

Depolama Süresi ve Sıcaklığının Düşük Şekerli Turunç Kabuğu Marmelatının Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkisi

Demet YILDIZ TURGUT^{1*}, Müslime TANRISEVEN², Arzu BAYIR YEĞİN³, Muharrem GÖLÜKCÜ⁴, Haluk TOKGÖZ⁵, Osman KOLA⁶

¹Dr., Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya; ORCID: 0000-0002-7486-3701

²Uzman Biyolog, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya; ORCID: 0000-0001-5805-1554

³Dr., Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya; ORCID: 0000-0002-2194-6730

⁴Doç. Dr., Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya; ORCID: 0000-0003-1646-5876

⁵Ziraat Mühendisi, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya; ORCID: 0000-0002-9956-0045

⁶Prof. Dr., Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Adana; ORCID: 0000-0003-0000-248X

Gönderilme Tarihi: 7 Ağustos 2024

Kabul Tarihi: 17 Eylül 2024

ÖZ

Bu çalışmada düşük şekerli turunç kabuğu marmelatının bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine depolama sıcaklığı ve süresinin etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda şeker içeriği %30 azaltılmış ve yerine Steviol glikozit rebaudioside A (Reb A) ikame edilerek üretilmiş turunç kabuğu marmelatı iki farklı depolama sıcaklığında (5-6°C/22-24°C) 12 ay süre ile depolanmıştır. Depolama süresi boyunca suda çözünür kuru madde (SÇKM), pH, titrasyon asitliği (TA), su aktivitesi (aw) renk değerleri (L*, a*, b*, C* ve h°), 5-Hidroksimetilfurfural (HMF) ve toplam küf-maya analizleri gerçekleştirilmiştir. SÇKM değerleri 5-6°C sıcaklıkta depolanan örneklerde artmış, 22-24°C'de depolanan örneklerde ise depolama sonunda başlangıca göre %1,20 azalmıştır. Depolama başlangıcında 3,86 olan pH değeri 5-6°C'de depolama koşulunda 3,82'ye, 22-24°C depolama koşulunda 3,83'e düşmüştür. Depolama sonunda su aktivitesi değerleri azalış gösterirken, titrasyon asitliği artış göstermiştir. Renk değerleri açısından incelendiğinde genel olarak depolama süresi boyunca marmelat örneklerinin L* ve hue açısı değerleri azalmış, a*, b* ve kroma değerleri artmıştır. HMF miktarı başlangıca göre depolama süresi boyunca artmış, bu artış 22-24°C'de depolama sıcaklığında 57,53 kat, 5-6°C sıcaklıkta 11,97 kat olarak gerçekleşmiştir. Depolama süresi içerisinde düşük şekerli turunç kabuğu marmelatında küf ve maya gelişimi gözlenmemiştir. Sonuç olarak, şeker içeriği %30 düşürülmüş turunç kabuğu marmelatının incelenen kalite parametreleri açısından 12 ay süre ile 5-6°C'de muhafaza edilmesi tavsiye edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Marmelat, turunç kabuğu, depolama, steviol glikozit, rebaudioside A

Effect of Storage Time and Temperature on Physicochemical and Microbiological Properties of Low Sugar Bitter Orange Peel Marmalade

ABSTRACT

This study aimed to examine the effects of storage temperature and time on some physicochemical and microbiological properties of low-sugar orange peel marmalade. In this context, bitter orange peel marmalade produced by reducing sugar content by 30% and replacing it with steviol glycoside rebaudioside A (Reb A) was stored at two different storage temperatures (5-6°C/22-24°C) for 12 months. During the storage period, water-soluble solids (TSS), pH, titratable acidity (TA), water activity (aw) color values (L*, a*, b*, C* and h°), 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) and total mold-yeast analyses were carried out. At the end of the storage, TSS values increased in samples stored at 5-6°C, decreasing by 1.20% in samples stored at 22-24°C compared to the beginning. The pH value, which was 3.86 at the beginning of storage, decreased to 3.82 at 5-6°C storage conditions, and to 3.83 at 22-24°C storage conditions. Water activity values decreased at the end of storage, while titratable acidity increased. When examined in terms of color values, L* and hue values of marmalade samples generally decreased during the storage period, while a*, b* and C* values increased. The amount of HMF increased during the storage period compared to the beginning, and this increase was 57.53 times at 22-24°C storage temperature and 11.97 times at 5-6°C temperature. During the storage period, no mold and yeast development was observed in the low-sugar orange peel marmalade. In conclusion, it is recommended that bitter orange peel marmalade, with a 30% reduced sugar content, be stored at 5-6°C for 12 months for the quality parameters examined.

