

DÜŞÜK ŞEKERLİ TURUNÇ MARMELATI ÜRETİMİNDE REBAUDİOSİDE A KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

Demet Yıldız Turgut^{1*}, Muslime Tanriseven¹, Arzu Bayır YeğİN¹,
Muharrem Gölükçü¹, Haluk Tokgöz¹, Osman Kola²

¹Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya, Türkiye

²Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Adana, Türkiye

Geliş/Received: 18.04.2023; Kabul /Accepted: 056.07.2023; Online baskı /Published online: 11.08.2023

Yıldız Turgut, D., Tanriseven, M., Bayır YeğİN, A., Gölükçü, M., Tokgöz, H., Kola, O. (2023). Düşük şekerli turunç marmelatı üretiminde Rebaudioside A kullanımının araştırılması. GIDA (2023) 48 (4) 872-887 doi: 10.15237/ gida.GD23052

Yıldız Turgut, D., Tanriseven, M., Bayır YeğİN, A., Gölükçü, M., Tokgöz, H., Kola, O. (2023). The investigation of use of Rebaudioside A in the production of low-sugar bitter orange marmalade. GIDA (2023) 48 (4) 872-887 doi: 10.15237/ gida.GD23052

ÖZ

Bu çalışmada düşük şekerli turunç marmelatı üretiminde doğal tatlandırıcı olarak steviol glikozit Rebaudioside A (Reb A)'nın kullanılabilirliğini ortaya koymak ve farklı formülasyonlarda üretilen marmelatların bazı kalite özelliklerini incelemek amaçlanmıştır. Bu kapsamda standart turunç marmelatı (kontrol) ve 15 farklı formülasyonda düşük şekerli turunç marmelatı üretilmiş ve bu ürünlerde fizikokimyasal ve duyu analizler gerçekleştirilmiştir. Turunç marmelatlarının toplam kuru madde, suda çözünür kuru madde, pH ve titrasyon asitliği değerleri sırasıyla %44.11-78.30, 38.63-70.08 °Bx, 3.15-3.67 ve %0.09-0.28 olarak belirlenmiştir. Marmelat örneklerinde glikoz, fruktoz, sakkaroz, toplam şeker ve HMF içerikleri 20.35-20.61 g/100 g, 28.54-28.56 g/100 g, 20.70-20.75 g/100 g, 69.64-69.87 g/100 g ve 0.22-11.80 mg/kg aralığında bulunmuştur. Marmelat örneklerinin renk, lezzet, kıvam ve genel kabul edilebilirlik özelliklerini içeren duyu analizleri hedonik test yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Genel kabul edilebilirlik açısından en fazla tercih edilen örneklerin suda çözünür kuru madde (SÇKM) içeriği % 25 azaltılmış 100 mg Reb A içeren marmelat, SÇKM'si %25 azaltılmış 150 mg Reb A içeren marmelat ve SÇKM'si %30 azaltılmış 100 mg Reb A içeren marmelat örnekleri olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak SÇKM içeriği %25 ve 30 oranında azaltılmış, tatlandırıcı olarak 100 ve 150 mg Reb A içeren marmelat örneklerinin gerek fizikokimyasal gerekse duyu özellikler bakımından üstün özellikler gösterdiği belirlenmiştir

Anahtar kelimeler: Turunç (*Citrus aurantium*), marmelat, düşük kalori, doğal tatlandırıcı, Rebaudioside A.

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: demet.yildizturgut@tarimorman.gov.tr,

☎: (+90) 242 321 6797

☎: (+90) 242 321 1512

Demet Yıldız Turgut; ORCID no: 0000-0002-7486-3701

Muslime Tanriseven; ORCID no: 0000-0001-5805-1554

Arzu Bayır YeğİN; ORCID no: 0000-0002-2194-6730

Muharrem Gölükçü; ORCID no: 0000-0003-1646-5876

Haluk Tokgöz; ORCID no: 0000-0002-9956-0045

Osman Kola; ORCID no: 0000-0003-0000-248X

THE INVESTIGATION OF USE OF REBAUDIOSIDE A IN THE PRODUCTION OF LOW-SUGAR BITTER ORANGE MARMALADE

ABSTRACT

In this study, it was aimed to reveal the usability of steviol glycoside Rebaudioside A (Reb A) as a natural sweetener in the production of low sugar bitter orange marmalade and to investigate some quality characteristics of marmalades produced in different formulations. In this context, standard bitter orange marmalade and fifteen low sugar bitter orange marmalade were developed, and their physicochemical and sensory analyzes were carried out. The ranges for the total dry matter content (TDC), total soluble solids content (TSS), pH and titratable acidity values of bitter orange marmalades were determined as 44.11-78.30%, 38.63-70.08 °Bx, 3.15-3.67 and 0.09-0.28%, respectively. Glucose, fructose, sucrose, total sugar and HMF contents in the marmalade samples were found to be in the range of 20.35-20.61 g/100 g, 28.54-28.56 g/100 g, 20.70-20.75 g/100 g, 69.64-69.87 g/100 g and 0.22-11.80 mg/kg, respectively. Sensory analyzes including color, taste, consistency and general acceptability characteristics of the marmalade samples were performed using "Hedonic Test" method. It was determined that the most preferred samples in terms of general acceptability were marmalade samples containing 100 mg of Reb A with 25% reduced TSS, 150 mg of Reb A with 25% reduced TSS and 100 mg of Reb A with 30% reduced TSS. As a result, it was determined that the marmalade samples containing 100 and 150 mg of Reb A sweetener with a 25% and 30% reduced TSS showed superior properties in terms of both physicochemical and sensory parameters.

Keywords: : Bitter orange (*Citrus aurantium*), marmalade, low-calorie, natural sweetener, Rebaudioside A.

GİRİŞ

Meyveler içerdikleri vitaminler, mineraller, diyet lif, fenolikler, karotenoidler, enzimler ve organik asitler gibi sağlık üzerine yararlı bileşenlerden dolayı insan beslenmesinin önemli bir parçasıdır. Epidemiyolojik çalışmalar düzenli ve yeterli miktarda meyve tüketiminin tip II diyabet, demans, kanser ve kardiyovasküler hastalıklar gibi pek çok kronik hastalığı önlemeye yardımcı olabileceğini göstermiştir (Barrett ve Lloyd, 2012; Saveski vd., 2015). Ancak, meyvelerin, ortalama %90 oranında su içermeleri ve belirli mevsim aralığında hasat edilmeleri raf ömürlerini ve yıl boyu tüketilebilirliklerini sınırlandırmaktadır. Meyvelerin raf ömrünü uzatmak için reçel, marmelat, fermantasyon ve kurutma gibi çeşitli muhafaza ve işleme yöntemleri kullanılmaktadır (Rababah vd., 2011). Bu yöntemlerden meyvelere şeker ilavesi ile hazırlanan reçel ve marmelatlar, uzun yıllardan beri ülkemizde geleneksel ve endüstriyel olarak üretilmektedir (Cemeroğlu vd., 2003).

Türk Gıda Kodeksi (TGK) Reçel, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği'nde (Tebliğ No: 2006/55) turuncu marmelatı, turuncu meyvesinden elde edilen pulp, püre,

meyve suyu, sulu ekstraktları ve kabuklarının tek başına veya karıştırılarak, su ve şekerlerle uygun jel kıvamına getirilmiş karışımı olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2006). Genel olarak marmelat formülasyonlarında tat, yapı, kıvam ve mikrobiyolojik stabiliteyi sağlamak için şeker kaynağı olarak sakkaroz kullanılmaktadır. TGK Reçel, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği'nde marmelatlar en az %60 çözünebilir kuru madde içermesi gerektiği belirtilmektedir (Anonim, 2006). Ancak aşırı şeker tüketiminin hipertansiyon, obezite ve diyabet gibi rahatsızlıklara yol açtığı bilinmektedir. Günümüzde, değişen yaşam koşulları, gıda ve sağlık alanındaki gelişmeler, tüketicilerin sağlıklı beslenme ile ilgili farkındalıklarının artması ve doğal içerikli gıdalara olan talep nedeniyle gıda endüstrisi, ürün formülasyonlarında yer alan şeker oranını azaltarak daha düşük enerji içeren doğal içerikli ürünler üretme yoluna gitmektedir (Belovic vd., 2017; Dubey vd., 2021; Şahin, 2006). TGK Reçel, Jöle, Marmelat Ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği'nde ürünlerin çözünebilir kuru madde miktarı en az % 25 oranında azaltıldığında, ürün "düşük şekerli" olarak adlandırılması gerektiği belirtilmektedir (Anonim, 2006).

