



**DOĞAL RENK MADDESİ KATKILI SERT ŞEKERLEME ÜRETİMİ: FARKLI
KARBONHİDRAT FORMÜLASYONLARININ RENK, CAMSI GEÇİŞ, HİGROSKOPİTE,
KARBONHİDRAT KOMPOZİSYONU VE DUYUSAL ÖZELLİKLER ÜZERİNE
ETKİLERİ**

Fatih Mehmet Yılmaz*, Ebru Yıldırım, Merve Karakuş

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Efeler, Aydın, Türkiye.

Geliş / *Received*: 05.12.2018; Kabul / *Accepted*: 17.03.2019; Online baskı / *Published online*: 01.04.2019

Yılmaz, F.M., Yıldırım, E., Karakuş, M. (2019). Doğal renk maddesi katkılı sert şekerleme üretimi: Farklı karbonhidrat formülasyonlarının renk, camsı geçiş, higroskopite, karbonhidrat kompozisyonu ve duyu özellikleri üzerine etkileri. *GIDA* (2019) 44 (2): 357-368 doi: 10.15237/gida.GD18117

Yılmaz, F.M., Yıldırım, E., Karakuş, M. (2019). Production of natural colorant fortified hard candy: Effects of different carbohydrate formulations on colour, glass transition, hygroscopicity, carbohydrate composition and sensory properties. *GIDA* (2019) 44 (2): 357-368 doi: 10.15237/gida.GD18117

ÖZ

Bu çalışmanın amacı sakaroz, sorbitol ve glikozun yer aldığı üç farklı karbonhidrat formülasyonu kullanarak renklendirilmiş sert şeker üretmektir. Bu kapsamda, siyah havuç konsantresi (SHK) katkı ve katkısız olarak altı farklı sert şeker %100 sakaroz, %76 sakaroz + %24 sorbitol, %76 sakaroz + %24 glikoz olarak formüle edilerek üretilmiş ve bu ürünlerin renk, karbonhidrat kompozisyonu, camsı geçiş, higroskopite ile duyu özellikleri değerlendirilmiştir. En yüksek higroskopite değerlerinin sorbitolün yer aldığı formülasyonlara ait olduğu tespit edilmiş ve SHK kullanımı tüm formülasyonlarda SHK katkısızlara kıyasla sert şekerlerin higroskopitelerinin önemli ölçüde azalmasını sağlamıştır ($P < 0.05$). Duyusal analiz sonuçlarına göre, SHK katkı ve katkısız en çok beğenilen ürünün glikozun yer aldığı formülasyonlar olduğu belirlenmiş, bunu sorbitol takip etmiştir. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) analiz sonuçlarının, yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ile karbonhidrat kompozisyonu, duyu analiz ve higroskopite analizi sonuçlarıyla ilişkilendirilebilir nitelikte olduğu görülmüştür. **Anahtar kelimeler:** Sert şeker, doğal renk maddesi, higroskopite, diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC), formülasyon.

**PRODUCTION OF NATURAL COLORANT FORTIFIED HARD CANDY: EFFECTS OF
DIFFERENT CARBOHYDRATE FORMULATIONS ON COLOUR, GLASS
TRANSITION, HYGROSCOPICITY, CARBOHYDRATE COMPOSITION AND
SENSORY PROPERTIES**

ABSTRACT

The objective of this study was to produce coloured hard candies using three different formulations of carbohydrates which are sucrose, sorbitol and glucose. In this context, six different hard candies formulated by 100% sucrose, 76% sucrose + 24% sorbitol, 76% sucrose + 24% glucose were produced with or without addition of black carrot concentrate (BCC) and evaluated in terms of colour, carbohydrate composition, glass transition, hygroscopicity and sensory properties. The highest hygroscopicity values were determined in sorbitol included formulations and the use of BCC led to decrease hygroscopicities compared to BCC not-included hard candies in all formulations ($P < 0.05$). The most preferred candies were glucose included formulations followed by sorbitol included ones regardless of BCC inclusion according to sensory analysis. Differential scanning calorimetry (DSC) analysis revealed comparable results among the results of high performance liquid chromatography (HPLC) analysis of carbohydrates, sensory analysis and hygroscopicity analysis.

Keywords: Hard candy, natural colorant, hygroscopicity, differential scanning calorimetry (DSC), formulation.

*Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ fatih.yilmaz@adu.edu.tr,

☎ (+90) 256 213 7503

☎ (+90) 256 213 6686

GİRİŞ

Şekerin günümüzde endüstriyel olarak yoğun şekilde üretilmesi ve gelişen teknoloji ile beraber ticaretinde ve tüketiminde meydana gelen artışlar şekerleme üretimine yansımış ve bu sektörün de gelişmesine olanak sağlamıştır (Elgün, 2013; Kuşat ve Kösekahyaoglu, 2011). Şeker tüketimi gelişmiş ülkelerde kişi başına yıllık yaklaşık 7 kg iken az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde tüketimin bu rakamın çok altında olduğu tahmin edilmekte; ancak her geçen yıl arttığı da bildirilmektedir (Mutlu vd., 2018).

Şekerleme ve çikolatalı mamullerin dünyada toplam üretiminin yıllık yaklaşık 11.2 milyon ton olduğu ve toplam üretimin yaklaşık %45'lik önemli payını belli başlı çokuluslu büyük firmaların üstlendiği ve piyasada söz sahibi olduğu bildirilmektedir (İlaslan, 2014; Anonim, 2017). Türkiye'de ise 1924 yılında bisküvi üretimi ile başlayan bisküvi, çikolata ve şekerli mamuller sektörü günümüzde modern teknoloji ile donatılmış 40'ı aşkın fabrika ile faaliyet göstererek yıllık yaklaşık 1.7 milyon ton üretim kapasitesine sahiptir (Önder, 2016). Anadolu'da şekerleme üretiminin ve şekerleme tarihinin 14 - 15. yüzyıla kadar uzandığı tahmin edilmektedir. Nitekim Osmanlı Devletinin henüz ilk dönemlerinde dahi meyvelerin tatlı ve şekerleme yapımında değerlendirildiği belirtilmektedir (Özlü, 2011). Osmanlı'dan günümüze ulaşan ve günümüzde de önemli yeri bulunan şekerleme, genelde Orta Doğu'nun özelde ise Türkiye'nin önemli geleneksel ürünleri arasında yer almaktadır (Güvemli, 2018).

Şekerleme ürünlerinin tüketici tercihinine göre geliştirilmiş birçok çeşidi bulunmaktadır (Karagül, 2012). Bunlar; akide ve mevlana gibi sert şekerlemeler, jöle ve karamel gibi yumuşak şekerlemeler, dolgulu & kaplamalı gibi karışık şekerlemeler ve ayrıca helva, çiklet, lokum, çikolata gibi şekerleme ürünleridir (Elgün, 2013). Şekerleme üretiminde ürünün kalitesini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Formülasyon, işlem sıcaklığı & süresi ve son ürün nem içeriği en önemli faktörler olarak bilinmektedir. Şekerleme çeşitlerinden biri olan sert şekerler; katı, parlak, aşırı soğutulmuş, camsı özellikte ve kristal

olmayan süper doymuş şeker çözeltileridir (Cardoso ve Abreu, 2004; Demir vd., 2010). Sert şekerlerin formülasyonunda sakaroz, glikoz, früktoz, sorbitol ve maltoz yer alabilmektedir. Açık veya vakum kazanlarında pişirme aşamasının sonlarına doğru inversiyon sağlanması amacıyla sitrik, malik, laktik asit gibi organik asit ilave edilir ve tercihen aroma ilave edilerek yoğurma, katlama, şekil verme ve soğutma uygulanarak ürün elde edilir (Ergun vd., 2010).