Keywords: Marmalade, bitter orange peel, storage, steviol glycoside, rebaudioside A

*Sorumlu yazar / Corresponding author: demet.yildizturgut@tarimorman.gov.tr

GİRİŞ

Güneydoğu Asya kökenli turunç (*Citrus aurantium* L.), Rutaceae familyasına ait olup, dünyada acı portakal, ekşi portakal ve Sevilla portakalı gibi isimlerle bilinmektedir [1]. Türkiye'nin turunç üretimi son 10 yılda %65 artarak 2023 yılında 3581 ton olarak gerçekleşmiştir. Akdeniz Bölgesi bu üretimin yaklaşık %77'sini karşılamaktadır [2].

Turunç genellikle portakal, limon ve greyfurt gibi diğer turunçgil türlerinin yetiştirilmesinde anaç olarak değerlendirilmektedir. Morfolojik olarak portakala benzemesine rağmen ekşi ve acı bir tada sahiptir. Bu nedenle taze olarak tüketilememektedir. Bazı bölgelerde turunç suyu ekşi tat vermek amacıyla limon suyu yerine salatalara eklenmektedir [3, 4]. Turunç meyvesinin çiçekleri yaprakları ve kabukları eskiden beri gerek geleneksel gerekse modern tıpta sakinleştirici, mide rahatsızlıklarını giderici, kilo azaltmaya yardımcı, gözkapağı iltihabı, merkezi sinir sistemi rahatsızlıkları, kas ağrıları ve cilt morarmalarının tedavisinde kullanılmıştır [5, 6].

Turunç kabukları flavonoidler, diyet lif, C vitamini ve uçucu yağlar gibi insan sağlığına son derecede faydalı biyoaktif maddeleri içermektedir. İçerdikleri bu bileşiklerden dolayı gıda, kozmetik, parfümeri ve ilaç endüstrisinde aroma ve koku maddesi, antioksidan ve antimikrobiyal ajan olarak tercih edilmektedir [7, 8]. Ülkemizde turunç meyvelerinin en yaygın değerlendirme şekli reçel ve marmelatır. Turunç kabuğu reçeli ve marmelatı üretimi özellikle Akdeniz'in kıyı bölgelerinde hem geleneksel hem de endüstriyel olarak oldukça yaygındır.

Günümüzde diyabet, hiperlipidemi, hipertansiyon ve obezite dahil olmak üzere birçok kronik hastalığın oranı dünya çapında hızla artmaktadır. Araştırmalar, bu kronik hastalıkların temel nedenlerinin beslenmede yüksek şeker, yağ ve tuz oranına sahip gıdaların aşırı tüketimi olduğunu göstermektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), şeker alımına ilişkin kılavuzlarda diyetle şeker alımının toplam günlük enerji alımının %10'undan az olmasını önermektedir. Bu bağlamda aspartam, siklamat ve sukraloz gibi yapay tatlandırıcılar 1800'lü yıllarda düşük kalorili tatlandırıcılar olarak gıda endüstrisinde yerini alarak kullanılmaya başlanmıştır. Ancak bu tatlandırıcıların potansiyel sağlık riskleri ve toplumda oluşan doğal ve sağlıklı beslenmeye olan eğilim nedeniyle, yapay tatlandırıcılar tüketiciler üzerinde olumsuz bir algıya sahip olmuştur. Bunun aksine son yıllarda doğal tatlandırıcılar, yüksek besin değerleri ve sağlıklı beslenme tarzı endişelerini giderme açısından tüketiciler tarafından tercih edilmektedir [9, 10].

Steviol glikozitler Güney Amerika kökenli *Stevia rebaudiana* Bertoni bitkisinden elde edilen doğal tatlandırıcılar ve sakkarozdan daha az kalori içerirler. Aynı zamanda güvenli olarak kabul edilirler. *S.rebaudiana* Bertoni yapraklarında 40'tan fazla steviol glikozit türü tanımlanmıştır[10]. Steviol glikozitlerin yoğun tatlılıkları (sakkaroz göre 250-300 kat daha tatlı) ısı ve pH stabilitesinin yüksek olması nedeniyle birçok gıda ürününün de doğal tatlandırıcı olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır [11]. Stevioside ve rebaudioside (Reb) A, steviol glikozitler arasında başlıca tatlı bileşiklerdir ve piyasada en yaygın kullanılan steviol glikozitlerdir [9]. Bunların toplam miktarı, diğer steviol glikozitlerin tümünün yaklaşık %80-90'ını oluşturmaktadır. Ayrıca, Reb A genellikle steviosidenden daha düşük oranda bulunur ve nispeten daha yüksek bir tatlılığa sahiptir. Bu nedenle Reb A ticari açıdan en değerli steviol glikozitler arasında yer almakta ve gıda endüstrisinde geniş bir kullanım alanına sahip olmuştur [10, 12]. Ülkemizde steviol glikozitlerin gıdalarda kullanımına 2013 yılında Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği kapsamında E 960 kodu ile steviol eşdeğerleri olarak izin verilmiştir. Enerjisi azaltılmış reçel, jöle ve marmelat için steviol glikozitlerin maksimum kullanım oranı 200 mg/l veya 200 mg/kg steviol eşdeğerleri olarak belirlenmiştir [13].

