalı dondurma miks tozu elde edilen çalışmaların bulguları ile tutarlı bulunmuştur (Fazaeli et al., 2016; Vega et al., 2005). Vega ve ark.(2005)'nın yağ, protein ve homojenizasyon basıncının dondurma karışımlarının püskürtmeli kurutucu ile kurutulması üzerine etkilerini incelediği çalışmada, elde edilen tozların nem içeriklerini %1.75 ile %2.5 arasında bulunmuştur. Fazali ve ark. (2016) farklı oranlarda (%15-30 ve 45 (dondurma karışımının toplam ağırlığına göre ağırlıkça % şeklinde)) karadut suyu ilavesinin püskürtmeli kurutma ile dondurma karışımı tozu eldesi üzerine etkilerini incelemiştir.

Karadut suyu katkılı dondurma tozlarının nem içeriği değerleri %1.5 ile %3.75 arasında ve su aktivitesi değerleri 0.15-0.34 arasında bulunmuştur.

Dondurma artık karışımının parlaklık (L^*), kırmızılık-yeşillik (a^*) ve sarılık-mavilik değerleri sırasıyla 96.48 ± 0.26 , 1.32 ± 0.04 ve 5.72 ± 0.12 olarak bulunmuştur. DAT'nun beyaz renkli ve yüksek parlaklık değerine sahip bir toz olması nedeniyle eklendiği formülasyonlarda önemli renk değişimi yaratmayacaktır. Bu yönüyle özellikle meyve ve sebze tozu katkılı ürünlerde yaşanan istenmeyen renk değişimleri açısından değerlendirildiğinde bu ürünlere kıyasla DAT'nun avantajlı bir katkı olması beklenmektedir.

Enerji tüketiminin belirlenmesi; dondurarak kurutma işleminin geliştirilmesi ve enerji ve kütle denkliklerinin hesaplanarak kurutma koşullarının anlaşılması için önemlidir (Jindarat et al., 2011; Baykal et al., 2018). Çalışmada, gıda endüstrisinde artık/yan ürün olarak meydana gelen artık karışımın değerlendirilmesi amaçlandığı için sistemin sürdürülebilirliği açısından dondurarak kurutma işleminde harcanan enerji tüketim değeri elektrik sayacı ile elektrik tüketimi olarak kWh cinsinden ölçülmüş, SMER, MER ve SEC değerleri hesaplanmıştır. SMER, MER ve SEC değerleri sırasıyla 1.93, 1.16 ve 1.90 olarak hesaplanmıştır. Dondurma artık tozları (50 gr) dondurarak kurutucuda 7 saatte kurumuş, 16 gr DAT elde edilmiş ve bu işlem için harcanan toplam enerji 4.2 kW olarak ölçülmüştür.

Dondurma artık karışımının geri kazanımına dair fizibilite çalışması, analiz sonuçları, denemelerin yapıldığı laboratuvar ölçekli dondurarak kurutucudan elde edilen çıktılar ve piyasa araştırma sonuçları bir araya getirilerek gerçekleştirilmiştir. Denemelerde dondurma artık karışımının kurutulmasıyla % 32 oranında DAT elde edilmiştir. Kurutma işlemi 7 saat sürmüştür. Sektör araştırması yapıldığında dondurarak kurutucuların orta ölçekli bir firma için ürün işleme kapasitesinin günlük 200 kg olduğu (150 ton/yıl) ve kurutucuların enerji tüketim değerinin yaklaşık 65 kW olduğu belirtilmektedir. İşlem kapasitenin kuruma süresine anlamlı bir fark oluşturmayaacağı öngörülerek işlem süresi 7 saat alınarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. TEDAŞ 2021 yılı fiyatlandırmasına göre serbest tüketiciler için 1 kW elektrik birim fiyatı (iş yerleri için) 0,81-0,91.TL arasındadır, hesaplamalarda ortalama değer olan 0,86 TL kullanılmıştır. 200 kg kapasiteli dondurarak kurutucunun ilk yatırım maliyeti yaklaşık 890 000 - 920 000 TL olarak belirtilmiştir. Kurutucunun elektrik tüketimi ise günlük yaklaşık 390 TL olarak hesaplanmıştır. Günde 200 kg dondurma artık karışımı kurutulursa %30 verim ile toz ürün elde edilecektir, böylece günde yaklaşık 60 kg DAT üretilebilir. Dondurarak kurutucunun ilk yatırım maliyeti bir artık karışımın geri kazanımı için yüksek görülse de DAT eldesi ile dondurma artık karışımının depolama maliyetlerinin azalacak olması ve artık karışımının geri kazanılarak değerlendirilmesi yönleri ile sürdürülebilir bu sistemin seri üretimlere alternatif çözüm olacağı düşünülmektedir.