Sert şekerlerin nem içeriği genellikle %5'in altındadır. Sert şeker gibi düşük nem içeriğine sahip olan ürünlerde şekerler camsı - amorf yapıda bulunmaktadır. Şekerin camsı geçiş formunda bulunması, ürünün şeffaf ve net bir görünümde olmasını ayrıca sert ve kırılabilir yapıya sahip olmasını sağlamaktadır. Camsı geçiş sıcaklığı (T_g)'nın altında depolanan sert şeker, depolama esnasında uzun süre stabil kalabilmekte; ancak depolama sıcaklığı T_g'nin üzerinde olursa şeker camsı yapısını kaybedip yapışkan bir form almakta ve bu durum ürünün fiziksel, kimyasal ve duyuşal kalitesini olumsuz etkilemektedir (Tan ve Kerr, 2017; Netramai vd., 2017). Bunun yanında, sert şekerler formülasyona bağlı olarak yüksek ya da düşük higroskopik özellik gösterebilmektedir. Buldukları ortamdaki havadan hızla nem kazanabilmektedirler. Bu durumda şekerlerin camsı geçiş özellikleri değişebilmekte bunun sonucunda da yapısal ve duyuşal özelliklerinde istenmeyen farklılıklar gözlenebilmektedir (Smidova vd., 2003; Altan, 2001).

Sert şeker ürünlerinde bir diğer kalite parametresi ise renktir (Smidova vd., 2003). Bir gıda ürününün rengi son ürün kalitesini etkilemesi ve tüketicide oluşturacağı beklentileri karşılaması açısından oldukça önemlidir (Zellner vd., 2018). Son yıllarda, tüketicilerin gıdalarda kullanılan sentetik renklendiricilerin güvenilirliği hakkındaki kaygılarının yanında yasal düzenlemeler nedeniyle de yaygın olarak kullanılan sentetik boyalara alternatif olabilecek doğal pigmentlerin kullanımında artış görülmektedir (Koç vd., 2012; Gutiérrez-Zúñiga vd., 2014). Doğal renk maddelerinin üründe istenilen rengin sağlanmasının yanı sıra biyoaktif özellikleri ile serbest radikallerin neden olduğu sağlık problemlerini engelleyici

etkileri olduğu da bilinmektedir (Hepsağ vd., 2012). Doğal pigmentlerin gıdalarda kullanımını açısından siyah (mor) havuç (*Daucus carota* L ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef) antosiyaninleri, diğer bitkisel kaynaklara kıyasla daha yüksek miktarda antosiyanin içermesi ve antosiyaninlerinin açılma hızından ötürü sıcaklık ve pH değişimlerine karşı daha stabil olması nedeniyle gıda endüstrisinde tercih edilen doğal renk maddesidir (Yılmaz ve Bilek, 2018).

Tüm bu bilgiler ışığında bu çalışmanın amacı; sakaroz, glikoz, sorbitol ve siyah havuç konsantrisinin yer aldığı farklı formülasyonlarla geleneksel ürünümüz olan sert şeker üretmek ve üretilen şekerlerin renk, camsı geçiş, karbonhidrat kompozisyonu, higroskopite ve duyu özellikleri açısından karşılaştırılması ve değerlendirilmesi olarak belirlenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal ve Kimyasallar

Üretimde kullanılan sakaroz Balküpe Keskinlik Gıda (Aksaray)'dan, glikoz şurubu (72 °Bx), sorbitol (70 °Bx), sitrik asit ve çilek aroması Smart Kimya Ltd. (İzmir)'den; siyah havuç konsantresi (63.25 °Bx) Erkon Konsantre A.Ş. (Ereğli, Konya)'den temin edilmiştir. Sakaroz, D-(+)-glikoz, D-(-)-früktoz, D-sorbitol standartları Sigma (St. Louis, Mo, ABD)'den; yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) saflıkta su ise Merck (Darmstadt, Almanya)'den temin edilmiştir. Diğer kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktadır.

Yöntem

Bu çalışmada altı farklı formülasyon ile geleneksel açık kazan üretim yöntemi kullanılarak sert şeker üretimi gerçekleştirilmiştir. Karbonhidrat kompozisyonu bakımından üç farklı formülasyon kuru madde üzerinden %100 sakaroz (I), %76 sakaroz + %24 sorbitol (II) ve %76 sakaroz + %24 glikoz (III) olarak kullanılmıştır. Bu formülasyonlarda siyah havuç konsantrisinin (SHK) yer aldığı ve yer almadığı üretimler yapılarak toplam altı farklı sert şeker üretimi gerçekleştirilmiştir. Tüm üretimlerde sitrik asit miktarı, su miktarı, aroma miktarı, ısıtma sıcaklığı & süresi, kazandan alma sıcaklığı & zamanı gibi

parametreler sabit tutulmuştur. Deneme planına göre belirlenen şeker tartımları pişirme kazanına alınmış, şeker ağırlığının %11.25'i kadar su eklenmiş ve ısıtma başlatılmıştır. Pişirme süresince kazan içi karışım sıcaklığı data logger (Testo 176 T4) ile takip edilmiştir. Tam olarak erime 110 ± 2 °C'de gerçekleşmiş ve karışım sıcaklığı 140 °C'ye ulaştığında şeker tartımının %0.04'ü kadar %30'luk (w/v) sitrik asit çözeltisi ilave edilmiştir. Üretimler esnasında suda çözünür kuru madde miktarı, ölçüm aralığı 0 – 95 °Bx olan dijital refraktometre (SOIF DBR95, Çin) kullanılarak, deiyonize su ile seyreltme yapılarak 25 ± 2 °C'de ölçülmüştür. Sıcaklık 170 °C'ye ulaştığında 96 ± 1 °Bx'e ulaşılmış, kaynatma işlemine son verilmiş ve SHK (renkli üretim olan formülasyonlar için) ile çilek aroması sırasıyla şeker tartımının %0.25'i ve %0.01'i (w/w) kadar ilave edilmiştir. Sıcaklık 150 °C'ye düştüğünde karışım soğuk mermer üzerine dökülerek soğutma aşamasına geçilmiş ve katlama tekniği ile 85 °C'ye soğutulmuştur. Daha sonra, bu sıcaklıktaki şeker hamuru 12 x 12 mm'lik şeker kalıplarına aktararak 24 – 25 °C'ye soğutulmuştur. Son olarak kalıplardan çıkarılan sert şekerler cam kavanozlarda karanlık ve nemsiz ortamda analizlere dek bekletilmiştir.