Reçeller ve marmelatlar, su aktivitesinin azalmasını sağlayan yüksek şeker konsantrasyonu ve pişirme ve pastörizasyon gibi uygulanan ısıl işlemler sayesinde genellikle stabil ürünler olarak kabul edilir. Ancak bu tür ürünlerin depolanması sırasında renk ve diğer duyuşsal özelliklerin değişmesi, besin bileşenlerinin kaybolması ve istenmeyen bileşiklerin oluşması gibi raf ömrünü kısaltan bazı reaksiyonlar meydana gelir [14]. Depolama sıcaklığı, süresi ve ambalaj materyali gibi depolama koşulları bu değişikliklerin hızını belirleyen önemli faktörlerdir [15]. Kullanılan şeker miktarının azaltılması dolayısıyla kuru madde miktarının azaltılması bu süreci etkileyebilmektedir.

Bu çalışmada düşük şekerli turunç kabuğu marmelatının bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine depolama sıcaklığı ve süresinin etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda şeker içeriği %30 azaltılmış ve yerine steviol glikozit Reb A ikame edilerek üretilmiş turunç kabuğu marmelatı iki farklı depolama sıcaklığında 12 ay süre ile depolanarak kalite değişimleri incelenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada materyal olarak Antalya Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde yetiştirilen "Yerli Turunç" çeşidine ait turunç (*Citrus aurantium*) meyveleri kullanılmıştır. Düşük şekerli marmelat üretimlerinde beyaz kristal toz şeker (sakkaroz), düşük metoksilli (LM) pektin, sitrik asit ve doğal tatlandırıcı steviol glikoziti Reb A kullanılmıştır.

Marmelat üretimleri öncesinde meyveler yıkanıp, kabukları bıçakla meyve etinden dikkatlice çıkartılmış ve küçük şeritler halinde kesilmiştir. Daha sonra şerit halindeki kabukların acılıklarını gidermek amacıyla, daha önce ön denemeler ve duyuşal değerlendirme sonucu belirlenmiş kaynar suda 15 dk. haşlama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Türk Gıda Kodeksi (TGK) Reçel, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği (Tebliğ No: 2006/55) kapsamında ürünlerin çözünebilir kuru madde miktarı en az %25 oranında azaltıldığında, ürün "düşük şekerli" olarak adlandırılmaktadır [16]. Düşük şekerli turunç marmelatı formülasyonunun oluşturulmasında bahsi geçen mevzuat hükümleri dikkate alınmıştır.

Daha önce gerçekleştirdiğimiz çalışmada kontrol (70°Bx) olarak belirlediğimiz formülasyondaki şeker miktarı %30 oranında azaltılarak yerine tatlandırıcı olarak 100 mg Reb A kullanılmıştır [17]. Buna göre ön işlemde geçirilmiş turunç kabuğu (200 g), şeker (420 g), Reb A (100 mg) ve su (450 mL) paslanmaz çelik bir kaba alınarak kaynamaya başlayınca üzerine 5 g LM pektin içeren çözelti ilave edilmiştir. LM pektin çözeltisi 60°C'de suya (pektin su oranı 1/5) toz pektin eklenerek 750 rpm hızda manyetik karıştırıcıda yaklaşık 10 dk. karıştırılması ile hazırlanmıştır. Ardından karışıma 2 g sitrik asit içeren %50'lik sitrik asit çözeltisi ilave edilmiştir. Pişirme işlemi karışımın briks değeri olan 49'a ulaşınca sonlandırılmıştır. Bu briks değeri yukarıda belirtilen mevzuat hükümleri gereğince daha önce kontrol olarak belirlediğimiz marmelatın briks değerinin (70°Bx) %30 azaltılması sonucu belirlenmiştir. Üretilen marmelatlar 88°C'de sıcak dolmuş şekilde 40 cc'lik cam kavanozlara doldurularak, kavanozlar metal kapakla kapatılmıştır.