3.2. Dondurma Artık Karışımı ile Zenginleştirilen Kek Hamurlarına ve Pişmiş Keklere Uygulanan Analizler

Keklerin nem içeriği, kekin duyusal özellikleri (ufalanan kekler tekstürel açıdan kekin tüketici tarafından tercih edilebilirliğini azaltabilir) ve mikrobiyal güvenliği (yüksek nem, mikrobiyal aktiviteyi artırabilir ve keki yapışkan hale getirebilir) açısından önemlidir (Oliveira et al., 2016). Dondurma artık karışımı tozu (DAT) formülasyona farklı oranlarda ilave edilmiştir. DAT ilave edilmeyen kontrol grubu kek: kontrol grubu (%0 (kontrol)), un ile yer değiştirme şeklinde DAT ilave edilen kekler ise ağırlıkça ilave yüzdelere göre sırasıyla %5, %10 ve %15 ifadeleri ile gösterilmiştir. Farklı miktarlarda dondurma artık karışımı tozu içeren kek hamurları ve keklerin nem içeriği ve su aktivitesi analizi sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Kek hamurlarının ve keklerin nem içeriği (%), yaş bazda, yb) ve su aktivite değerleri

Kek Hamuru			Kek	
<i>Eklenen Dondurma Artık Tozu İlave Oranı (%)</i>	<i>Nem İçeriği (g/100 g)</i>	<i>Su Aktivitesi</i>	<i>Nem İçeriği (g/100g)</i>	<i>Su Aktivitesi</i>

		(a _w)		(a _w)
Kontrol (%0)	31.44±0.25 ^b	0.801±0.001 ^a	23.29±0.70 ^{ab}	0.819±0.010 ^c
%5	30.82±0.43 ^a	0.823±0.003 ^b	21.73±0.78 ^a	0.763±0.065 ^a
%10	31.18±0.06 ^{ab}	0.841±0.001 ^c	24.82±1.07 ^b	0.784±0.037 ^{ab}
%15	31.10±0.17 ^{ab}	0.901±0.001 ^d	22.37±1.88 ^a	0.805±0.001 ^b

^{a-d} aynı sütundaki farklı harfler, ortalama değerler arasındaki önemli farklılıkları gösterir (P < 0.05).

Kontrol grubu kek hamuru ile farklı oranlarda dondurma artık karışımı tozu ile zenginleştirilmiş kek hamurlarının nem içeriği değerleri arasında anlamlı bir fark görülmemiş, dondurma artık karışımı tozu ilavesinin kek hamurlarının nem içeriğini kontrol grubu keklere kıyasla önemli ölçüde etkilemediği görülmüştür (P>0.05). Keklerin nem içeriği değerleri kontrol grubu keklerin nem içeriğinden bir miktar düşük olsa da bu düşüş istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (P>0.05). DAT ilave edilen keklerin nem içeriği değerlerinin % 21.73 ile %24.82 arasında değiştiği görülmektedir. Fazaeli ve ark'nın (2016)'nın karadut suyu katkılı dondurma tozu elde ettiği çalışmada, dondurma karışımında karadut suyu konsantrasyonunun artması ile elde edilen tozların nem içeriği kurutucuya giriş sıcaklığından (120-140 ve 160°C) bağımsız olarak artmıştır. Bu artış, dondurmanın içeriğinde bulunan stabilizatör ve emülgatörlerin etkisi ve karadut suyunun higroskopik özelliğinin birleşmesi ile açıklanmıştır. DAT ilave edilen keklerin nem içeriği değerinin (% 21.73±0.78 - % 24.82±1.07), un ile yer değiştirme şeklinde gerçekleştirilen ve içeriğinde portakal unu (buğday unu +% 12.5 portakal unu, % 25.55), çarkıfelek meyvesi (buğday un +% 20 çarkıfelek meyvesi unu, % 27.50), portakal unu ve çarkıfelek unu harmanlı karışım (buğday un +% 6.25 portakal unu ile % 10 çarkıfelek meyvesi unu, % 31.49) ilave edilen keklerden daha yüksek olduğu görülmüştür (Oliveira et al., 2016). Buğday unu, DAT'ndan (%2.35±0.14 (yb)) daha yüksek nem içeriği değerine (% 10.65±0.06 (yb)) sahiptir. Buğday unu ile DAT'nun yer değiştirmesi ile kek hamuru ve keklerin nem içeriği değerlerinde literatürdeki çalışmaların aksine istatistiksel olarak önemli bir düşüş görülmemiştir. Bunun nedeni, formülasyona eklenen DAT'nun içerisindeki bileşenlerin (stabilizatör, emülgatör vb.) kek hamuru ve keklerin su tutma kapasiteni gibi fonksiyonel özelliklerini değiştirmesi ve böylece formülasyonda suyun daha fazla tutulmasından kaynaklanabilir.