Düşük kalorili veya düşük şekerli ürünlerin üretiminde şeker yerine kısmen veya tamamen pek çok yapay ve doğal tatlandırıcı kullanılmaktadır. Yapay tatlandırıcılar yoğun tatlılığa sahiptir. Bununla birlikte, bu tatlandırıcılar minimum besin değerine sahiptirler ve bazı tatlandırıcılar kilo alma riski, alerji, toksisite, metabolik sendrom ve mesane kanseri gibi olumsuz sağlık etkileri gösterebilmektedir. Bu nedenle düşük kalorili gıda ürünlerinde doğal tatlandırıcıların uygulanması son yıllarda araştırmacıların ilgi odağı olmuştur (Alizadeh vd., 2014; Castro-Munoz vd., 2022).

Steviol glikozitler, Güney Amerika kökenli Asteraceae familyasına ait bir bitki olan *Stevia rebaudiana* Bertoni'nin yapraklarından elde edilen doğal tatlandırıcılardan olup kalori değerleri bulunmamaktadır. Dünya Tarım Örgütü (FAO)/Dünya Sağlık Örgütü (WHO) Gıda Katkı Maddeleri Ortak Uzman Komitesi (JECFA) ve Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) ortak komitesi, saf steviol glikozitlerin (%95) tıbbi olmayan bir bileşen olarak günlük 4 mg/kg'a kadar alımının insan tüketimi için güvenli olduğunu belirtmiştir. Avrupa Birliği, 2011 yılında gıda ve içeceklerde steviol glikozitlerin kullanımını onaylamıştır. Ülkemizde 30/06/2013 tarihinde Resmî Gazetede yayınlanan TKG Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde E 960 koduyla steviol glikozitlerin (steviol eşdeğerleri) gıdalarda kullanımına izin verilmiştir. Stevia yaprakları 30'dan fazla steviol glikozit içermektedir. Stevioside ve rebaudioside A (Reb A), yapraklardaki tüm tatlı glikozitlerin yaklaşık %90'ını oluşturan iki ana tatlı bileşendir. Bu glikozitler, geniş bir pH ve sıcaklık aralığında oldukça kararlıdır ve fermente edilemezler. Stevioside, sakarozdan yaklaşık 150-300 kat daha tatlıdır. Öte yandan, Reb A'nın tatlılığı, sakarozla göre 250-450 kat daha fazladır. Ek olarak, Reb A suda iyi çözünürlüğe sahiptir ve sakarozla yakın organoleptik özellikler sergiler (Balaswamy vd., 2014; Gasmalla vd., 2014). Reb A'nın tatlandırıcı olarak düşük kalorili içecekler (Wölwer-Rieck vd., 2010; Nalesso-Leao vd., 2020), reçel (Carvalho vd., 2013; Benzer Gürel, 2016), marmelat (Öztürk, 2023), çikolata (Morais Ferreira vd., 2016) ve kek (Majzoobi vd., 2018) gibi birçok gıda

ürününde kullanılabilirliğine dair çalışmalar mevcuttur.

Turunç (*Citrus aurantium*) Rutaceae familyasına ait *Citrus* cinsinde yer alan bir turuncgil meyvesidir. Turunç pulpu ve meyve suyunun ekşi ve acı tadından dolayı genellikle taze olarak tüketimi zordur. Akdeniz bölgesi'nde turunç kabukları geleneksel olarak reçel ve marmelata işlenerek değerlendirilmektedir. Bu çalışmada düşük şekerli turunç marmelatı üretimi amacıyla farklı oranlarda şeker ve Reb A içeren farklı marmelat formülasyonları oluşturularak üretilen marmelatların fizikokimyasal ve duyuşsal özellikleri incelenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada materyal olarak Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde merkez yerleşkesinde bulunan "Yerli Turunç" çeşidine ait turunç (*C. aurantium*) meyveleri kullanılmıştır. Marmelat üretimlerinde beyaz kristal toz şeker (sakkaroz), yüksek metoksilli (YM) ve düşük metoksilli (DM) pektin, sitrik asit ve tatlandırıcı olarak steviol glikoziti Reb A kullanılmıştır.

Marmelat Üretimleri

Çalışma kapsamında TKG Reçel, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği hükümleri çerçevesinde standart turunç marmelatı (kontrol) üretimi ve farklı şeker ve Reb A oranlarında 15 farklı düşük şekerli marmelat üretimleri gerçekleştirilmiştir. Standart (kontrol) ve düşük şekerli turunç marmelatı üretimi amacıyla bazı ön işlemler gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla meyveler musluk suyu ile yıkanıp, kabukları çıkartılmış ve bıçakla küçük şeritler halinde kesilmiştir. Şerit halinde kesilen turunç kabukları kaynar suda 15 dk. haşlanarak acılıkları giderilmiştir.

Standart turunç marmelatı (kontrol) 200 g ön işleminden geçirilmiş turunç kabuğu, 600 g şeker, 300 ml su, 2 g sitrik asit, 4 g YM pektin formülasyonu (Gürsoy, 1977) SÇKM 70° Bx civarında olacak şekilde açık kazanda pişirme tekniğiyle gerçekleştirilmiştir.

Düşük şekerli turunç marmelatı formülasyonları standart marmelat formülasyonundaki şeker miktarı düşürülerek ve ürünlere farklı oranlarda (100, 150, 200 mg) Reb A eklemek suretiyle oluşturulmuştur. Bu amaçla tebliğ hükümleri dikkate alınarak, standart olarak üretilen marmelatın SÇKM içeriği en az %25-45 oranları arasında azaltılacak şekilde 15 farklı formülasyon oluşturulmuştur. Düşük şekerli marmelat

formülasyonları Çizelge 1’de verilmiştir. Reçetede kıvam ve yapıyı oluşturmak için DM pektin kullanılmıştır. Her reçetede kullanılacak DM pektin miktarları ön denemelerle belirlenmiştir. Üretim sonrası marmelatlar 40 cc’lik cam kavanozlara sıcak dolum tekniğiyle (88°C) doldurularak kapakları kapatılmıştır.

Çizelge 1. Düşük Şekerli Turunç Marmelatı Formülasyonları

Table 1. Low sugar bitter orange marmalade formulations

Formülasyon No <i>Formulation No</i>	Turunç kabuğu (g) <i>Bitter orange peel</i>	Şeker (g) <i>Sugar</i>	Reb A (mg)	DM pektin (g) <i>LM pectin</i>	Sitrik asit (g) <i>Citric acid</i>	Su (mL) <i>Water</i>	Hedeflenen SÇKM (°Bx) <i>Target TSS</i>
1 (SÇKM %25 oranında azaltılmış) <i>(25% reduced TSS)</i>	200	450	100	5	2	450	52.5
2 (SÇKM %25 oranında azaltılmış) <i>(25% reduced TSS)</i>	200	450	150	5	2	450	52.5
3 (SÇKM %25 oranında azaltılmış) <i>(25% reduced TSS)</i>	200	450	200	5	2	450	52.5
4 (SÇKM %30 oranında azaltılmış) <i>(30% reduced TSS)</i>	200	420	100	5	2	450	49.0
5 (SÇKM %30 oranında azaltılmış) <i>(30% reduced TSS)</i>	200	420	150	5	2	450	49.0
6 (SÇKM %30 oranında azaltılmış) <i>(30% reduced TSS)</i>	200	420	200	5	2	450	49.0
7 (SÇKM %35 oranında azaltılmış) <i>(35% reduced TSS)</i>	200	390	100	6	2	450	45.5
8 (SÇKM %35 oranında azaltılmış) <i>(35% reduced TSS)</i>	200	390	150	6	2	450	45.5
9 (SÇKM %35 oranında azaltılmış) <i>(35% reduced TSS)</i>	200	390	200	6	2	450	45.5
10 (SÇKM %40 oranında azaltılmış) <i>(40% reduced TSS)</i>	200	360	100	6	2	450	42.0
11 (SÇKM %40 oranında azaltılmış) <i>(40% reduced TSS)</i>	200	360	150	6	2	450	42.0
12 (SÇKM %40 oranında azaltılmış) <i>(40% reduced TSS)</i>	200	360	200	6	2	450	42.0

13 (SÇKM %45 oranında azaltılmış) (45% reduced TSS)	200	330	100	6,5	2	320	38.5
14 (SÇKM %45 oranında azaltılmış) (45% reduced TSS)	200	330	150	6,5	2	320	38.5
15 (SÇKM %45 oranında azaltılmış) (45% reduced TSS)	200	330	200	6,5	2	320	38.5

Analiz Yöntemleri

Marmelat ve turunç kabuğu örneklerinde SÇKM, dijital refraktometre (A. Krüss Optronic GmbH, DR6000 series, Almanya) ile 25°C’ de (oda sıcaklığında) ölçülerek sonuçlar briks (°Bx) olarak ifade edilmiştir. pH değeri, dijital pH metre ile ölçülmüş, titrasyon asitliği (TA) ise 10 g homojenize örneğin 25 ml saf su ile seyreltilerek 0.1 N NaOH (sodyum hidroksit) ile pH 8.1 oluncaya kadar titre edilmesiyle belirlenmiştir. Sonuçlar % sitrik asit cinsinden hesaplanmıştır. Toplam kuru madde (TKM) miktarı ise 5 g homojenize edilmiş örneğin etüvde 70°C’de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulması ile belirlenerek sonuçlar % olarak ifade edilmiştir. (Cemeroğlu, 2007).