Analizler

Renk Analizi

Şeker örneklerinin L^* , a^* ve b^* renk değerleri renk ölçüm cihazı (Konica Minolta, Japonya) kullanılarak ölçülmüştür. Elde edilen veriler ile C^* (chroma, renk yoğunluğu) ve h° (hue, renk tonu) sırasıyla Eşitlik 1 ve 2 kullanılarak hesaplanmıştır:

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (1)$$

$$h^\circ = \arctan(b^*/a^*) \quad (2)$$

HPLC ile Karbonhidrat Kompozisyonu Analizi

Şeker bileşiminin belirlenmesinde 10 g şeker örnekleri havan ile öğütülmüş, behere aktarılmış ve üzerine 30 ml %25 EtOH çözeltisi ilave edilerek ultratüraks ile 6000 rpm'de 2 dakika parçalanmıştır. Karışım daha sonra 50 ml'lik balon jöjeye aktarılmış ve %25 EtOH çözeltisi ile hacim çizgisine tamamlandıktan sonra 0.45 µm'lik filtreden (Sartorius RC, Goettingen, Almanya)

geçirilmiştir. Örnekler ve hazırlanan standartlar HPLC'ye (Shimadzu Prominence LC-20A) enjekte edilmiştir. Aminex HPX-87P karbonhidrat kolonu (300 x 7.8 mm; 80 °C) ve refraktif indeks dedektör (RID)'ün kullanıldığı çalışmada HPLC saflıkta su mobil fazının akış hızı 0.6 ml/dk. olarak belirlenmiştir (Rupérez ve Toledano, 2003).

Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) Analizi

Şeker örnekleri ezilerek toz haline getirilmiş ve DSC cihazına yüklemek üzere alüminyum numune kaplarına 0.06 g toz örnekler yerleştirilmiştir. Analiz sıcaklığı - 40 °C'den 120 °C'ye 10 °C/dk. yükselecek şekilde ayarlanmıştır. Analiz sonunda elde edilen grafiklerden camsı geçiş sıcaklıkları (T_g), erime sıcaklıkları (T_m) ve entalpi değerleri (ΔH) belirlenmiştir (Smidova vd., 2003).

Higroskopite Analizi

Analiz için, 16 litre hacimli desikatör içinde %75.3 bağıl nem (RH) sağlamak amacıyla 200 g NaCl/60 g su (1 L hacim için) hazırlanmış ve gerekli rutubetli ortam sağlanmıştır. Desikatör içine delikli tartım kapları ile analiz edilecek örneklerden 40 ± 1 g bırakılmış ve toplam 48 saat süre boyunca ($22 + 2$ °C) belirli aralıklarla ağırlık değişimi kaydedilmiştir. Örneklerin higroskopite (nem kazanma) değerleri Eşitlik 3 ile hesaplanmıştır (Netramai vd., 2018).

$$\text{Higroskopite} = \frac{[(\text{Son tartım} - \text{ilk tartım}) / \text{İlk tartım}] \times 100}{(3)}$$

Duyusal Analiz

Üç farklı şeker formülasyonu ve toplam altı çeşit üretilmiş olan sert şekerler 27 – 47 yaş aralığındaki Gıda Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi/Elemenlerinden oluşan 16 panelist ile duyu analize tabi tutulmuştur. Duyusal analiz öncesi panelistler ile bir eğitim toplantısı yapılmıştır. Her bir paneliste, her ürün grubundan sert şeker örnekleri rastgele üç basamaklı bir sayı ile numaralandırılarak sunulmuş ve puanlamalarını hazırlanan değerlendirme formunda yapmaları istenmiştir. Duyusal analizde panelistlerden ürünleri 'görünüş', 'yapı', 'lezzet' ve

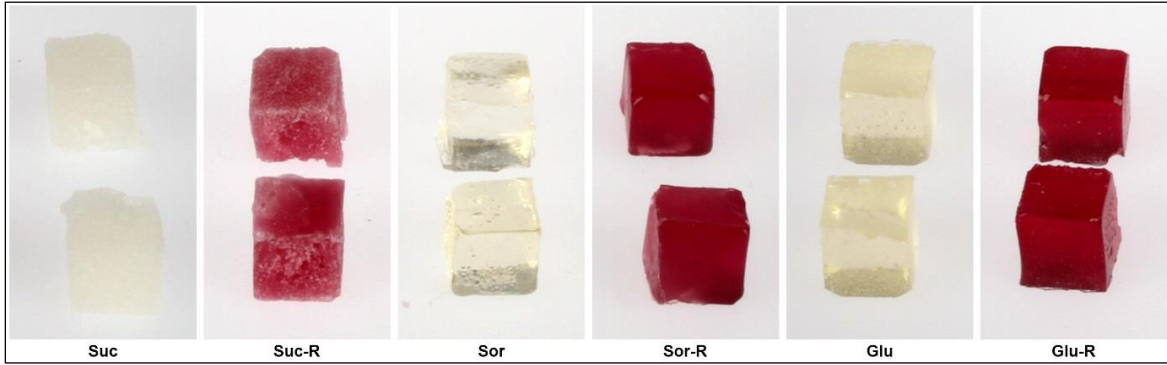
'genel beğeni' olmak üzere dört farklı açıdan 1 – 5 puan skalasında (1: Çok kötü, 2: Kötü, 3: Fena değil, 4: İyi, 5: Çok iyi) değerlendirmeleri istenmiştir (Lawless and Heymann, 2010).

İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel değerlendirilmesi SPSS paket programı (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) ile yapılmıştır. Elde edilen verilerde, sonuçlar üzerine parametrelerin etkisi varyans analizi ile tespit edilmiş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar ($P < 0.05$) Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.

SONUÇ ve TARTIŞMA

Sert şeker grubunda yer alan akide şekerinin doğal renk maddesi katkısıyla üretimini amaçlandığı bu çalışma kapsamında öncelikle duyu olarak kabul edilebilir ürünü elde etmek için en uygun formülasyonlar ve işlem parametreleri belirlenmiştir. Sert şekerlerde önemli kalite problemleri olan karamelizasyon, ağızda yapışma ve soğuk erime göz önünde bulundurularak tüketici tarafından kabul edilebilirliği ön denemeler ile ilk olarak ele alınmıştır. Bu kapsamda karbonhidratların farklı oranlarda kullanıldığı seri üretimler gerçekleştirilmiş; aynı zamanda formülasyonda yer alan girdilerin hangi aşamalarda eklenmesi gerektiğine ve pişirme aşamasında sıcaklık & süre parametrelerine karar verilmiştir (Ön denemelere ait sonuçlar verilmemiştir). Ön denemelerde gerçekleştirilen üretimlerde hammaddelerin farklı girdileri ıslak ağırlık olarak ele alınmasına rağmen asıl üretimlerin formülasyonları karbonhidratların kuru madde üzerinden ağırlığı hesaplanarak sunulmuştur. Sonuç olarak, üç farklı karbonhidrat formülasyonunun yer aldığı denemeler ile doğal renk maddesi katkılı ve katkısız akide şekerleri şu şekilde üretilmiştir: I: %100 sakaroz (Suc), II: Renklendirilmiş %100 sakaroz (Suc – R), III: %76 sakaroz + %24 sorbitol (Sor), IV: Renklendirilmiş %76 sakaroz + %24 sorbitol (Sor – R), V: %76 sakaroz + %24 glikoz (Glu), VI: Renklendirilmiş %76 sakaroz + %24 glikoz (Glu – R). Üretilen sert şekerlere ait görseller Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. Altı farklı formülasyon ile üretilmiş sert şekerler (Suc: %100 sakaroz; Sor: %76 sakaroz + %24 sorbitol; Glu: %76 sakaroz + %24 glikoz; R: Siyah havuç konsantresi katkıli renkli şeker).