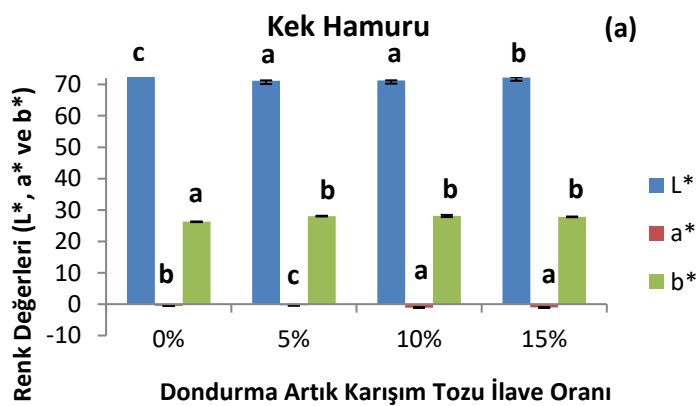
Su aktivitesi keklerin kalite özelliklerini kaybetmeden ve bozulmadan depolanması için önemli bir kriterdir. Su aktivitesi değeri zenginleştirilen ürünlerde katkının fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliğine bağlı olarak su aktivitesinde artma veya azalma şeklinde farklı etkiler göstermektedir. Kek hamurlarının su aktivitesi değerleri artan DAT oranına bağlı olarak önemli ölçüde artmış (P < 0.05) ve en yüksek su aktivitesi değeri %15 DAT ilave edilen kek hamurlarında (0.901±0.001) görülmüştür. DAT ilave edilen pişmiş keklerin su aktivitesi değerleri 0.763±0.05 - 0.805±0.001 aralığında bulunmuştur. DAT ilavesinin artmasıyla birlikte keklerin su aktivitesi değeri azalmış ve kontrol grubu pişmiş keklere kıyasla anlamlı ölçüde düşük bulunmuştur (P<0.05). Pişirme işlemi kek hamurunda sırasıyla %25.93 (%0, kontrol grubu), %29.78 (%5 DAT ilave edilen kek), %20.40 (%10 DAT ilave edilen kek) ve %28.19 (%10 DAT ilave edilen kek) oranında nem kaybına neden olmuştur. Baik ve ark. (2000), vanilyalı ve çikolatalı kek hamurlarının iki grup için de başlangıçtaki nem içeriği değerlerinin %32.50-37.50 (yb) arasında ölçüldüğünü, pişme sonrasında keklerin farklı noktalarından aldığı örneklerde (kek tabanı, orta nokta ve üst yüzey) nem içeriği değerinin vanilyalı kek için % 21.3-26.9 (yb) aralığında, çikolatalı kek için % 24.5-27.9 (yb) aralığında bulunduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada pişirme sırasında ölçülen nem kaybı değerlerinin Baik ve ark. (2000) tarafından yapılan çalışmaya benzer oranda olduğu görülmektedir.

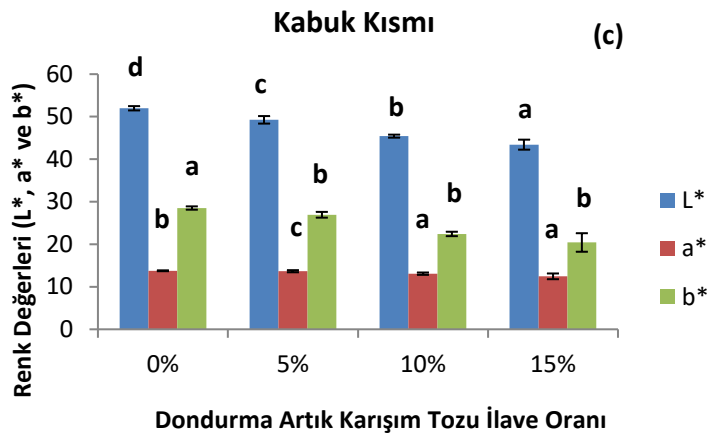
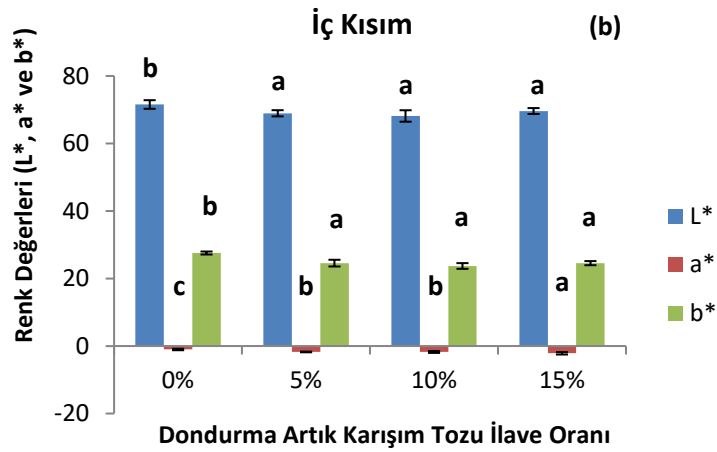
Farklı miktarlarda dondurma artık karışımı tozu içeren kek hamuru (a), iç kısım (b) ve kabuk kısmı (c) renk değerleri Şekil 2'de verilmiştir. Pişirme işlemi, gıdanın yüzey özelliklerini, ışık yansımaları ve ürün rengini değiştirir. Pişirilen ürünlerin rengi, üründe bulunan bileşenlerle ve bunların