Marmelat ve turunç kabuğu örneklerinde CIE L*, a*, b* renk değerleri renk ölçüm cihazı (Minolta CR 400) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümler yapılmadan önce cihaz beyaz seramik kalibrasyon plakası (CR-A43) ile kalibre edilmiş ve tüm ölçümler beyaz bir zemin üzerinde sıvı ölçüm kabı (CR-A502) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında örneklerin kroma (C*) ve hue açısı (h) hesaplanmıştır. CIE renk koordinat sistemine göre L* değeri beyazlık-siyahlık göstergesi olup 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasında, a* değeri yeşillik-kırmızılık olup -60 (yeşil) ile +60 (kırmızı) arasında ve b* değeri mavilik-sarılık göstergesi olup -60 (mavi) ile +60 (sarı) arasında değişim göstermektedir. Hue açısı (h°) rengin niteliğini belirtmekte olup 0° veya 360° kırmızı, 90° sarı, 180° yeşil, 270° mavi rengi temsil etmektedir. C* değeri ise, rengin canlılığını ve doygunluğunu ifade etmekte olup, 0 değeri griakromatik (renksiz) renkleri ifade ederken, değer arttıkça rengin canlılığı artmaktadır (Pathare vd., 2013).

HMF analizi yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Tontul ve Topuz 2017). Bu amaçla örnekler saf su ile belirli oranda seyreltilmiş ve 0.45 µm gözenek çaplı membran filtreden geçirilerek HPLC cihazına verilmiştir. Örneklerdeki HMF varlığı, örneklere ait kromatogramdaki pikin geliş zamanı ile HMF standardına ait kromatogramdaki pikin geliş zamanının karşılaştırılması ile tanımlanmıştır. Sonuçlar 0.5-20 mg/L konsantrasyon aralığında hazırlanan standart HMF eğrisi ve bu eğriyi tanımlayan eşitliğe ($y = 50818x - 82392$, $r^2 = 0.999$) göre mg/kg kuru madde olarak hesaplanmıştır. Analiz Shimadzu 20 AD serisi (Shimadzu, Tokyo, Japonya) HPLC cihazında, SPD-M20A model PDA dedektör ile gerçekleştirilmiştir. Mobil faz olarak su:metanol (90:10, v/v) kullanılmıştır. HMF analizi İnertsil ODS-3 C-18 (5µm, 250x4.6 i.d.) (GL Sciences, Japonya) kolon ile 285 nm dalga boyunda, 1 mL/dk akış hızında izokratik olarak gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan enjeksiyon hacmi 20 µL, kolon sıcaklığı ise 25°C’dir.

Marmelat örneklerinin şeker bileşenleri Turhan (2014) tarafından önerilen yöntemle belirlenmiştir. Örnekler belirli oranda saf su ile homojenize edilerek 5000 rpm hızda 20°C’de 10 dk. süreyle santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası berrak kısım 0.45 µm gözenek çaplı membran filtreden geçirilerek HPLC cihazına verilmiştir. Glikoz, fruktoz ve sakkaroz standartlarından hazırlanan kalibrasyon eğrilerinden eşitlikler elde edilmiş, her bir şeker bileşeni bu eşitlikler kullanılarak g/ 100 g kuru madde olarak belirlenmiştir. Analizde Shimadzu RID-10A model refraktif indeks dedektörü (Japonya) kullanılmıştır. Şeker bileşenlerinin ayırımında hareketli faz olarak ultra saf su kullanılmıştır.

Ayırım Transgenomic CARBOsep CHO-820 CA kolon ile izokratik olarak, 0.5 mL/dk akış hızında gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan enjeksiyon hacmi 20 µL, kolon sıcaklığı ise 80°C olarak belirlenmiştir.

Çalışmada elde edilen marmelatların duyuusal değerlendirilmesi hedonik test ile ortaya konmuştur. Hedonik test 35- 45 yaş aralığında, en az lisans mezunu, 6 erkek 4 kadından oluşan 10 kişilik yarı eğitilmiş panelist grubuyla gerçekleştirilmiş olup, ürünler renk, lezzet, kıvam ve genel kabul edilebilirlik bakımından değerlendirilmiştir. Panelistler örnekleri 9 puanlı hedonik skala üzerinden “9: Çok fazla beğendim, 8: çok beğendim, 7: orta derecede beğendim, 6 az beğendim, 5: ne beğendim ne beğenmedim, 4: biraz beğendim, 3: orta derecede beğenmedim, 2: çok beğenmedim, 1:hiç beğenmedim” şeklinde değerlendirmiştir (Altuğ ve Elmacı 2011).

İstatistiksel Analiz

Marmelat üretimleri 3 tekerrür olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar varyans analizi ile değerlendirilmiş, önemli bulunan sonuçlar, Duncan çoklu karşılaştırma testi ile $P<0.05$ düzeyinde karşılaştırılmıştır. İstatistiksel değerlendirmede SAS Institute, Inc., (1996) tarafından yazılan SAS İstatistik Programı kullanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırmada kullanılan “Yerli Turunç” çeşidine ait kabukların fizikokimyasal özellikleri Çizelge 2’ de verilmiştir. Ersus ve Çam, (2007) turunç kabuklarında pH değerini 5.2, titrasyon asitliği değerini 0.7 g/100 g ve toplam kuru madde değerini 24.9 g/100 g olarak belirlemiştir. Tunus’un farklı bölgelerinde yetiştirilen turunç meyvelerinde kabuk kuru madde değerleri 22.60-26.53 g/100 g olarak belirlenmiştir (Ellouze vd., 2011). Bulgularımız literatür değerlerine yakındır. Farahmandfar vd., (2020) İran’da yetiştirilen turunç kabuğunda L^* , a^* ve b^* değerini sırasıyla 69.53, 32.58 ve 75.14 olarak belirlemiştir. Tunus’un farklı bölgelerinde yetiştirilen turunç meyvelerinde L^* değeri 4.80-7.74, a^* değeri 1.69-5.17, b^* değeri 3.21-5.22, hue açısı değeri 0.55-

1.18, C^* değeri 3.99-6.08 arasında belirlenmiştir (Ellouze vd., 2011). Çeşit, olgunlaşma durumu, yetiştirme bölgesi, meyvenin kısımları, ekstraksiyon ve analiz koşulları gibi faktörler turunçgil meyvelerinin fizikokimyasal özellikleri üzerinde etkilidir (Moufida ve Marzouk, 2003; Ellouze vd., 2011; Moulehi vd., 2012; Papoutsis vd., 2016).

Çizelge 2. Turunç kabuğunun fizikokimyasal özellikleri

Table 2. Physicochemical properties of the bitter orange peel

Özellik	Değer (ort±std sp)
pH	5.45±0.06
Titrasyon asitliği (%)	0.03±0.02
TKM (%)	23.14±0.24
SÇKM (°Bx)	16±0.15
L^*	80.01±0.53
a^*	43.88±1.31
b^*	73.49±0.67
C^*	85.60±0.88
h°	59.16±0.79

Araştırma kapsamında üretilen standart turunç marmelatı ve düşük şekerli marmelat örneklerinin pH, titrasyon asitliği, SÇKM ve TKM sonuçları Çizelge 3’te yer almaktadır. En yüksek pH değeri SÇKM’si % 30 azaltılmış 200 mg Reb A içeren marmelat (6 No.lu formülasyon), en düşük pH değeri ise kontrol örneğinde tespit edilmiştir ($P<0.05$). Tüm marmelat örneklerinde kontrol örneğinin titrasyon asitliği değerinin en yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir. Düşük şekerli marmelat örnekleri arasında ise, SÇKM’si %25 azaltılmış 200 mg Reb A içeren marmelat örneği ile (3 No.lu formülasyon), SÇKM’si %30 azaltılmış 100 mg Reb A içeren marmelat örneğinin (4 No.lu formülasyon) diğer düşük şekerli marmelat örneklerine göre daha yüksek titrasyon asitliği değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. En düşük titrasyon asitliği değeri ise SÇKM’si %45 azaltılmış 200 mg Reb A içeren marmelat örneğinde (14 No.lu formülasyon) tespit edilmiştir. ($P<0.05$).