Figure 1. Hard candies produced with six different formulations (Suc: 100% sucrose; Sor: 76% sucrose + 24% sorbitol; Glu: 76% sucrose + 24% glucose; R: Black carrot concentrate added colored hard candy).

Sert şeker üretiminde sık karşılaşılan durumlar olan 'soğuk erime', 'ağızda yapışma' ve 'kristalizasyon' problemleri bu çalışmanın ön denemelerinde de gözlenmiş ve en belirgin sebeplerden birinin inversiyon amacıyla kullanılan sitrik asit miktarı ve eklenme aşaması olduğu anlaşılmıştır. Sitrik asit miktarının formülasyonda fazla olması ağızda yapışma ve soğuk erimeye; yetersiz olması ise kristalizasyona neden olmuştur. Söz konusu durumlar göz önünde bulundurulduğunda şeker tartımının %0.04'ü kadar %30'luk (w/v) sitrik asit çözeltisinin pişirme sıcaklığı 140 °C'ye ulaştığında ilave edilmesinin en uygun çözüm olduğu yazarlar tarafından belirlenmiştir.

Sert Şekerlerin Renk Değerleri

Bir gıdanın rengi, ürünün tercih edilişliği etkileyen önemli bir kriterdir ve ürün geliştirmelerde renk değerlerinin ölçümü bu açıdan önemlidir (Sukkwai vd., 2018). Altı farklı formülasyon ile üretilmiş renk maddesi katkıli ve katkısız akide şekerlerin renk ölçüm sonuçları Çizelge 1'de gösterilmiştir. Koyuluk – aydınlık ifadesi olan L* değeri bakımından en yüksek değer SHK katkısız Suc örneğine ait olduğu; buna karşın en düşük değerin ise Sor-R'ye ait olduğu belirlenmiştir. Kolorimetrede a* yani kırmızılık – yeşillik bakımından pozitif en yüksek değere sahip olan ürünün Glu-R olduğu bulgulanmıştır. Bunu Suc-R ve Sor-R takip etmiştir. Sarı rengin belirgin olarak gözlemlendiği SHK katkısız Glu kodlu numunelerin en yüksek b* değerine sahip olduğu

bulgulanmıştır. Üretiminde pH değerinin 4.5 olarak ayarlanıp 1 kg şeker hamuruna 2.6 g SHK katkısıyla akide şekerinin üretildiği çalışma (Koç vd., 2012) ile karşılaştırıldığında a* değerlerinin bu çalışmada tespit edilen değerler ile kıyaslanabilir olduğu (12.8); ancak renk yoğunluğu (C*) ve renk tonu (h°) açısından her iki çalışmada farklı değerlerin elde edildiği anlaşılmaktadır. Bu çalışma kapsamında formülasyonda yer alan farklı karbonhidrat kompozisyonlarının SHK katkıli ve katkısız sert şekerlerde renk yoğunluğu değerlerini etkilediği sonucuna ulaşılmaktadır. Bu etkinin farklı karbonhidratların yüksek sıcaklıkta enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarında esmer renk oluşum derecelerinin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir (Wongwivat ve Wattanachant, 2014).

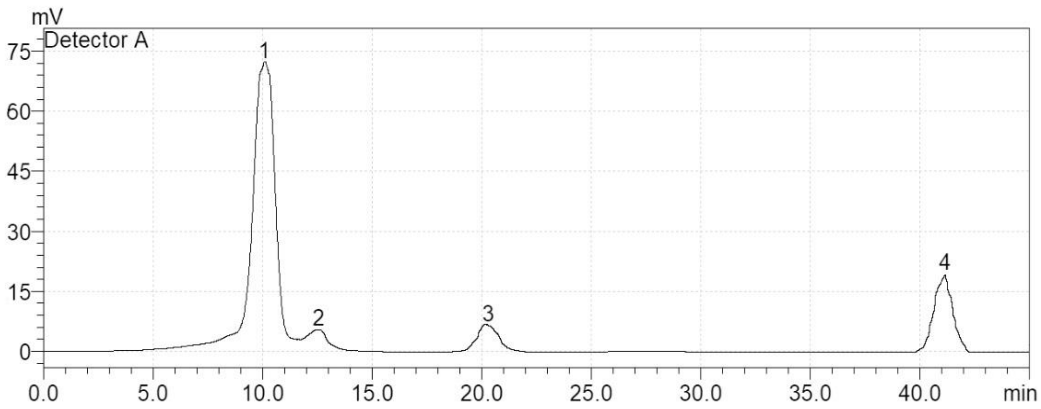
Sert Şekerlerin Karbonhidrat Kompozisyonu

Formülasyonda yer alan üç farklı karbonhidrat kombinasyonu (sakaroz, sakaroz + sorbitol, sakaroz + glikoz) ile üretilen akide şekerlerinin HPLC ile karbonhidrat kompozisyonu analizi gerçekleştirilmiştir. Üretimde sıcaklığın ve asidin inversiyonu ne ölçüde etkilediği bu analiz ile incelenmiştir. Akide şekerlerinin RID dedektör kullanılarak HPLC ile analizinde kromatogramda sırasıyla sakaroz, glikoz, früktoz ve sorbitol tespit edilmiş ve bu maddelerin alıkonma süreleri sırasıyla 10.1, 12.2, 19.7 ve 40.5 dk. olmuştur. Analize ait örnek bir HPLC kromatogramı Şekil 2'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Farklı formülasyonlarla üretilmiş sert şekerlerin renk değerleri.
Table 1. Colour values of hard candies produced with different formulations.

Örnek Sample	L*	a*	b*	C*	h°
Suc	36.53 ± 1.37 ^a	-2.33 ± 1.15 ^a	3.59 ± 1.18 ^a	4.31 ± 1.51 ^a	-57.54 ± 8.33 ^a
Suc-R	29.35 ± 1.52 ^b	6.85 ± 1.98 ^b	2.55 ± 0.88 ^{a, b}	7.33 ± 2.08 ^{a, b}	20.57 ± 4.73 ^b
Sor	31.08 ± 1.03 ^b	-8.49 ± 1.61 ^c	0.94 ± 0.69 ^b	8.55 ± 1.63 ^{b, c}	-6.33 ± 4.20 ^c
Sor-R	9.56 ± 5.48 ^c	5.62 ± 1.02 ^b	-1.81 ± 1.17 ^c	5.96 ± 1.24 ^{a, b}	-17.29 ± 8.65 ^c
Glu	22.71 ± 1.49 ^d	-3.33 ± 1.92 ^a	4.75 ± 1.61 ^d	6.18 ± 0.55 ^{a, b}	-54.02 ± 22.58 ^a
Glu-R	10.77 ± 0.40 ^c	10.60 ± 3.53 ^d	3.37 ± 0.79 ^a	11.13 ± 3.57 ^c	18.15 ± 3.57 ^b

Aynı sütunda yer alan farklı harfler istatistiksel farklılıkları simgelemektedir ($P < 0.05$).
Different letters in the same column indicate statistically significant differences ($P < 0.05$)



Şekil 2. 'Sor' numunesine ait HPLC kromatogramı (1: Sakaroz, 2: Glikoz, 3: Früktoz, 4: Sorbitol).
Figure 2. HPLC chromatogram of 'Sor' sample (1: Sucrose, 2: Glucose, 3: Fructose, 4: Sorbitol).