birbirleriyle etkileşimleriyle ilişkilendirilebilir. Ayrıca ısı etkisiyle pişirme sırasında oksidasyon ve maillard reaksiyonları gibi kimyasal reaksiyonlar meydana gelir. Bu reaksiyonlar sonucu koyu sarı veya kahverengi rengine sahip bileşenler oluşmakta, bu durum gıdanın rengine farklılıklara neden olmaktadır (Croguennec, 2016; Soleimanifard et al., 2018). Kek formülasyonuna zenginleştirme amacıyla eklenen meyve ve sebze tozları sade keklere göre kek renginden ciddi değişimlere neden olmakta ve bu renk değişimi istenmeyen düzeylerde olabilmektedir. DAT'nun buğday ve pirinç unu gibi unlara yakın beyaz rengi sayesinde ilave edildiği kek vb. ürünlerde renk değişimlerine neden olsa da istenmeyen renk oluşumuna neden olmaması beklenmektedir. Kek formülasyonuna dondurma artık karışımı tozunun eklenmesi kek hamuru, kek içi ve kabuklarının renk değerlerinde önemli bir farklılığa neden olmuştur ($P<0.05$). Ayrıca, kontrol grubu kekler ile DAT ilave edilen keklerin iç ve kabuk kısımları arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir ($P<0.05$). Artan DAT oranı kek hamurları ve pişmiş keklerin iç ve kabuk kısımlarında parlaklık (L^*) değerini çok fazla değiştirmemekle birlikte değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Kek formülasyonuna ilave edilen DAT miktarının artmasıyla keklerin kabuklarına ait L^* ve b^* renk değerleri azalmıştır. Artan DAT miktarıyla birlikte indirgen şeker olan laktozun ve azotlu madde içeriğinin de artmasıyla keklerde gerçekleşen Maillard reaksiyonuna bağlı olarak rengin koyulaştığı görülmüştür. Bu durum, ekmeklere peynir altı suyu konsantre, peynir altı suyu tozu vb. gıda katkıları ilave edilen çalışma sonuçlarıyla uyumluluk göstermektedir (Paul et al., 2016). Yapılan bir çalışmada, kek formülasyonundaki sükröz içeriğinin artırılmasıyla ekmek rengine ait L^* değerinin azaldığı belirtilmiştir (Doğan ve Yıldız, 2009). Literatürde süt sanayisi yan ürünlerinin (peynir altı, yayık altı ve süzme yoğurt suları, süzme peynir vb.) ekmek formülasyonuna artan oranlarda ilave edilmesiyle benzer şekilde ekmek rengine ait L^* değerinde azalma meydana geldiği bildirilmiştir (Demir et al., 2009; Guemes-Vera et al., 2014).

Kek hamurlarının sarılık-mavilik (b^*) değeri artan DAT miktarına göre önemli ölçüde artarken, pişmiş keklerin iç ve kabuklarının b^* değerleri kontrol grubu keklerine kıyasla önemli ölçüde azalmıştır ($P<0.05$). Genel olarak, L^* değerlerine benzer şekilde, kek formülasyonuna DAT eklenmesi, kek hamurlarının, pişmiş kek içi ve kabuklarının a^* değerinde önemli bir düşüşle sonuçlanmıştır ($P<0.05$). Keklerin Şekil 3'te verilen görselleri ve renk analizi sonuçları değerlendirildiğinde, görsel açıdan kontrol keklerinin kabuğuna oranla DAT ilave edilen kek kabuklarının daha koyu renkte olduğu, kek içi ve kek hamuru için renk değişim oranının daha düşük olduğu belirlenmiştir.





Şekil 2. Farklı miktarlarda dondurma artık karışımı tozu içeren kek hamuru (a), kabuk kısmı (b) ve iç kısım (c) renk değerleri

Farklı miktarlarda dondurma artık karışımı tozu içeren keklerin resimleri Şekil 3'te, keklerin ağırlık kaybı, pişme verimi gibi özellikleri ve yapısal özellikleri ise Tablo 4'te verilmiştir. Ağırlık kaybı, kek kalitesini gösteren ana parametrelerden biridir (Kahraman et al., 2008). Keklerin ağırlık kaybı %14.14 ile %15.78 arasında değişmektedir. Keklerde DAT oranının artmasıyla birlikte ağırlık kaybının bir miktar arttığı görülmektedir. Fırın ısısının yüzey alanı küçük olan keklerin tamamına nüfuz etmesiyle ilişkili olarak bu keklerin pişme kaybı değerleri nispeten yüksek bulunmuştur. Gomez ve ark. (2007), hidrokoloidler içeren keklerin, kontrol keklerine kıyasla daha düşük nem kayıplarına sahip olduğunu bildirmiştir. Aydoğdu ve ark. (2018) limon lifinin yüksek su tutma kapasitesinden dolayı kontrol kekine göre daha yüksek miktarda limon lifinin keklerin nem kaybını önlediğini bildirmiştir. DAT ilave edilen keklerde ağırlık kaybı bezelye, yulaf, elma ve limon lifi ile zenginleştirilmiş keklerden (% 4.50-5.35, Aydoğdu vd., 2018) sade keklerden (%5.6-7.7, Kahraman vd., 2008) ve pirinç unu katkılı keklerden (% 7.70 -% 10.7, Turabi vd., 2008) daha yüksek bulunmuştur. Keklerin pişme verimi % 84.27 ile % 85.26 arasında değişmektedir. DAT miktarının artmasıyla birlikte pişme verimi bir miktar azalmış ancak bu azalmanın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür ($P>0.05$).



(%0 DAT)

Şekil 3. Farklı oranlarda DAT ilave edilen kek görselleri**Tablo 4.** Keklerin ağırlık kaybı, pişme verimi, simetri, tekdüzelik, ve hacim indeksi değerleri

<i>Eklenen Dondurma Artık Tozu İlave Oranı (%)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Pişme Verimi (%)</i>	<i>Simetri İndeksi (mm)</i>	<i>Tekdüzelik İndeksi (mm)</i>	<i>Hacim İndeksi (mm)</i>
Kontrol (%0)	14.14±0.46 ^a	85.26±0.21 ^a	15.0±0.29 ^a	1.67±0.05 ^a	82.0±0.43 ^a
5	14.45±0.35 ^a	84.56±0.46 ^a	12.67±0.15 ^{ab}	2.00±0.03 ^a	82.3±0.66 ^a
10	15.74±1.57 ^b	84.27±1.53 ^a	23.67±0.15 ^c	2.33±0.05 ^a	86.3±0.52 ^a
15	15.78±0.29 ^b	84.23±0.35 ^a	9.00±0.05 ^a	2.33±0.04 ^a	83.5±0.05 ^a

^{a-d} aynı sütundaki farklı harfler, ortalama değerler arasındaki önemli farklılıkları gösterir (P <0.05).