Çizelge 3. Turunç marmelatlarının bazı fizikokimyasal özellikleri*
 Table 3. Some physicochemical properties of the bitter orange marmelades*

Formülasyon No Formulation No	pH	Titrasyon asitliği Titratable acidity (%)	SÇKM TSS (°Bx)	TKM TDC (%)
Kontrol Control	3.15±0.01 ı	0.28±0.02 a	70.08±0.07 a	78.30±0.08 a
1	3.61±0.02 b	0.12±0.02 de	52.36±0.35 b	59.05±0.64 b
2	3.45±0.05 h	0.15±0.01 bc	52.50±0.10 b	59.50±0.18 b
3	3.48±0.02 gh	0.17±0.01 b	52.70±0.20 b	59.66±0.25 b
4	3.50±0.02 fg	0.16±0.005 b	49.70±0.45 c	54.70±0.47 c
5	3.60±0.01 bc	0.13±0.01 cd	49.60±0.78 c	54.97±0.62 c
6	3.67±0.04 a	0.10±0.005 ef	49.10±0.36 c	55.21±0.43 c
7	3.62±0.01 b	0.12±0.01 de	45.63±0.37 d	50.07±0.09 d
8	3.59±0.01 bc	0.11±0.005 def	46.00±0.75 d	50.38±0.79 d
9	3.49±0.01 fgh	0.15±0.01 bc	45.70±0.95 d	50.65±0.15 d
10	3.50±0.01 efg	0.10±0.005 ef	42.23±0.45 e	45.45±0.12 e
11	3.52±0.02 ef	0.13±0.02 cd	42.26±0.49 e	45.53±0.15 e
12	3.54±0.02 de	0.11±0.005 def	42.26±0.37 e	45.58±0.62 e
13	3.56±0.02 cd	0.11±0.01 def	38.73±0.68 f	44.11±0.17 f
14	3.56±0.01 bcd	0.09±0.01 f	38.63±0.60 f	44.39±0.14 f
15	3.58±0.02 bc	0.10±0.02 ef	38.70±0.45 f	44.25±0.24 f

*Aynı sütunda farklı küçük harfler ortalamalar arasında farklılığın önemli olduğunu ifade eder (P < 0.05).

* Different lowercase letters on the same column indicate significant differences between means (P < 0.05).

Reçel ve marmelat gibi ürünlerde proses sırasında ürünün belli bir kıvam, tat ve aroma kazanması amacıyla sitrik asit gibi organik asitler ilave edilmektedir (Cemeroğlu vd., 2003). TGK Reçel, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği'ne (Anonim, 2006) göre, geleneksel ve ekstra geleneksel reçellerde pH aralığının ise 2.8-3.5 arasında olması gerekirken, marmelatlar için böyle bir sınırlama yoktur. Üretilen düşük şekerli marmelat reçetelerinin pH değerlerinin bazıları bu değerlerden yüksektir. Diğer yandan, reçel ve marmelat gibi ürünlerde pH değerinin 3.5 civarında olması DM pektinlerin jel oluşturması için uygundur, çünkü düşük pH değerlerinde DM pektindeki karboksil grupları protonlanmakta ve kalsiyum tuzlarının varlığından bağımsız olarak hidrojen bağları oluşabilmektedir. Ayrıca reçel ve marmelat gibi ürünlerde pH değerinin 4' ün altında olması durumunda, bu ürünler koruyucu ve pastörizasyon uygulaması yapıldığında bir yıldan daha uzun süre mikrobiyolojik olarak stabil

kabul edilmektedir (Belovic vd., 2017). Bunun yanında, Correa vd. (2011) reçellerde titrasyon asitliği değerinin %1'i geçmesi durumunda sineresis (üründen su salınımı) meydana gelebileceğini ifade etmiştir. Çalışmamızda oluşturulan tüm marmelat formülasyonlarında titrasyon asitliği %1'in altındadır.

Düşük şekerli marmelat örnekleri arasında en yüksek SÇKM ve TKM değerleri, SÇKM miktarı %25 azaltılmış marmelat örneklerinde (1,2 ve 3 No.lu), en düşük değerler ise SÇKM miktarı % 45 azaltılmış marmelat örneklerinde tespit edilmiştir (P<0.05). Standart turunç marmelatının (kontrol) SÇKM miktarı 70.08 °Bx'dir. Çalışmamızda TGK Reçel, Jöle, Marmelat Ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği hükümleri dikkate alınarak SÇKM içeriği %25-45 oranları arasında azaltılacak şekilde marmelat üretimleri gerçekleştirilmiştir. Marmelatlarda suda çözünür kuru maddeyi meyvedeki şekerler, organik asit gibi maddeler ile

marmelata eklenen toz şeker (sakkaroz), pektin ve asit gibi maddelerin suda çözünür bileşenleri oluşturmaktadır. Dolayısıyla marmelat örneklerinde eklenen şeker miktarı azaldıkça SÇKM ve TKM miktarları azalış göstermiştir.

Tunus'un farklı bölgelerinde yetiştirilen turunç meyvelerinden üretilen marmelatlarda SÇKM 44.65-55.83 °Bx olarak belirlenmiştir (Ellouze vd., 2011). Basu vd. (2013) yaptığı çalışmada şeker yerine farklı oranlarda stevioside ve sukraloz eklenen ürünlerde, şeker oranı azaltılıp, stevioside ve sukraloz oranının yüksek kullanıldığı ürünlerde SÇKM düşmüştür. Abolila vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada tatlandırıcı olarak farklı oranlarda fruktoz, stevioside ve sukraloz içeren 12 farklı formülasyonda üretilen portakal bazlı düşük kalorili reçellerde SÇKM değeri 22.63-43.37 °Bx arasında belirlenmiştir. Domates posası kullanılarak 4 farklı formülasyonda üretilen düşük kalorili reçellerde SÇKM 24.26-48.33 olarak tespit edilmiştir (Belovic vd., 2017). Farklı oranlarda sakkaroz, pektin ve stevia ilavesi ile hazırlanan vişne reçellerinde sakkaroz ve pektin oranı arttıkça SÇKM miktarı artış göstermiş ve 46.2-66.10 °Bx olarak belirlenmiştir (Nourmohammadi vd., 2021).

Standart turunç marmelatı ve farklı formülasyonlarda üretilen düşük şekerli turunç marmelatlarının renk ölçümlerine ait sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir. Turunç marmelatları arasında en yüksek L* değeri SÇKM miktarı %35 azaltılmış 200 mg Reb A içeren marmelat örneğinde (9 No.lu formülasyon), en düşük ise SÇKM miktarı %45 azaltılmış 150 ve 200 mg Reb A içeren örneklerde (14 ve 15 No.lu formülasyon) tespit edilmiştir (P<0.05). Genel olarak, SÇKM miktarı %25-40 oranında azaltılan örneklerin L* değerleri kontrol örneğine göre artış gösterirken, SÇKM miktarı %45 azaltılan marmelat örneklerinin L* değerleri azalış göstermiştir. L* değerindeki azalış marmelat üretimi sırasında sıcaklık ve süre gibi etkenlerle Maillard ve karamelizasyon gibi kahverengileşme reaksiyonlarından kaynaklanabilmektedir (Naknaen ve Itthisoponkul 2015; Şirin, 2019).

a* parametresi kırmızımı renkleri için pozitif (+60), yeşilimsi renkleri için negatif değerler (-60) almaktadır (Pathare vd., 2013). Turunç marmelatı örneklerinin a* değerleri 2.03-5.62 arasında belirlenmiştir. En yüksek a* değeri SÇKM miktarı %40 azaltılmış 100 mg Reb A içeren marmelat örneğinde (10 No.lu formülasyon), en düşük a* değeri ise SÇKM miktarı %40 azaltılmış 200 mg Reb A içeren marmelat örneğinde (12 No.lu formülasyon) belirlenmiştir. a* değeri açısından kontrol örneği ile SÇKM'si %30 azaltılmış 4 ve 5 No.lu örnekler arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir (P>0.05). a* değerindeki artışlar genel olarak sıcaklık etkisiyle esmerleşme reaksiyonlarına ve karotenoid gibi pigmentlerin degradasyonuna bağlanmaktadır (Naknaen ve Itthisoponkul 2015; Özcan Sınır vd., 2018).