Üretimlerde früktoz kullanılmamasına karşın formülasyonlarda sorbitolün ve glikozun yer aldığı şeker numunelerinde inversiyon sonucu olarak früktoz da tespit edilmiştir (Çizelge 2). Sıcaklığın ve ortamda asidin varlığının kombine etkisiyle sakaroz inversiyona uğramakta ve bunun sonucunda glikoz ve früktoz oluşmaktadır (Finley vd., 2018). Sonuçlar incelendiğinde, inversiyona bağlı glikoz oluşumunun früktoza kıyasla nispeten daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum glikoz ve früktozun yüksek sıcaklıkta asit varlığında sakarozdan inversiyon sonucu oluşum hızlarındaki farklılık ile açıklanabilir (Schnepel ve Hoffmann, 2014). Bunun haricinde, sakarozun %100 olarak yer aldığı formülasyonlarda früktozun hiç tespit edilemediği; ancak sorbitol ve glikozun bulunduğu formülasyonlarda glikozun haricinde früktozun da oluştuğu ve miktarının tespit edildiği bulgulanmıştır. Bu durum, ortamda invert şeker varlığının inversiyon hızını artırması olarak yorumlanabilir (Nelson ve Theodore,

1924). Sorbitolün yer aldığı formülasyonlarda glikoz miktarının yalnızca sakaroz kullanılarak üretilen şekerlerdeki glikoz miktarından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ticari sorbitol endüstriyel olarak glikozdan üretilmektedir (Wisnlak ve Simon, 1979) ve işlemlerin etkisiyle yapıtaşını oluşturan glikoza belli ölçüde parçalandığı yorumu da yapılabilir.

DSC Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Sert şekerlerin DSC analizi sonucunda elde edilen camısı geçiş sıcaklığı (T_g), erime sıcaklığı (T_m) ve entalpi (ΔH) değerleri Çizelge 3'te sunulmuştur. Sert şeker üretim esnasında yüksek sıcaklıklarda pişirme ve ardından soğutma işlemi, karbonhidrat kompozisyonlarının camısı geçiş özelliklerinde önemli değişiklikler oluşturabilmektedir. Camısı geçiş özelliği, gıda içerisinde moleküler hareketleri etkileyen bir özelliktir. Sert şeker gibi düşük nem içeriğine sahip gıdaların camısı geçiş özelliklerinin doğrudan yapısal özellikler ile ilişkilendirildiği

bildirilmektedir. Yanı sıra, camsı geçiş özelliklerinin düşük nem içeriğine sahip yüksek karbonhidrat kompozisyonlu gıdaların yapısı, mikro-yapısı, kristalizasyon ve difüzyon olayları ile doğrudan ilişkili olduğu belirtilmektedir. Çizelge 3 incelendiğinde, en yüksek T_g değerlerinin sukrozun %100 olarak yer aldığı formülasyonlara ait olduğu (42.05 ve 44.16 °C), bunu sırasıyla glikozun (38.81 ve 36.39 °C) ve sorbitolun (19.24 ve 19.06 °C) takip ettiği görülmektedir. Sakarozu glikoz ya da früktoz ilavesinin camsı geçiş sıcaklığını ve erime entalpisini düşürdüğü rapor edilmiştir (Wang vd., 2019). Bu çalışmada da

benzer şekilde formülasyonda sakarozu glikoz ve sorbitol ilavesinin T_g'yi düşürdüğü görülmektedir. Üç farklı karbonhidrat kompozisyonu ile üretilmiş sert şekerlerin DSC termogramları Şekil 3'de verilmiştir. Sorbitole ait DSC eğrilerinden T_m ve ΔH değerleri hesaplanamamıştır. Buna karşın, glikozun yer aldığı formülasyonların %100 sakarozu kıyasla çok daha yüksek entalpi değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Entalpi değerlerinin üretilen sert şekerlerin ağızda erime özellikleri ile doğrudan ilişkilendirilebileceği yorumu yapılabilir.

Çizelge 2. Sert şekerlerin karbonhidrat kompozisyonu.

Table 2. Carbohydrate composition of hard candies.

Örnek	Sakaroz (g/100 g)	Glikoz (g/100 g)	Früktoz (g/100 g)	Sorbitol (g/100 g)
Sample	Sucrose (g/100 g)	Glucose (g/100 g)	Fructose (g/100 g)	Sorbitol (g/100 g)
Suc	96.23 ± 1.34 ^a	0.64 ± 0.08 ^a	n.d.	n.d.
Suc-R	95.08 ± 0.85 ^a	0.71 ± 0.05 ^a	n.d.	n.d.
Sor	72.28 ± 0.91 ^b	0.90 ± 0.13 ^{a, b}	0.34 ± 0.08 ^a	22.16 ± 0.85 ^a
Sor-R	71.51 ± 1.04 ^b	1.14 ± 0.17 ^b	0.42 ± 0.10 ^a	21.95 ± 0.66 ^a
Glu	71.36 ± 0.74 ^b	23.13 ± 0.92 ^c	0.40 ± 0.06 ^a	n.d.
Glu-R	71.29 ± 0.68 ^b	23.63 ± 0.88 ^c	0.44 ± 0.07 ^a	n.d.

Aynı sütunda yer alan farklı harfler istatistiki farklılıkları simgelemektedir ($P < 0.05$).

Different letters in the same column indicate statistically significant differences ($P < 0.05$).

n.d.: tespit edilememiştir.

n.d.: not defined.

Çizelge 3. Sert şekerlerin DSC analizi ile camsı geçiş (T_g), erime sıcaklığı (T_m) ve erime entalpisini (ΔH) değerleri.

Table 3. DSC analysis of glass transition (T_g), melting temperature (T_m) and melting enthalpies (ΔH) of hard candies.