Literatürde, yapısal ve tekstürel özellik açısından iyi bir kek; yüksek hacimli, hafif dairesel bombeli, simetrik ve tekdüze bir yapıya, yumuşak-nemli-süngerimsi bir tekstüre sahip olması, yenildiğinde ağızda kolayca dağılabilmesi, ele ve damağa yapışmaması ve hoşça giden lezzetli bir tada sahip olması gerektiği bildirilmiştir (Stinson, 1986; Dizlek, 2015).

Simetri indeksi, keklerin üst yüzlerinin yüzey görünümünü belirlemek için kullanılır. Simetri indeksi değerinin pozitif (+) olması kek üst yüzünün kabarık (bombeli), negatif (-) olması ise kekin ortasının çökük (içe doğru bombeli) bir şekilde olduğunu ifade eder. Tekdüzelik indeksi, keklerin yanal olarak simetrisini belirlemek için kullanılır ve bu değer sıfır ya da sıfıra olabildiğine yakın olması istenir. Hacim indeksi ise kekte istenilen dairesel bombeli görünümüne dair AACC Metotuna ait cetvel ölçümleri kullanılarak fikir sahibi olunmasını sağlar (İpek ve Dizlek, 2018).

Keklerde pişme sırasında beklenen görünüm, kekin orta kısmında yükselme olmasıdır ve bu yükselme keklerin orta ve yan kısımlarının yükseklik farklarını tanımlayan simetri indeksi ile değerlendirilmektedir. Keklerde simetri indeksinin yüksek olması istenilen yüksek orta yüzey görüntüsüne yakınlığı ifade etmektedir. Kek hacminin düzgün oluşturulmadığı ve pişirme işlemi sonunda çöktüğü durumlarda, negatif bir simetri indeksi değeri gözlemlenecektir. Ayrıca, simetri indeksi fırınlanmış ürünlerde ürün içerisinde gaz tutulumunun bir ölçüsü olarak da yorumlanabilir (Gomez et al., 2008). Keklerin simetri indeksi değerleri 12.67±0.15 ile 23.67±0.15 aralığında değişmiştir ve en yüksek simetri indeksi değeri %10 DAT ilave edilen keklerde görülmüştür. %10 DAT ilave edilen keklerin simetri indeksi % 5 DAT ilave edilen keklere göre daha yüksek bulunurken, %15 DAT ilave edilen keklerde simetri indeksi değeri önemli ölçüde azalmıştır. Bu durum, %15 DAT ilave oranında pişme sırasında kek yüzeyinde çatlakların oluşması ve bu nedenle kek yüzeyinde çökme görülmesi ile ilişkilendirilebilir. Gomez ve ark. (2008) buğday ve nohut unu ile üretilen kekler için simetri indeksi değerlerini -3.76 ve 39.90 mm olarak bildirmişlerdir. Hera ve ark. (2012)'nin buğday ve mercimek unu karışımı ile üretilen kekler için simetri indeksi değerleri -19.88 ile 7.70 arasındaki gözlemlenmişlerdir. Keklere farklı oranlarda DAT ilave edilmesinin keklerin tekdüzelik ve hacim indeksi değerleri üzerinde önemli bir değişime neden olmadığı tespit edilmiştir (P>0.05). En yüksek hacim indeksi değerine %10 DAT ilave edilen keklerde rastlanılmıştır (86.3±0.52). Bu değer %10 DAT ilave edilen keklerin istenilen dışbükey şekle sahip olduğunu göstermektedir.

Keklerin tekstür özelliklerine dair sonuçlar Tablo 5'te verilmiştir. Kek örneklerine uygulanan tekstür analizinde sertlik, kekin sıkıştırılması sırasında ölçülen maksimum kuvvet, elastikiyet, keke uygulanan kuvvet ortadan kaldırıldıktan sonra kekin kuvvet uygulanmadan önceki haline dönme hızını ifade etmektedir (Bourne, 2002). Keklere ilave edilen katkıların kekin sertlik değerini

olumsuz etkilememesi beklenir. DAT ilave edilen keklerin sertlik değerinin kontrol kekleriyle kıyaslandığında istatistiksel olarak değişmediği görülmüştür ($P > 0.05$). Ergün ve ark.(2020)'nın yaptığı çalışmada keklere ilave edilen kivi ve ayva tozlarının ilave oranının artması ile keklerin sertlik değerinde artış görülmüştür. Bu durum aynı çalışmada balkabağı tozu ilave edilen kekler için tam tersi etki göstermiş, keklere balkabağı tozu ilave oranının artması keklerin sertlik değerinde düşüşe neden olmuştur. Bozdoğan ve ark.(2019)'nın kinoa unu ilavesi ile yaptıkları keklerde kinoa ilave oranındaki artışın keklerin sertlik değerini azalttığı belirlenmiştir.