Marmelat örneklerinde sarılık (+60)-mavilik (-60) renk tonlarını ifade eden b* değerleri ise 6.45-20.51 olarak tespit edilmiş olup, SÇKM miktarı %40 ve 45 oranında azaltılmış 12 ve 13 No.lu marmelat örneklerinin en yüksek b* değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir (P<0.05). En düşük b* değeri ise standart turunç marmelatı örneğinde belirlenmiştir. Düşük şekerli marmelat örneklerinin b* değerleri standart turunç marmelatı örneğine göre artış göstermiştir. Dolayısıyla düşük şekerli marmelat örnekleri kontrol örneğine göre daha sarı renktedirler. Şirin (2019) düşük şekerli elma marmelatı çalışmasında azaltılmış şeker miktarı ve stevioside konsantrasyonunun artışı ile b* değerinde artış gözlemlenmiştir.

Marmelat örnekleri renk doygunluğunu ifade eden C* değerleri açısından incelendiğinde SÇKM miktarı %40 ve 45 oranında azaltılmış 12 ve 13 No.lu marmelat örneklerinin en yüksek C* değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir (P<0.05). Düşük şekerli marmelat örneklerinin C* değerleri kontrol örneğine göre artış göstermiş olup, bu örneklerin renklerinin daha canlı tonlarda olduğu değerlendirilmiştir.

a* ve b* değerlerinden matematiksel olarak hesaplanabilen h° ise renk tonu açısını ifade etmektedir. h°, 0° ile 360° arasında değişmekte olup, 0° kırmızı, 90° sarı, 180° mavimsi yeşil ve

270° ise mavi rengi temsil etmektedir (Pathare vd., 2013). En düşük h° değeri 69.27 ile kontrol örneğinde, en yüksek h° ise 84.36 ile SÇKM miktarı %40 azaltılmış 200 mg Reb A içeren düşük şekerli marmelat örneğinde (12 No.lu formülasyon) tespit edilmiştir. Genel olarak tüm düşük şekerli marmelat formülasyonlarında h° değerleri, standart turuncu kabuğu marmelatına göre artış göstermiş olup, düşük şekerli marmelatların daha sarı renklerde olduğu değerlendirilebilir.

Reçel ve marmelat gibi ürünlerde renk özellikleri, pişirme sırasında uygulanan ısı işlemin süresi ve derecesi, depolama koşulları, meyvenin çeşidi ve olgunluk derecesi, toplam asitlik, şeker ve su içeriği ile yakından ilişkilidir (Artık, 1988). Ayrıca kesme, açık kazanda pişirme, asit ilavesi gibi işlemlerin renk pigmentlerinin oksidasyonuna ve degradasyonuna sebep olması, reçel üretimi sırasında renk değerlerinin değişiminden sorumludur (Durmuş, 2019).

Çizelge 4. Turuncu marmelatlarının renk değerleri*
Table 4. Colour values of the bitter orange marmalades*

Formülasyon No. <i>Formulation No.</i>	L*	a*	b*	C*	h°
Kontrol <i>Control</i>	30.39±0.08 e	2.44±0.20 ef	6.45±0.44 g	6.90±0.48 h	69.27±0.42 e
1	35.34±0.32 c	3.88±0.67 bcd	15.61±0.89 cde	16.09±0.98 cde	76.0±81.89 cd
2	32.99±0.20 d	2.12±0.36 f	10.33±0.64 f	10.56±0.69 g	78.41±1.27 bc
3	35.24±0.46 c	3.29±0.68 bcdef	14.51±1.12 de	14.89±1.19 de	77.26±2.04 bc
4	34.87±0.18 c	2.26±0.53 ef	11.09±0.62 f	11.32±0.67 fg	78.48±2.36 bc
5	33.92±1 cd	2.44±0.36 ef	11.17±1.43 f	11.45±1.39 fg	77.52±2.47 bc
6	35.14±0.6 c	3.09±0.51 cdef	12.95±1.23 ef	13.31±1.32 efg	76.63±0.95 bcd
7	35.52±2.30 c	2.94±1.34 def	13.99±4.01 e	14.31±4.18 ef	78.49±2.77 bc
8	37.82±0.41b	4.09±0.84 bcd	16.98±0.30 bcd	17.48±0.48 bcd	76.48±2.42 cd
9	41.22±1.12 a	4.15±0.09 bcd	19.82±1.49 ab	20.25±1.47 ab	78.12±0.70 bc
10	38.35±0.92 b	5.62±0.95 a	19.18±1.85 ab	19.98±2.03 ab	73.72±1.24 d
11	38.05±1.57 b	4.41±0.67 b	19.37±2.76 ab	19.87±2.80 ab	77.14±1.33 bc
12	39.92±0.14 a	2.03±0.87 f	20.51±0.29 a	20.62±0.38 a	84.36±2.32 a
13	29.05±0.45 e	4.35±0.39 bc	20.32±1.55 a	20.78±1.60 a	77.98±0.46 bc
14	27.34±0.66 f	3.23±0.55 bcdef	18.36±0.99 abc	18.64±1.07 abc	79.97±1.22 b
15	26.47±0.45 f	3.41±0.64 bcde	17.06±0.93 bcd	17.40±1.00 bcd	78.74±1.71 bc

*Aynı sütunda farklı küçük harfler ortalamalar arasında farklılığın önemli olduğunu ifade eder ($P < 0.05$).

* *Different lowercase letters on the same column indicate significant differences between means ($P < 0.05$).*

Standart turunc marmelatı ve düşük şekerli marmelat formülasyonlarında tespit edilen sakkaroz, glikoz, fruktoz ve toplam şeker içerikleri Çizelge 5'te yer almaktadır. Standart turunc marmelatı örneğinin şeker bileşenleri ve toplam şeker içeriği açısından diğer marmelat formülasyonlarından daha yüksek değerlerde

olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$). Düşük şekerli marmelat örneklerinde ilave edilen şeker oranlarına bağlı olarak standart turunc marmelatına göre şeker bileşenleri ve toplam şeker miktarları daha düşük miktarlarda tespit edilmiştir.

Çizelge 5. Turunc marmelatlarının şeker bileşenleri ve HMF miktarları *
Table 5. Sugar components and HMF contents of the bitter orange marmelades*

Formülasyon No. <i>Formulation No.</i>	Sakkaroz (%)	Glikoz (%)	Fruktoz (%)	Toplam şeker (%)	HMF (mg/kg)
Kontrol <i>Control</i>	48.16±0.16 a	7.43±0.15 a	10.99±0.17 a	66.59±0.16 a	11.80±0.21 a
1	46.91±0.13 a	2.37±0.11 b	2.41±0.08 bc	51.69±0.33 b	0.47±0.14 h
2	46.88±0.07 a	2.34±0.05 b	2.49±0.001 b	51.70±0.13 b	0.48±0.27 h
3	46.98±0.04 a	2.24±0.01 b	2.31±0.05 cd	51.54±0.11 b	0.48±0.52 h
4	43.81±0.83 b	2.25±0.04 b	2.22±0.05 d	48.27±0.93 c	0.44±0.22 h
5	43.74±0.70 b	2.31±0.11 b	2.35±0.03 cd	48.40±0.78 c	0.44±0.36 h
6	44.08±0.21 b	2.27±0.11 b	2.41±0.08 bc	48.75±0.01 c	0.22±0.17 i
7	41.05±0.96 c	1.25±0.02 c	1.36±0.04 e	43.66±0.94 d	0.40±0.23 h
8	41.82±0.13 c	1.35±0.04 c	1.35±0.04 e	44.52±0.04 d	2.22±0.19 b
9	41.66±0.78 c	1.20±0.05 c	1.26±0.01 e	44.12±0.82 d	0.81±0.13 e
10	38.56±0.49 d	1.22±0.004 c	1.26±0.02 e	41.04±0.52 e	1.18±0.53 d
11	38.12±0.91 d	1.21±0.09 c	1.28±0.03 e	40.61±1.04 e	1.18±0.67 d
12	38.14±0.98 d	1.28±0.06 c	1.36±0.03 e	40.78±0.88 e	0.73±0.71 ef
13	35.49±0.22 e	0.56±0.003 d	0.78±0.002 f	36.83±0.22 f	0.62±0.34 fg
14	35.72±0.35 e	0.57±0.004 d	0.78±0.005 f	37.06±0.35 f	1.60±0.21 c
15	35.49±0.25 e	0.56±0.007 d	0.78±0.007 f	36.82±0.27 f	0.53±0.47 gh

*Aynı sütunda farklı küçük harfler ortalamalar arasında farklılığın önemli olduğunu ifade eder ($P < 0.05$).