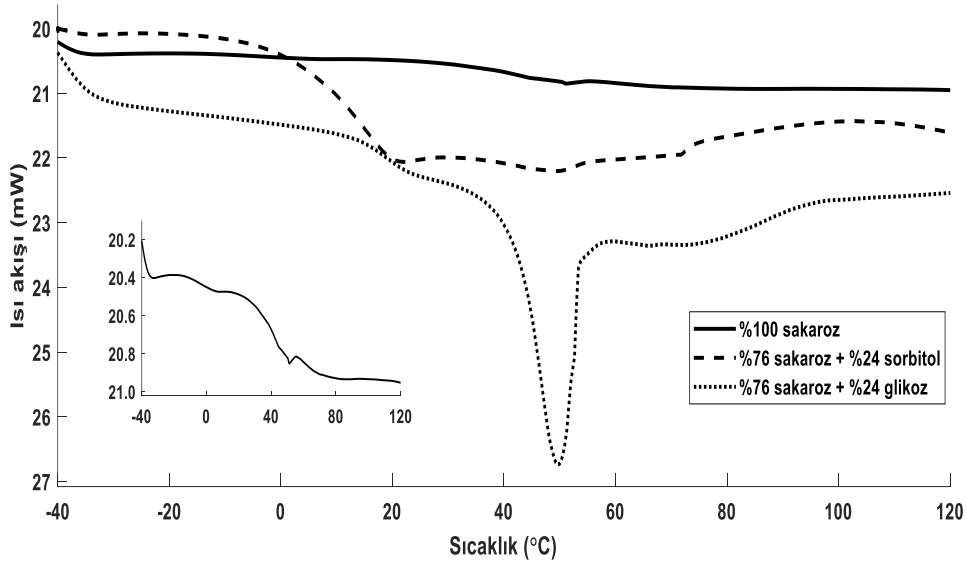
Örnek	T _g (°C)	T _m (°C)	ΔH (J/g)
Sample			
Suc	42.05 ± 1.80 ^a	51.37 ± 1.73 ^a	0.04 ± 0.01 ^a
Suc-R	44.16 ± 1.33 ^a	49.08 ± 1.58 ^a	0.03 ± 0.00 ^a
Sor	19.24 ± 0.79 ^b	n.d.	n.d.
Sor-R	19.06 ± 0.42 ^b	n.d.	n.d.
Glu	38.81 ± 1.24 ^c	46.45 ± 1.07 ^b	8.99 ± 0.44 ^b
Glu-R	36.39 ± 1.36 ^c	45.79 ± 1.30 ^b	7.55 ± 0.28 ^b

Aynı sütunda yer alan farklı harfler istatistiki farklılıkları simgelemektedir ($P < 0.05$).

Different letters in the same column indicate statistically significant differences ($P < 0.05$).

n.d.: tespit edilememiştir.

n.d.: not defined.



Şekil 3. Sert şeker formülasyonlarının DSC termogramları.

Figure 3. DSC thermograms of hard candy formulations.

Sert Şekerlerin Duyusal Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Gıda teknolojisinde yeni ürün geliştirmelerde veya mevcut ürüne yeni özellikler kazandırıldığında duyusal özelliklerin değerlendirilmesi önemli görülmektedir (Carpenter vd., 2012). Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen duyusal analiz sonuçları (Çizelge 4) değerlendirildiğinde farklı formülasyonların akide şekerlerin duyusal özellikleri olan görünüş, yapı, lezzet ve genel beğeni üzerine etkileri istatistik olarak anlamlı olduğu bulgulanmıştır ($P < 0.05$). Panelde ürünün tüketmeden önceki albenisinin test edildiği ‘görünüş’ kriterinde sorbitol ve glikozun yer aldığı formülasyonlar en yüksek puanlanırken; sakarozun %100 olduğu formülasyonlar daha düşük puanlanmıştır. Benzer şekilde ağızda yapışma, erime ve erime sonunda parçalanmasının test edildiği ‘yapı’ kriterinde de sakaroz diğer formülasyonlara kıyasla daha düşük puanlanmıştır. Sakarozun %100 yer aldığı formülasyonların duyusal analizde en az puanlanmasının temelinde camsı amorf yapının diğer formülasyonlara kıyasla ağızda çok hızlı bozulması olarak değerlendirilmiştir. Duyusal değerlendirmede şekerin yapı kriteri ile DSC analizi sonucunda elde edilen entalpi değerleri ilişkilendirilebilir. Her ne kadar sorbitole ait

entalpi değerleri hesaplanamasa da Suc, Suc – R ile Glu, Glu – R entalpi değerleri şekerin ağızda erimesi ile ilgili bulguları destekler niteliktedir. Geleneksel akide şekerini tadının alınıp alınmadığı ve tat, aroma özelliklerinin değerlendirildiği ‘lezzet’ kriterinde en yüksek puan glikozun yer aldığı formülasyonlarda bulgulanmıştır; ancak uygulanan Duncan testine göre sorbitol ve glikozu ait formülasyonlar aynı grup içinde yer almıştır. Ürünün topyekün değerlendirildiği ‘genel beğeni’ kriterinde ise şeker formülasyonlarının etkisi daha net görülmüştür. Buna göre formülasyonda glikozun yer aldığı akide şekerleri en yüksek puanlanırken bunu sırasıyla sorbitol ve sakaroz izlemiştir. Panelde kırmızı renkli ürünlerin de çok beğenildiği; ancak renksiz formülasyonların parlak – camsı görünüm özelliklerinden ötürü beğenildiği de vurgulanmıştır. Doğal renk maddesi ilavesi ile üretilmiş renklendirilmiş şekerlerden %100 sakarozun yer aldığı ürünler diğer iki formülasyona kıyasla ‘görünüş’ kriterinde daha düşük puanlanırken; formülasyonda glikoz ve sorbitolün yer aldığı renkli şekerlerin puanları arasında önemli fark bulunmamıştır ($P > 0.05$). Renklendirilmiş ürünlerde glikoz ve sorbitolün yer aldığı formülasyonların ‘görünüş’ kriterinde daha yüksek puanlanmasının sebebi yine parlak – camsı görünüme sahip olmalarıdır. Şekerleme

endüstrisinde sakaroz ve glikoz şurubu gibi şeker kaynakları yerine şeker oranını azaltma stratejisi olarak şeker alkollerin kullanımı üzerinde durulmaktadır. Bu kapsamda sorbitolün şekerlemelerde tatlılık oranını etkilememesi ve şekerleme ürünlerinin karakteristik görünüm ve organoleptik kalitesini en az etkileyen şeker alkol olması sebebiyle tercih edilen bir karbonhidrat olduğu vurgulanmaktadır (O'Brien-Nabors, 2016). Sorbitolün aynı zamanda sert şeker üretiminde teknolojik olarak üründe arzulanan

sertliği sağlamama ve yapışkanlık sorununa yol açabilme risklerinden ötürü formülasyonun dengeli bir şekilde ayarlanması güçlüğünden bahsedilmektedir (Klacik vd., 1984). Bu çalışma kapsamında kuru madde üzerinden %24 sorbitol ilavesi ile üretilmiş sert şekerlerin 'yapı' kriterinin duyusal olarak iyi – çok iyi olarak değerlendirildiği görülmüştür. Sert şekerleme üretiminde şeker oranının azaltılmasına yönelik olarak sorbitolün kullanılabilirliği bu çalışma kapsamında test edilmiştir.

Çizelge 4. Altı farklı formülasyonun sert şekerlerin duyusal özelliklerine etkisi.

Table 4. The effect of six different formulations on sensory properties of hard candies.