Keklerde elastikiyet kekin süngerimsi yapısını göstermektedir ve elastikiyet değerinin yüksek olması beklenmektedir. Kek formülasyonuna eklenen ilavelerin içerisinde bulunan protein ve karbonhidrat gibi içerikler kekin elastikiyeti üzerine etki etmektedir. Keklerin elastikiyet değerleri 0.84 ile 0.86 aralığında değişmiştir. DAT ilave edilen keklerin elastikiyet değerleri DAT ilave oranı arttıkça başta artmış sonra azalma göstermiştir ancak bu değişim anlamlı bulunmamıştır. Elastikiyetteki bu değişim, DAT'nun içeriğinde bulunan proteinlerin pişme işlemi sırasında denatürasyonu ile ilişkilendirilebilir. Yapışkanlık, kek ile kekin temas ettiği yüzey arasındaki çekim kuvvetini yenebilmesi için ortaya konulan iş olarak tanımlanır ve kekin ağızda bozulma oranı (parçalanma) ve elde kolay ayrılması ile negatif yönde ilişkili dokusal bir parametredir.

Kekin yapışkanlık değeri üretim ve ürünün paketlenmesi açısından önemli bir tekstürel parametredir. Keklerde genel olarak protein içeriği yüksek katkıların formülasyona eklenmesi keklerin yapışkanlık değerini arttırmaktadır (Minarro ve ark., 2012; Majzoobi et al., 2013). Bu çalışmada DAT ilavesinin keklerin yapışkanlık değerini negatif etkilemediği görülmektedir ($P > 0.05$). Gularte ve ark.(2012)'nin pirinç ununu baklagil unu ile yer değiştirdiği ve Shevkani ve ark.(2014)'nin farklı protein izolatları ilave edilen mini keklerde yaptığı çalışmalar sonucunda keklerin yapışkanlık değerlerinin arttığını bildirmişlerdir.

Tablo 5. Keklerin tekstürel özellikleri

<i>Eklenen Dondurma Artık Tozu İlave Oranı (%)</i>	<i>Sertlik (N)</i>	<i>Elastikiyet</i>	<i>Yapışkanlık</i>	<i>Sakızımsılık (N)</i>	<i>Çiğnenebilirlik</i>	<i>Esneklik</i>
Kontrol (%0)	168.79±74.90 ^a	0.86±0.01 ^{ab}	0.72±0.03 ^b	119.69±50.86 ^a	102.77±43.48 ^a	0.31±0.03 ^b
5	114.39±63.76 ^a	0.87±0.01 ^b	0.68±0.01 ^a	77.3±43.37 ^a	77.70±37.83 ^a	0.27±0.01 ^a
10	166.34±10.52 ^a	0.84±0.01 ^a	0.71±0.02 ^b	118.9±9.83 ^a	100.28±8.33 ^a	0.30±0.02 ^b
15	141.75±37.09 ^a	0.84±0.01 ^a	0.68±0.02 ^a	97.02±2.35 ^a	81.42±21.74 ^a	0.28±0.02 ^a

^{a-d} aynı sütundaki farklı harfler, ortalama değerler arasındaki önemli farklılıkları gösterir ($P < 0.05$).

Sakızımsılık kekin yapısını oluşturan bağların gücünü ifade etmektedir; çiğnenebilirlik ise kekin yutulmaya hazır hale gelene kadar ağızda parçalanması için gerekli iş olarak tanımlanmaktadır (Bourne, 2002). Çiğnenebilirlik değerinin düşük olması kekin daha kolay yenilebildiğini göstermektedir. Kek formülasyonuna ilave edilen DAT'nun keklerin çiğnenebilirliğini zorlaştırmadığı keklerin sakızımsılığı üzerinde ise anlamlı bir fark oluşturmadığı görülmektedir. Esneklik kekin sıkıştırma sonrası eski şekline dönebilirliğinin bir ölçüsüdür ve elastikiyete benzer bir parametredir, ancak esneklik mesafe oranı yerine enerjilerin oranı olarak ifade edilmektedir