* *Different lowercase letters on the same column indicate significant differences between means ($P < 0.05$).*

Reçellerde tat oluşumunda en önemli etkenlerden biri de içerdiği şekerdir. Meyvelerin doğal olarak içerdikleri şeker miktarı reçel üretimi için yeterli değildir. Dolayısıyla istenilen kıvam ve tat için dışarıdan şeker ilavesi gereklidir. Reçeldeki şeker aynı zamanda ortamdaki serbest su moleküllerini bağlayarak su aktivitesinin düşmesinde önemli bir rol oynar ve ürünün mikrobiyolojik stabilitesini geliştirir (Cemeroğlu vd., 2003; Özdoğan, 2006; Koç ve Ömeroğlu, 2009). İndirgen şekerlerin standart marmelat örneğinde daha yüksek çıkması, kullanılan daha yüksek miktardaki şekerin asidik şartlarda inversiyona uğraması ile açıklanabilir (Sutwal vd., 2019). Jribi vd. (2020)

tarafından yapılan bir çalışmada şeker oranı azaltılarak farklı oranlarda stevia, sukraloz ve fruktozun kullanıldığı düşük şekerli çilek reçellerinde indirgen şeker miktarı kontrol grubuna (şeker) göre azalmıştır.

Marmelat formülasyonlarında tespit edilen HMF miktarları Çizelge 5'te yer almaktadır. En yüksek HMF içeriği (11.8 mg/kg) standart turunc marmelatı örneğinde tespit edilmiştir. Diğer düşük şekerli marmelat örneklerinde kontrol örneğine göre HMF içerikleri daha düşük değerlerde tespit edilmiştir. Bunun en önemli sebebi marmelat örneklerine ilave edilen sakkaroz

miktarı ile ilgilidir. HMF, amino asitler ile indirgen şekerler açısından zengin gıdaların yüksek sıcaklıklara maruz kalması sonucu meydana gelen Maillard reaksiyonu ürünlerinden biridir. HMF, reçel ve marmelat gibi ısıl işlem proseslerinde önemli bir kalite göstergesidir. Bu tip ürünlerin üretiminde HMF oluşumu ve miktarı yüksek pişirme sıcaklıkları, pişirme süresi, pH, su aktivitesi, şeker konsantrasyonu ve depolama koşulları gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir (Nowak vd., 2021). Sakkaroz asitli ortamda sıcaklık etkisiyle glikozve fruktoz gibi indirgen şekerlere parçalanmaktadır. HMF oluşumunda indirgen şekerler önemli bir rol oynamaktadır (Naknaen ve Itthisoponkul, 2015). Nitekim, kontrol örneğinde indirgen şeker miktarlarının daha yüksek olduğu çizelgeden görülmektedir.

Yüksek miktarda HMF oluşumu üründe renk, tat ve aroma değişikliklerine neden olabilmektedir. Bunun yanında yüksek miktarda HMF oluşumunun kanserojen etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Baltacı ve Akşit, 2016). TSE (Türk Standartları Enstitüsü)'ye göre HMF miktarı 1. Sınıf reçellerde maksimum 50 mg/kg olmalıdır. Farklı oranlarda sakkaroz ve Reb A ve farklı tatlandırıcılar kullanılarak enerjisi azaltılmış çilek reçeli örneklerinde HMF miktarları 4.31-18.24 mg/kg arasında tespit edilmiştir (Yılmaz, 2016). Bir başka çalışmada, stevia özü içeren düşük kalorili böğürtlen reçellerinde HMF miktarı 0.79-37.24 mg/kg arasında belirlenmiştir (Benzer Gürel 2016). Bulgularımız bu değerlerin altındadır.

Çizelge 6. Düşük şekerli turunc marmelatlarının duyu analizi sonuçları *

Table 6. Sensory analysis results of the Low sugar bitter orange marmalades *

Formülasyon No. <i>Formulation No.</i>	Renk	Lezzet	Kıvam	Genel kabul edilebilirlik
1	8.3±1.05 a	6.6 ±1.34 ab	7.8±1.13 a	7.4 ±1.57 a
2	8.2±1.03 a	6.9 ±1.79 a	7.7± 1.05 ab	7.7± 1.42 a
3	7.5 ±1.34 abc	6.4 ±1.71 ab	7.2± 1.03 abc	6.8± 1.66 ba
4	7.8 ±0.78 ab	7.1 ±1.39 a	7.2± 1.03 abc	7.4±1.26 a
5	7 ±1.82 abcd	7.2± 1.52 a	6.9± 1.28 abcd	7 ±1.19 ab
6	7.4 ±2.00 abc	6.4 ±1.34 ab	7.5±1.50 abc	6.5 ±1.50 abc
7	6.7 ±2.26 abcd	5.3 ±2.34 bcd	6.6± 1.95 abcd	5.9±1.47 bcd
8	6 ±1.91 cd	6± 1.76 abc	6.6 ±1.50 abcd	6± 1.05 bcd
9	6.4± 1.71 bcd	5.2±1.61 bcd	6.3±1.13 bcd	5.6 ±1.26 cd
10	6.5± 1.05 abcd	5± 1.34 bcd	6.1± 1.13 cd	5.4± 1.57 cd
11	6.4±2.00 bcd	4.8 ±0.94 cd	6.4± 1.17 abcd	5.3 ±1.22 cd
12	5.3±1.47 d	3.9±1.79 d	6.4 ±1.63 abcd	4.8± 0.91 d
13	5.8 ±2.25 cd	4.4± 1.17 cd	6.2±1.59 cd	5.4 ±0.96 cd
14	7.5 ±1.05 cd	6.4 ±1.34 cd	7.2 ±1.13 cd	6.8 ±1.57 cd
15	5.3±1.82 d	4.5± 1.84 cd	5.5 ±1.95 d	5.3 ±1.13 cd

*Aynı sütunda farklı küçük harfler ortalamalar arasında farklılığın önemli olduğunu ifade eder (P < 0.05).

* *Different lowercase letters on the same column indicate significant differences between means (P < 0.05).*

Düşük şekerli turunc marmelatı örneklerinin renk, lezzet, kıvam ve genel kabul edilebilirlik özelliklerini belirlemek amacıyla uygulanan duyu analizi sonuçları Çizelge 6' te verilmiştir. 10 kişilik yarı eğitilmiş panelistler tarafından 1-9 puan

üzerinden değerlendirilen düşük şekerli marmelat örneklerinin renk puanları 5.3-8.3, lezzet puanları 3.9-7.9, kıvam puanları 5.5-7.8, ve genel kabul edilebilirlik puanları 4.8-7.7 arasında değişmiştir. Renk puanlarına göre en yüksek puanı alan

marmelat örnekleri SÇKM'si %25 azaltılmış 100 ve 150 mg Reb A içeren marmelat örneklerinde (1 ve 2 No.lu formülasyon), en düşük puanı alan örnekler ise SÇKM'si %40 azaltılmış 200 mg Reb A içeren (12 No.lu formülasyon) ve SÇKM'si %45 azaltılmış 200 mg Reb A içeren marmelat örneğinde (15 No.lu formülasyon) belirlenmiştir. Lezzet puanları değerlendirildiğinde en yüksek puanı SÇKM'si % 25 azaltılmış 150 mg Reb A içeren (2 No.lu formülasyon) , SÇKM'si %30 azaltılmış 100 ve 150 mg Reb A içeren marmelat örneklerinde (4 ve 5 No.lu formülasyon) tespit edilmiştir. En düşük puanı alan örnek ise SÇKM'si %40 azaltılmış 200 mg Reb A içeren (12 No.lu formülasyon) marmelat örneği olmuştur. Kıvam özelliği açısından panelistler tarafından en yüksek puanı alan marmelat örneği SÇKM'si % 25 azaltılmış 100 mg Reb A içeren marmelat (1 No.lu formülasyon) , en düşük puanı alan örnek ise SÇKM'si %45 azaltılmış 200 mg Reb A içeren marmelat örneği (15 No.lu formülasyon) olmuştur. Genel kabul edilebilirlik açısından en yüksek puanı 3 adet düşük şekerli marmelat örneği almıştır. Bunlar SÇKM'si %% 25 azaltılmış 100 mg Reb A içeren marmelat (1 No.lu formülasyon), SÇKM'si %25 azaltılmış 150 mg Reb A içeren marmelat (2 No.lu formülasyon) ve SÇKM'si %30 azaltılmış 100 mg Reb A içeren marmelat (4 No.lu formülasyon) örnekleridir. Genel olarak bu örneklerin renk, lezzet ve kıvam özellikleri bakımından da yüksek puanlar aldıkları görülmektedir. Genel bir değerlendirme yapıldığında şeker içeriği daha yüksek marmelat örneklerinin panelistler tarafından daha fazla tercih edildiği söylenebilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada standart turunç marmelatı (kontrol) ve standart marmelat formülasyonundaki şeker miktarı düşürülerek ve ürünlere farklı oranlarda (100, 150 ve 200 mg) Reb A eklemek suretiyle farklı formülasyonlarda 15 adet düşük şekerli turunç marmelatı üretilmiş ve bu ürünlerde fizikokimyasal ve duyusal analizler gerçekleştirilmiştir.