Örnek	Görünüş	Yapı	Lezzet	Genel beğeni
Sample	Appearance	Texture	Flavour	Overall acceptance
Suc	2.57 ± 1.34 ^a	2.64 ± 1.08 ^a	2.93 ± 1.14 ^a	2.50 ± 0.76 ^a
Suc-R	2.43 ± 0.85 ^a	2.71 ± 1.20 ^a	2.86 ± 1.41 ^a	2.64 ± 0.74 ^a
Sor	4.21 ± 0.89 ^b	4.43 ± 1.83 ^b	4.07 ± 0.73 ^b	3.57 ± 0.85 ^b
Sor-R	4.57 ± 0.65 ^b	3.14 ± 1.03 ^a	4.07 ± 0.73 ^b	3.93 ± 0.73 ^b
Glu	4.36 ± 0.74 ^b	4.71 ± 0.47 ^b	4.43 ± 0.76 ^b	4.64 ± 0.50 ^c
Glu-R	4.29 ± 0.83 ^b	4.29 ± 0.73 ^b	4.50 ± 0.52 ^b	4.50 ± 0.65 ^c

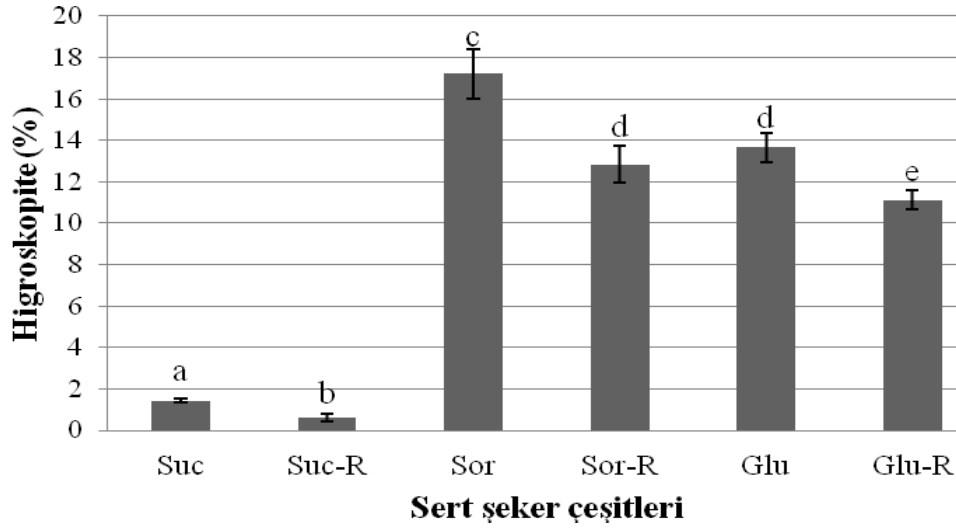
Aynı sütunda yer alan farklı harfler istatistiki farklılıkları simgelemektedir ($P < 0.05$).

Different letters in the same column indicate statistically significant differences ($P < 0.05$).

Sert Şekerlerin Higroskopik Özellikleri

Akide şekerlerinin üretimi sonrasında nem alma kapasitesinin en az olması istenir. Akide şekerleri nem almaları durumunda su aktivitesi değerleri yükselir, camsı geçiş özellikleri bütünüyle değişebilir ve sonunda yapısal, duyusal özellikler başta olmak üzere üründe genel fiziksel ve kimyasal bozulmalar gözlenebilir. Ürüne uygulanan higroskopite analizi sonuçları değerlendirildiğinde hem şeker formülasyonlarının hem de doğal renk maddesi olarak SHK kullanımının ürün nem alma potansiyellerini etkilediği anlaşılmıştır ($P < 0.05$). Şekil 4 incelendiğinde en yüksek nem kazanma potansiyelinin formülasyonda sorbitolün yer aldığı akide şekerlerine ait olduğu görülmektedir. Yalnızca sakarozun yer aldığı formülasyonların ise belirgin olarak en düşük higroskopite değerlerine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Gıdaların higroskopik özellikleri ile camsı geçiş sıcaklıkları arasında ilişki bulunmaktadır (Shrestha vd., 2007; Islam vd., 2016). Akide şekerlerinin Tg değerleri

incelendiğinde, en yüksek higroskopik özelliğe sahip olan Sor ve Sor – R numunelerinin diğer formülasyonlara kıyasla en düşük Tg değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bu çalışmada, SHK kullanılarak doğal renk maddesi ile zenginleştirilen akide şekerlerinin tüm formülasyonlarda SHK ilavesiz şekerlere kıyasla daha düşük higroskopite değerlerine sahip olduğu da bulgulanmıştır. Literatür incelendiğinde, fenolik maddelerin film yapısı oluşturan sistemlerde nem geçişini belirgin olarak engelleyebileceği rapor edilmiştir (Insaward vd., 2015; Fabra vd., 2011; Friesen vd., 2015). Bu çalışmada da SHK fenolik maddelerinin akide şekerlerinin yüzeyinde bariyer rolü üstlenerek nem geçişini engellediği yorumu yapılabilir. Sert şekerin ortamdaki nem alması sonucunda amorf – camsı yapıdaki gıda amorf – kauçuk (rubbery) forma dönüşebilmekte; bu durum da üründe yapışkanlık, elastikiyet ve renk özellikleri başta olmak üzere fiziksel ve kimyasal değişikliklere yol açabilmektedir (Taub ve Singh, 1997).



Şekil 4. Sert şekerlerin altı farklı formülasyonunun %75 bağıl nemde (RH) nem kazanma potansiyelleri.

Figure 4. Moisture gaining potentials of six different formulations of hard candies at 75% relative humidity (RH).

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın belirli aşamalarında teknik desteklerini esirgemeyen İpek Pişmaniye San. Tic. Ltd. Şti (İzmit, Kocaeli) İşletme Müdürü Kemal Piroğlu'na ve Gıda Müh. Necati Özdemir'e yazarlar olarak teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

Altan, A. (2001). *Özel gıdalar teknolojisi*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın, 178 s.

Anonim (2017). Şekerli ve Çikolatalı Mamuller. Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı Sektör Raporları. https://ticaret.gov.tr/data/5b8700a513b8761450e18d81/Sekerli_ve_Cikolatali_Mamuller.pdf (Erişim Tarihi: 01.12.2018).

Cardoso, A.V., Abreu, W.M. (2004). Water and the glass transition temperature of organic (caramel) glasses. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 348: 51-58.

Carpenter, R.P., Lyon, D.H., Hasdell, T.A (2012). *Guidelines for sensory analysis in food product development and quality control*. 2nd Edition, Springer Science & Business Media, 201 p. ISBN: 0-8342-1642-6.

Demir, M.K., Elgün, A., Avcı, A. (2010). Klasik ve vakum altında spreylenecek pişirme

yöntemlerinin akide şekerinin bazı kalite kriterleri ve raf ömrü üzerine etkisi. *GIDA*, 35(6): 431-438.

Elgün, A. (2013). Şeker, şekerlemeler ve şekerli ürünler. *Uluslararası 2. Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi*, 77-96.

Ergun, R., Lietha, R., Hartel, R.W. (2010). Moisture and shelf life in sugar confections. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(2): 162-192.

Fabra, M.J., Hambleton, A., Talens, P., Debeaufort, F., Chiralt, A. (2011). Effect of ferulic acid and α -tocopherol antioxidants on properties of sodium caseinate edible films. *Food Hydrocolloids*, 25(6): 1441-1447.

Finley, J. W., Hurst, W. J., Lee, C. Y. (2018). *Principles of Food Chemistry*, Springer.

Friesen, K., Chang, C., Nickerson, M. (2015). Incorporation of phenolic compounds, rutin and epicatechin, into soy protein isolate films: Mechanical, barrier and cross-linking properties. *Food Chemistry*, 172: 18-23.