(Trinh ve Glasgow, 2012). DAT ilave edilen keklerin esneklik değerlerinin kontrol grubu kekler ile benzer sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, dondurma üretiminde atık olarak meydana gelen dondurma artık karışımının dondurarak kurutulması ile geri kazanımı ve kek formulasyonuna farklı oranlarda eklenmesi ile değerlendirilmesi sağlanmıştır. Dondurarak kurutma işleminde enerji verimliliği açısından incelenen SMER, MER ve SEC değerleri sırasıyla 1.93, 1.16 ve 1.90 olarak ölçülmüştür. Yapılan fizibilite çalışması sonucunda, üretilen DAT'nun işlenmemiş dondurma artık karışımına göre depolama maliyetinin daha düşük ve ömrünün daha uzun olması, bu artık ürünün hesaplanan yatırım maliyeti ve atık ürünün değerlendirilmesi yönleri göz önünde bulundurularak uygulanabilir bir sistem olduğu düşünülmektedir. Çalışma sonucunda herhangi bir taşıyıcı ajan kullanılmadan başarılı bir şekilde dondurma artık karışımı tozu üretilmiş, elde edilen tozların nem içeriği 2.35 ± 0.14 , su aktivitesi değeri 0.24 ± 0.01 olarak bulunmuştur. DAT kek formulasyonuna farklı oranlarda (%0 (kontrol), %5, %10 ve %15) un ile yer değiştirme şeklinde eklenmiştir. DAT katkılı keklerin nem içeriği değerleri %21.73 ile % 24.82 aralığında, su aktivitesi değerleri ise 0.763 ile 0.805 aralığında bulunmuştur. Dondurma artık karışımı ilave oranının artmasıyla keklerin parlaklık değerinin azaldığı görülmüştür. Simetri indeksi, hacim indeksi vb yapısal özellikler ve tekstür özellikleri değerlendirildiğinde %10 DAT ilave edilen keklerin diğer DAT oranlarındaki keklerle göre daha iyi sonuçlara sahip olduğunu belirlenmiştir. DAT'nun keklerle ilave edilmesi ile keklerin raf ömrü ve son ürün kalitesi açısından önemli olan nem içeriği ve su aktivitesi değeri genel olarak azalmıştır. DAT, un ile benzer renk değerine sahip olduğu için DAT ilavesi keklerde istenmeyen renk değişime neden olmamış, keklerin tekstür özellikleri kontrol grubu keklerle yakın bulunmuştur. Çalışma sonuçlarından yola çıkılarak, sade dondurmanın dışında diğer dondurma artık karışımlarının kurutulması, fiziksel, toz ürün ve fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesi ile bu artık karışımların hangi alanlarda değerlendirilebileceğine dair çalışma sonuçlarının literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- AACC (2000). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. Method 10-91. AACC (*Am Assoc Cereal Chem*), St. Paul, Minnesota.
- Anonim, (2016). Dondurma Dış Pazar Çalışması, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Avrupa Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü Dış Pazar Stratejileri Çalışma Grubu, Ekim 2016 Raporu. Erişim Tarihi: 08.04.2021
- AOAC (2000). Official methods of analysis. 17th Ed. Gaithersburg, MD, US A: *Association of Official Analytical Chemists*.
- Ayadi MA, Abdelmaksoud W, Ennouri M, Attia H. (2009). Cladodes from *Opuntia ficus-indica* as a source of dietary fiber: Effect on batter characteristics and cake making. *Industrial Crops and Products*, 30(1), 40-47.
- Aydoğdu, A., Sumnu, G., & Sahin, S. (2018). Effects of addition of different fibers on rheological characteristics of cake batter and quality of cakes. *J Food Sci Technol*, 55(2), 667-677.
- Baik OD, Marcotte M, Castaigne F. (2000). Cake baking in tunnel type multi-zone industrial ovens part II. evaluation of quality parameters. *Food Research International*, 33, 599-607.
- Baykal, H., Karais, K., KOÇ, G. Ç., & Dirim, S. N. (2018). Tarçın, Keçiyoynuzu ve Zencefil İle Zenginleştirilerek Üretilmiş Keçi Sütü Tozlarının Özellikleri. *Gıda*, 43(4), 716-732.
- Bourne, M.C. (2002). Food texture and viscosity: concept and measurement. 2nd Edition, Academic Press, 416 p. ISBN: 978-0-12-119062-0.

- Bozdogan, N., Kumcuoglu, S., & Tavman, S. (2019). Investigation of the effects of using quinoa flour on gluten-free cake batters and cake properties. *Journal of food science and technology*, 56(2), 683-694.
- Chua, K. J., Chou, S. K., Ho, J. C., Hawlader, M.N.A. (2002). Heat pump drying: recent developments and future trends, *Drying Technology*, 20 (8): 1580-1600.
- Croguennec, T. (2016). Non-enzymatic browning. *Handbook of Food Science and Technology* 1: Food Alteration and Food Quality, 133-157.
- Demir, M.K., Elgün, A., Argun, M.Ş. (2009). Sütçülük yan ürünlerinden peynir altı, yayık altı ve süzme yoğurt suları katkılarının bazı ekmek özelliklerine etkileri üzerine bir araştırma. *Gıda*, 34(2): 99-106.
- Dizlek, H. (2015). Effects of amount of batter in baking cup on muffin quality. *Int J Food Eng*, 11(5): 629-640.
- Doğan, İ.S., Yıldız, Ö. (2009). Ekmek makinelerinde kullanılan farklı bileşen seviyelerinin ekmek kalitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 34(5): 295-301.
- Ergün Altay, K., Caliskan Koc, G., & Dirim, S. N. (2020). Dondurularak kurutulmuş meyve tozlarının keklerin bazı fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1000(1000), 0-0.
- Ergün Kadriye, (2012). Dondurularak kurutulmuş kivi püresi tozu kullanılarak hazırlanan keklerde pişirme yöntemi ve formülasyonun kalite kriterlerine etkisinin incelenmesi, *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, 174 syf.
- Fazaali, M., Emam-Djomeh, Z., & Yarmand, M. S. (2016). Influence of black mulberry juice addition and spray drying conditions on some physical properties of ice cream powder. *International Journal of Food Engineering*, 12(3), 277-285.
- Gomez M, Oliete B, Rosell CM, Pando V, Fernández E. (2008). Studies on cake quality made of wheat – chickpea flour blends. *LWT- Food Science and Technology*, 41, 1701-1709.
- Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P. A., Blanco, C. A., Rosell, C. M. (2007). Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocoll*, 21(2), 167-173.
- Guemes-Vera, N., Gonzalez-Victoriano, L., SotoSimental, S., Hernandez-Chavez, J.F., ReyesSantamaria, M.I. (2014). Mechanical properties of cottage cheese-fortified wheat dough and loaf bread. *J Food Sci Technol*, 51(10): 2797-2802.
- Guevara-Arauza JC, Ba'rcenas DG, Ortega-Rivas E et al. (2014). Effect of fiber fractions of prickly pear cactus (nopal) on quality and sensory properties of wheat bread rolls. *J Food Sci Technol* 52:2990–2997.
- Gularte MA, de la Hera E, Go 'mez M, Rosell CM (2012) Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties. *LWT Food Sci Technol* 48(2):209–214.
- Hera E, Ruiz-París E, Oliete B, Gómez M. "Studies of the quality of cakes made with wheat-lentil composite flours". *LWT- Food Science and Technology*, 49, 48-54, 2012.
- Hoseney, R. C. (1994). *Principles of cereal science and technology* (No. Ed. 2). American Association of Cereal Chemists (AACC).
- İpek, T., & Dizlek, H. (2018). Farklı Form ve Oranlarda Yerfıstığı Ürünleri Kullanılmasının Top Kek Kalitesine Etkisi. *Gıda*, 43(4), 591-604.
- Jindarat, W., Rattanadecho, P., Vongpradubchai, S. (2011). Analysis of energy consumption in microwave and convective drying process of multi-layered porous material inside a rectangular wave guide, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 35:728-737.