Düşük şekerli turunç marmelatı örneklerinde kontrol örneğine göre pH değerlerinin daha yüksek, titrasyon asitliği değerlerinin ise daha

düşük olduğu belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre düşük şekerli marmelat örneklerinin eklenen şeker miktarına bağlı olarak SÇKM miktarları 38.63-52.70 °Bx, TKM miktarları ise %44.11-59.66 arasında değişmiştir.

İşlenmiş gıda ürünlerinde tüketici kabul edilebilirliğini etkileyen önemli parametrelerden biri olan renk değerleri incelendiğinde düşük şekerli turunç marmelatı örneklerinin kontrol örneğine göre daha parlak ve sarı renkte olduğu tespit edilmiştir. Şeker kompozisyonu analiz sonuçlarına göre marmelat örneklerinin glikoz, fruktoz, sakkaroz ve toplam şeker içerikleri sırasıyla 0.56-7.43, 0.78-10.99, 35.49-48.16 ve 36.82-66.59 arasında belirlenmiştir. Marmelat örneklerinin tespit edilen HMF içerikleri ise mevzuat sınırlarının altında değerlendirilmiştir.

Duyusal analizde düşük şekerli turunç marmelatı örnekleri renk, lezzet, kıvam ve genel kabul edilebilirlik kriterleri açısından 9 puanlı hedonik test ile değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Yapılan değerlendirmede SÇKM'si %25 azaltılmış 100 ve 150 mg Reb A içeren marmelat örnekleri (1 ve 2 No.lu reçete) renk açısından; SÇKM'si % 25 azaltılmış 150 mg Reb A içeren (2 No.lu reçete), SÇKM'si %30 azaltılmış 100 ve 150 mg Reb A içeren marmelat örnekleri (4 ve 5 No.lu reçete) lezzet açısından; SÇKM'si %25 azaltılmış 100 mg Reb A içeren marmelat (1 No.lu reçete) kıvam açısından öne çıkan örnekler olmuştur. Genel kabul edilebilirlik açısından en yüksek puanı ise SÇKM'si %% 25 azaltılmış 100 mg Reb A içeren marmelat (1 No.lu reçete), SÇKM'si %25 azaltılmış 150 mg Reb A içeren marmelat (2 No.lu reçete) ve SÇKM'si %30 azaltılmış 100 mg Reb A içeren marmelat (4 No.lu reçete) örnekleri almıştır.

Sonuç olarak Reb A kullanılarak üretilen düşük şekerli turunç marmelatı formülasyonları arasında, SÇKM içeriği %25 ve 30 oranında azaltılarak 100 ve 150 mg Reb A içeren marmelat örneklerinin gerek fizikokimyasal gerekse duyusal özellikler bakımından üstün özellikler gösterdiği belirlenmiştir. Düşük kalorili ürünlerin geliştirilmesinde Stevia bitkisinden elde edilen Reb A gibi doğal tatlandırıcıların şekere alternatif

olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Bu tip ürünlerin fonksiyonel ve besinsel özelliklerinin incelendiği daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

TEŐEKKÜR

Bu çalışmada T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen TAGEM/HSGYAD/B/19/A3/P2/1212 No.lu proje verilerinden yararlanılmıştır. Katkılarından dolayı teőekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŐMASI BEYANI

Yazarlar, bu makale ile ilgili başka kişi veya kurumlar ile çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

YAZAR KATKILARI

DYT çalışmayı planlamış ve marmelat üretim metodlarını uygulamış ve makale metnini hazırlamıştır. MT, HT, MG ve ABY laboratuvar analizlerini gerçekteştirmış, OK Reb A teminine ve çalışmanın planlanmasına katkıda bulunmuştur.

KAYNAKLAR

Abolila, R. M., Barakat, H., El-Tanahy, H. A., El-Mansy, H. A. (2015). Chemical, nutritional and organoleptical characteristics of orange-based formulated low-calorie jams. *Food and Nutrition Sciences*, 6(13): 1229. doi: 10.4236/fns.2015.613129.

Alizadeh, M., Azizi-Lalabadi, M., Kheirouri, S. (2014). Impact of Using Stevia on Physicochemical, Sensory, Rheology and Glycemic Index of Soft Ice Cream. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 390-396. doi:4236/fns.2014.54047.

Altuğ, T., Elmacı, Y. (2011). Gıdalarda Duyusal Değerlendirme. Sidas Medya Ltd. şti. İzmir.

Anonim (2006). Türk Gıda Kodeksi (TGK) Reçel, jöle, marmelat ve tatlandırılmış kestane püresi tebliği (2006/55). Tarım ve Orman Bakanlığı. 30 Aralık 2006 tarih ve 26392 sayılı Resmı Gazete, Ankara.

Artık, N. (1988). Isıl İşlemin Meyvelerde Neden Olduğu Değerşiklikler. *Gıda*, 13(4): 245-252.

Balaswamy, K., Rao, P. P., Rao, G. N., Nagender, A., Satyanarayana, A. (2014). Production of low calorie ready-to-serve fruit beverages using a natural sweetener, stevia (*Stevia rebaudiana* L.). *Focusing on Modern Food Industry*, 3, 59-65. doi: 10.14355/fmfi.2014.03.008.

Baltacı, C., Akşit, Z. (2016). Validation of HPLC Method for the Determination of 5-hydroxymethylfurfural in Pestil, Köme, Jam, Marmalade and Pekmez. *Hittite Journal of Science and Engineering*, 3(2): 91-97. doi:10.17350/HJSE19030000037.

Barrett, D.M., Lloyd, B. (2012). Advanced preservation methods and nutrient retention in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(1): 7-22. doi: 10.1002/jsfa.4718.

Basu, S., Shivhare, U. S., Singh, T. V. (2013). Effect of substitution of stevioside and sucralose on rheological, spectral, color and microstructural characteristics of mango jam. *Journal of Food Engineering*, 114(4): 465-476. doi:10.1016/j.jfoodeng.2012.08.035.

Belović, M., Torbica, A., Pajić-Lijaković, I., Mastilović, J. (2017). Development of low calorie jams with increased content of natural dietary fibre made from tomato pomace. *Food Chemistry*, 237, 1226-1233. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.06.045.

Benzer Gürel, D. (2016). Cevap Yüzeyi Yöntemi Kullanılarak Stevia Özü İçeren Düşük Kalorili Böğerütle Reçeli Formülasyonunun Belirlenmesi, Namık Kemal Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, 72 s.

Carvalho, A. C. G. D., Oliveira, R. C. G. D., Navacchi, M. F. P., Costa, C. E. M. D., Mantovani, D., Dacôme, A. S., Costa, S. C. D., (2013). Evaluation of the potential use of rebaudioside-A as sweetener for diet jam. *Food Science and Technology*, 33, 555-560. doi: 10.1590/S0101-20612013005000080.