Gutiérrez-Zúñiga, C.G., Arriaga-Alba, M., Ordaz-Pichardo, C., Gutiérrez-Macías, P., Barragán-Huerta, B.E. (2014). Stability in candy products of neocandentone, a non-genotoxic purple pigment

- from *Dalbergia congestiflora* heartwood. *Food Research International*, 65: 263-271.
- Güvemli, O. (2018). Türkiye'nin yaşayan en eski işletmesi: Hacı Bekir Şekerleme 1777-2018. *Muhasebe ve Finans Tarihi Araştırmaları Dergisi*, 74-104.
- Hepsağ, F., Hayoğlu, İ., Hepsağ, B. (2012). Karadut meyvesinin antosiyanin içeriği ve gıda sanayinde renk maddesi olarak kullanım olanakları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7: 9-19.
- Insaward, A., Duangmal, K., Mahawanich, T. (2014). Mechanical, optical, and barrier properties of soy protein film as affected by phenolic acid addition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(43): 9421-9426.
- Islam, M.Z., Kitamura, Y., Yamano, Y., Kitamura, M. (2016). Effect of vacuum spray drying on the physicochemical properties, water sorption and glass transition phenomenon of orange juice powder. *Journal of Food Engineering*, 169: 31-140.
- İlaslan, K. (2014). Sert şekerlemelerde kontrolsüz inversiyon ve soğuk erime problemlerinin araştırılması ve çözüm önerileri. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye, 84 s.
- İlter, I., Akyıl, S., Koç, M., Ertekin, F. (2017). Alglerden elde edilen ve gıdalarda doğal renklendirici olarak kullanılan pigmentler ve fonksiyonel özellikleri. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(12): 1508-1515.
- Karagül, N. (2012). Şekerleme endüstrisinde proses ve kirlenme profili ile artırılabilirlik bazı deneysel karakterizasyon. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye, 89 s.
- Klacik, K.J., Vink, W.V., Fronczkowski, P.R. (1984). Sorbitol-containing hard candy. US Patent 4,452,825.
- Koç, B.E., Türkyılmaz, M., Özkan, M. (2012). Siyah havuç suyu konsantresinin akide şekerlerinde renklendirici olarak kullanılması ve monomerik antosiyaninlerin depolama stabilitesinin belirlenmesi. *Akademik Gıda*, 10(1): 30-39.
- Kuşat, N., Kösekahyaoğlu, L. (2011). Gıda sektöründe ürün ve iyileştirilmiş ürün inovasyonları: batı akdeniz bölgesi şekerleme, kakao ve çikolata alt sektörü üzerine bir uygulama. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 3: 2.
- Lawless, H.T., Heymann, H. (2010). *Data relationships and multivariate applications*. In Sensory evaluation of food, Springer New York, 433-449 s.
- Mazza, G., Miniati, E. (1993). *Anthocyanins in fruits, vegetables, and grains*. 1st Edition, CRC Press, 384 p. ISBN: 9781351078153.
- Mutlu, C., Tontul, S.A., Erbaş, M. (2018). Production of a minimally processed jelly candy for children using honey instead of sugar. *Food Science and Technology*, 93: 499-505.
- Nelson, J.M., Theodore, C. (1924). Influence of glucose and fructose on the rate of hydrolysis of sucrose by invertase from honey. *The Journal of Biological Chemistry*, 62: 139-147.
- Netramai, S., Kijchavengkul, T., Sompoo, P., Kungnimit, W. (2018). The effect of intrinsic and extrinsic factors on moisture sorption characteristics of hard candy. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(5): e13599.
- O'Brien-Nabors, L. (ed.). (2016). *Alternative sweeteners*. 3rd Edition, CRC Press, 553 s. ISBN: 0-8247-0437-1.
- Önder, K. (2016). Türkiye bisküvi, çikolatalı ve şekerli mamuller sektörü: firma yoğunlaşma analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 31(2): 179-208.
- Özlu, Z. (2011). Osmanlı saray şekerleme ve şekerlemecileri ile ilgili notlar. *Türk Kültürü ve Hacı Bektaş Veli Araştırma Dergisi*, 58: 171-190.
- Reinheimer, M.A., Mussati, S.F., Scenna, N.J. (2012). Optimization of operating conditions of a cooling tunnel for production of hard candies. *Journal of Food Engineering*, 109(1): 22-31.
- Reinheimer, M. A., Mussati, S., & Scenna, N. J. (2010). Influence of product composition and

- operating conditions on the unsteady behavior of hard candy cooling process. *Journal of Food Engineering*, 101(4): 409-416.
- Rupérez, P., Toledano, G. (2003). Celery by-products as a source of mannitol. *European Food Research and Technology*, 216(3): 224–226.
- Schnepel, K., & Hoffmann, C. (2013). Calculation of invert sugar content based on the glucose content of sugar beet. *Sugar Industry*, 138(7): 463-470.
- Shrestha, A.K., Ua-Arak, T., Adhikari, B.P., Howes, T., Bhandari, B.R. (2007). Glass transition behavior of spray dried orange juice powder measured by differential scanning calorimetry (DSC) and thermal mechanical compression test (TMCT). *International Journal of Food Properties*, 10(3): 661-673.
- Smidova, I., Copikova, J., Maryska, M., Coimbra, A. (2003). Crystals in hard candies. *Czech Journal of Food Sciences*, 21(5): 185-191.
- Subramaniam, P. (2016). *The stability and shelf life of food*. 2nd Edition, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, pp. 545-573.
- Sukkwai, S., Kijroongrojana, K., Chonpracha, P., Pujols, K.D., Alonso-Marengo, J.R., Ardoin, R., Prinyawiwatkul, W. (2018). Effects of colorant concentration and ‘natural colour’ or ‘sodium content’ claim on saltiness perception, consumer liking and emotion, and purchase intent of dipping sauces. *International Journal of Food Science and Technology*, 53(5): 1246-1254.
- Tan, J., Kerr, W.L. (2017). Determination of glass transitions in boiled candies by capacitance based thermal analysis (CTA) and genetic algorithm (GA). *Journal of Food Engineering*, 193: 68-75.
- Taub, I.A., Singh, R.P. (eds.). (1997). *Food storage stability*. CRC Press, 510 p. ISBN 0-8493-2646-X
- Wang, Y., Truong, T., Li, H., Bhandari, B. (2019). Co-melting behaviour of sucrose, glucose & fructose. *Food Chemistry*, 275: 292-298.
- Wisnlak, J., Simon, R. (1979). Hydrogenation of glucose, fructose, and their mixtures. *Industrial Engineering Chemistry Product Research and Development*, 18(1): 50-57.
- Wongwivat, P., Wattanachant, S. (2014). Effect of sugar types on physical attributes and crystalline structure of sweet-dried chicken meat product. *International Food Research Journal*, 21(6): 2285-2291.
- Yilmaz, F.M., Bilek, S.E. (2018). Ultrasound-assisted vacuum impregnation on the fortification of fresh-cut apple with calcium and black carrot phenolics. *Ultrasonics sonochemistry*, 48: 509-516.
- Zellner, D., Greene, N., Jimenez, M., Calderon, A., Diaz, Y., Sheraton, M. (2018). The effect of wrapper color on candy flavor expectations and perceptions. *Food Quality and Preference*, 68: 98-104.