- Kaack K, Pedersen L, Laerke HN, Meyer A. (2006). New potato fibre for improvement of texture and colour of wheat bread. *Eur Food Res Technol*, 224:199–207.
- Kahraman, K., Sakıyan, O., Ozturk, S., Koksel, H., Sumnu, G., Dubat, A. (2008). Utilization of Mixolab® to predict the suitability of flours in terms of cake quality. *Eur Food Res Technol*, 227(2), 565-570.
- Koç, G. Ç., Erbakan, T., Arıcı, E., & Dirim, S. N. (2019). Sensory and Quality Attributes Of Cake Supplemented with Spinach Powder. *Gıda*, 44(5), 907-918.
- Krokida MK, Philippopoulos C. (2005). Rehydration of dehydrated foods. *Drying Technology*, 23, 799–830.
- Ktenioudaki A, Gallagher E. (2012). Recent advances in the development of high-fibre baked products. *Trends in Food Science and Technology*, 28, 4-14.
- Lebesi DM, Tzia C. (2011). Effect of the addition of different dietary fiber and edible cereal bran sources on the baking and sensory characteristics of cupcakes. *Food and Bioprocess Technology*, 4, 710-722, 2011.
- Majzoobi, M., Ghiasi, F., Habibi, M., Hedayati, S. & Farahnaky, A. (2013). Influence of soy protein isolate on the quality of batter and sponge cake. *Journal of Food Processing and Preservation*, published online.
- Minarro, B., Albanell, E., Aguilar, N., Guamis, B. & Capellas, M. (2012). Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *Journal of Cereal Science*, 56, 476–481.
- Oliveira V. R., Preto, L. T., Schmidt H. O., Komerowski, M., Silva, V. L., Rios, A. O. (2016). Physicochemical and sensory evaluation of cakes made with passion fruit and orange residues. *Journal Of Culinary Science & Technology*, 14; (2), 166–175..
- Paul, S., Kulkarni, S., Rao, K.J. (2016). Effect of Indian cottage cheese (paneer)-whey on rheological and proofing characteristics of multigrain bread dough. *J Texture Stud*, 47(2): 142-151.
- Rockland, L. B., & Nishi, S. K. (1980). Influence of water activity on food product quality and stability. *Food Technology (USA)*.
- Seyhun N, Sumnu G, Şahin S. (2003). Effects of different emulsifiers, gums and fat contents on retardation of staling of microwave baked cakes. *Nahrung-Food*, 47, 248-251.
- Shevkani K, Kaur A, Kumar S, Singh N (2015) Cowpea protein isolates: functional properties and application in gluten-free rice muffins. *LWT-Food Sci Technol* 63(2):927–933.
- Soleimanifard, S., Shahedi, M., Emam-Djomeh, Z., & Askari, G. R. (2018). Investigating Textural and Physical Properties of Microwave-Baked Cupcake. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 20(2), 265-276.
- Stinson, C.T. (1986). Effects of microwave/convection baking and pan characteristics on cake quality. *J Food Sci*, 51: 1580-1582.
- Sudha L, Vetrimani R, Leelavathi K. (2007). Influence of fibre from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour batter and on biscuit quality. *Food Chemistry*, 100(4):1365-1370, 2007.
- Trinh, K. T., & Glasgow, S. (2012). On the texture profile analysis test. *Chemeca 2012: Quality of life through chemical engineering: 23-26 September 2012, Wellington, New Zealand*, 749.
- Turabi, E., Sumnu, G., Sahin, S. (2008). Optimization of baking of rice cakes in infrared–microwave combination oven by response surface methodology. *Food Bioprocess Tech*, 1(1), 64-73.

- Uludağ, P. (2010). Türkiye'de dondurma sektörü, tüketici eğilimleri ve firmalar arası rekabet (Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi).
- Vega, C., Goff, H. D., & Roos, Y. H. (2005). Spray drying of high-sucrose dairy emulsions: Feasibility and physicochemical properties. *Journal of Food Science*, 70(3), E244-E251.
- Wang J, Benedito C, Rosell CM. (2002). Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. *Food Chem*, 79:221–226
- Wang ZL, Finlay WH, Peppler MS, Sweeney LG. (2006). Powder formation by atmospheric spray-freeze-drying. *Powder Technology*, 170, 45–52.
- Zea LP, Yusof YA, Aziz MG, Ling CN, Amin NAM. (2013). Compressibility and dissolution characteristics of mixed fruit tablets made from guava and pitaya fruit powders. *Powder Technology*, 247, 112–119.