Castro-Muñoz, R., Correa-Delgado, M., Córdova-Almeida, R., Lara-Nava, D., Chávez-Muñoz, M., Velásquez-Chávez, V. F., Hernández-Torres C. E., Gontarek-Castro E., Ahmad, M. Z. (2022). Natural sweeteners: Sources, extraction and

- current uses in foods and food industries. *Food Chemistry*, 370, 130991. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.130991.
- Cemeroğlu, B. (2007). *Gıda analizleri*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, Türkiye, 535 s.
- Cemeroğlu, B., Karadeniz, F., Özkan M. (2003). *Meyve ve sebze işleme teknolojisi (3)*. Gıda teknolojisi derneği yayınları No:28, Ankara, Türkiye, 690 s. ISBN 975-93575-3-4.
- Correa, R. C. G., Sora, G. T. S., Haminiuk, C. I. W., Ambrosio-Ugri, M. C. B., Bergamasco, R., Vieira, A. M. S. (2011). Physico-chemical and sensorial evaluation of guava jam made without added sugar. *Chemical Engineering Transactions*, 24, 505-510.
- Dubey, A., Kumar, A., Rao, P. S. (2021). Development and storage study of reduced calorie aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) based pineapple fruit jam. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(1): 961-975. doi:10.1007/s11694-020-00689-6.
- Durmuş, F. (2019). Bazı enginar (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.) çeşitlerinden üretilen enginar reçellerinin fizikokimyasal ve kalite özelliklerinin araştırılması. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Bursa, Türkiye.
- Ellouze, I., Debbabi, H., Belkacem, A., Rekik, B. (2011). Variation in physicochemical and sensory quality of sour orange (*Citrus aurantium* L.) marmalade from the Cap Bon region in North-East Tunisia. *Fruits*, 66(5): 315-325. doi:10.1051/fruits/2011045.
- Ersus, S., Cam, M. (2007). Determination of organic acids, total phenolic content, and antioxidant capacity of sour *Citrus aurantium* fruits. *Chemistry of Natural Compounds*, 43, 607-609. doi:10.1007/s10600-007-0203-1.
- Farahmandfar, R., Tirgarian, B., Dehghan, B., Nemati, A. (2020). Comparison of different drying methods on bitter orange (*Citrus aurantium* L.) peel waste: changes in physical (density and color) and essential oil (yield, composition, antioxidant and antibacterial) properties of powders. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(2): 862-875. doi:10.1007/s11694-019-00334-x.
- Gasmalla, M. A. A., Yang, R., Hua, X. (2014). *Stevia rebaudiana* Bertoni: an alternative sugar replacer and its application in food industry. *Food Engineering Reviews*, 6(4): 150-162. doi:10.1007/s12393-014-9080-0.
- Gürsoy, G. (1977). *Turuncgil Reçel Jele ve Marmelatları Yapım Tekniği*. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Turuncgiller Araştırma İstasyonu Müdürlüğü Yayınları No:1, Antalya, Türkiye, 22 s.
- Jribi, S., Ouhabı, M., Boukhris, H., Damergi, C., Debbabi, H. (2021). Formulations of low-sugar strawberry jams: quality characterization and acute post-prandial glycaemic response. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(2): 1578-1587. doi:10.1007/s11694-020-00747-z.
- Koç, E., Ömeroğlu, P. Y. (2020). Geleneksel Anjelika Reçelinin Toplam Antioksidan Kapasite, Toplam Fenolik Madde Ve In Vitro Sindirim Modeli İle Biyoerişilebilirliğinin Belirlenmesi, *Gıda*, 45(1), 171-181.
- Majzoobi, M., Mohammadi, M., Mesbahi, G., Farahnaky, A. (2018). Feasibility study of sucrose and fat replacement using inulin and rebaudioside A in cake formulations. *Journal of Texture Studies*, 49(5): 468-475. doi:10.1111/jtxs.12330.
- Morais Ferreira, J. M., Azevedo, B. M., Silva, F. G. D. E., Luccas, V., Bolini, H. M. A. (2016). Isosweetness concentrations of sucrose and high-intensity sweeteners and antioxidant activity in white chocolate with functional properties. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(9): 2114-2122. doi: 10.1111/ijfs.13190.
- Moufida, S., Marzouk, B. (2003). Biochemical characterization of blood orange, sweet orange, lemon, bergamot and bitter orange. *Phytochemistry*, 62(8): 1283-1289. doi:10.1016/S0031-9422(02)00631-3.
- Moulehi, I., Bourgo, S., Ourghemmi, I., Tounsi, M. S. (2012). Variety and ripening impact on phenolic composition and antioxidant activity of

- mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) and bitter orange (*Citrus aurantium* L.) seeds extracts. *Industrial Crops and Products*, 39, 74-80. doi:10.1016/j.indcrop.2012.02.013.
- Naknaen, P., Itthisoponkul, T. (2015). Characteristics of cantaloupe jams as affected by substitution of sucrose with xylitol. *International Journal of Fruit Science*, 15(4): 442-455. doi:10.1080/15538362.2015.1031433.
- Nalesso-Leao, C. C. F., Milani, P. G., Formigoni, M., Zorzenon, M. R. T., Dacome, A. S., Monteiro, A. R. G., Costa, S. C. D. (2020). Substituting sucralose with rebaudioside A in soy foods: equivalent sweetness, physicochemical analysis, microbiological assessment and acceptance test. *Food Science and Technology*, 40, 410-414. doi: 10.1590/fst.30119.
- Nourmohammadi, A., Ahmadi, E., Heshmati, A. (2021). Optimization of physicochemical, textural, and rheological properties of sour cherry jam containing stevioside by using response surface methodology. *Food Science and Nutrition*, 9(5): 2483-2496. doi: 10.1002/fsn3.2192.
- Nowak, A., Janoszka, B., Szumska, M., TyrpieÅ, K. (2021). Furfural, Hydroxymethylfurfural and Furosine as Maillard Reaction Markers in Fruit Based Foods Including Jams and Baby Food. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 11(3): e1384-e1384. doi:10.15414/jmbfs.1384.
- Özcan-Sinir, G., Özkan-Karabacak, A., Tamer, C. E., Çopur, O. U. (2018). The effect of hot air, vacuum and microwave drying on drying characteristics, rehydration capacity, color, total phenolic content and antioxidant capacity of Kumquat (*Citrus japonica*), *Food Science and Technology*, 39, 475-484. doi:10.1590/fst.34417.
- Özdoğan, F. (2006). Domates Reçel Ürünlerinin Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesi Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, Türkiye, 87 s.
- Öztürk, Ş. (2023). Rebaudiosit A Kullanılarak Düşük Şekerli Portakal Marmelatı Üretimi ve Duyusal Özellikleri. *Akademik Gıda*, 21(1): 57-69. doi:10.24323/akademik-gida.1274035.
- Pathare, P. B., Opara, U. L., Al-Said, F. A. J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1): 36-60, doi:10.1007/s11947-012-0867-9.
- Rababah, T.M., Al-Mahasneh, M.A., Kilani, I., Yang, W., Alhamad, M.N., Ereifej, K., Al-u'datt, M. (2011). Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity, and anthocyanins of different fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(6): 1096-1102, doi:10.1002/jsfa.4289.
- Saveski, A., Stamatovska, V., Pavlova, V., Kalevska, T., Spirovska Vaskoska, R. (2015). Sensory analysis of raspberry jam with different sweeteners. *Food Science, Engineering And Technologies, Scientific Works*, 294-297.
- Sutwal, R., Dhankhar, J., Kindu, P., Mehla, R. (2019). Development of low calorie jam by replacement of sugar with natural sweetener stevia. *International Journal of Current Research and Review*, 11, 9-16. doi:10.31782/IJCRR.2019.11402.
- Şahin, R. (2006). Düşük Kalorili Greyfurt Kabuğu Reçeli Eldesinde Bazı Katkı Maddelerinin Kaliteye Etkisinin İncelenmesi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir, Türkiye, 83 s.
- Şirin, P. (2019). Rheological, textural, physicochemical and sensory properties of low sugar apple marmalade, İzmir Institute of Technology Master's thesis, İzmir, Türkiye, 140 p.
- Tontul, I., Topuz, A. (2017). Effects of different drying methods on the physicochemical properties of pomegranate leather (pestil), *LWT*, 80, 294-303. doi:10.1016/j.lwt.2017.02.035.
- Turhan, I. (2014). Relationship between sugar profile and D-pinitol content of pods of wild and cultivated types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.). *International Journal of Food Properties*, 17(2): 363-370. doi:10.1080/10942912.2011.631255.
- Vatansever, H. (2016). Ahç (*Crataegus tanacetifolia*, *Crataegus monogyna*) Meyvesi Çeşitlerinden Üretilen Marmelat ve Reçellerin Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen

Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Afyon, Türkiye, 90 s.

Wölwer-Rieck, U., Tomberg, W., Wawrzun, A. (2010). Investigations on the stability of stevioside and rebaudioside A in soft drinks. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(23): 12216-12220. doi:10.1021/jf102894v.

Yılmaz, F. (2016). Enerjisi azaltılmış reçel üretiminde stevia ekstraktının kullanılabilirliğinin belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Konya, Türkiye, 67 s.