Üretilen düşük şekerli marmelatlar oda sıcaklığı (22-24°C) ve buzdolabı sıcaklığında (5-6°C) olmak üzere iki ayrı sıcaklıkta 12 ay boyunca depolanmıştır. Depolama boyunca marmelat örneklerinde her ay SÇKM (suda çözünür kuru madde), su aktivitesi, pH, TA (titrasyon asitliği), renk değerleri, HMF (5-hidroksimetilfurfural) analizleri ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir.

Marmelat örneklerinde SÇKM, dijital refraktometre (A. Krüss Optronic GmbH, DR6000 series, Almanya) ile °Bx (briks) olarak 25°C'de ölçülmüştür. Su aktivitesi değerleri su aktivitesi ölçüm cihazı (Novasina Lab-swift) ile 25°C'de belirlenmiştir. pH değeri ölçümü, dijital pH metre ile gerçekleştirilmiş, TA ise 25 ml saf su ile seyreltilmiş 10 g marmelat örneğinin 0,1 N sodyum hidroksit (NaOH) ile pH 8,1'e kadar titre edilmesiyle belirlenmiştir. Sonuçlar sitrik asit cinsinden g 100 g⁻¹ olarak hesaplanmıştır [18].

Marmelat örneklerinde aydınlık (100)-karanlık (0) göstergesi olan L*, yeşillik (-60) -kırmızılık (+60) ifadesi olan a* ve mavilik (-60)-sarılık (+60) ifadesi olan b*, renk doygunluğunu ifade eden C* (kroma) ve renk tonunu belirten h° (hue açısı) değerlerinin ölçümü Minolta CR 400 model renk ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

HMF analizi amacıyla saf su ile 10 kat seyreltilen marmelat örnekleri 0,45 µm gözenek çaplı membran filtreden geçirilerek Shimadzu 20 AD serisi (Shimadzu, Tokyo, Japonya) HPLC (yüksek performanslı sıvı kromatografisi) cihazına verilmiştir. HMF'nin tanımlanması örnekler için kromatogramdaki pikin geliş zamanı ile HMF standardına ait kromatogramdaki pikin geliş zamanının karşılaştırılması ile gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar HMF standardına ait kalibrasyon eğrisinden (0,5-20 mg.L⁻¹) elde edilen eşitlik (y=50818x-82392, r²=0,999) yardımıyla mg.kg⁻¹ kuru madde olarak hesaplanmıştır. Analizde SPD-M20A model PDA dedektör ile İnertsil ODS-3 C-18 (5 µm, 250×4,6 i.d.) (GL Sciences, Japonya) kolon kullanılmıştır. Mobil faz olarak su:metanol (90:10, v/v) seçilmiştir. Analiz 20 µL enjeksiyon hacmi, 25°C kolon sıcaklığı, 285 nm dalga boyu ve 1 mL.dk⁻¹ akış hızı şartlarında izokratik olarak gerçekleştirilmiştir [19].

Depolama koşullarında düşük şeker içerikli marmelat örneklerinde toplam küf ve maya sayımı için; tekerrürlere ait örneklerden steril dilüsyon sıvısı Maximum Recovery Diluent (MRD) kullanılarak, 10⁻¹ dilüsyondan 10⁻⁴'e kadar ve her dilüsyon için 2 paralel olacak şekilde seyreltmeler hazırlanmıştır. Ardından küf ve mayalar için selektif besiyeri olan Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC)'a yayma plak yöntemi kullanılarak örneklerin ekimleri yapılmıştır. Ekim yapılan petriyer 25°C'de 5-7 gün süreyle aerobik inkübasyona bırakılmıştır. İlgili dilüsyonlardan yapılan ekimlerde, inkübasyon süresi sonunda petriyerde gözlenen toplam küf ve maya kolonisi sayılmış ve dilüsyon katsayısı, örneklem hacmi göz önünde bulundurularak sonuçlar kob.g⁻¹ cinsinden hesaplanmıştır [20].

Depolama çalışmaları depolama sıcaklığının (5-6°C/22-24°C), depolama süresinin (12 ay) ve bunların arasındaki etkileşimlerin düşük şekerli turunç kabuğu marmelatının fizikokimyasal özelliklerine etkisinin belirlenmesi amacıyla tesadüf parselleri deneme desenine göre faktöriyel düzende yürütülmüştür. Marmelat üretimi 3 tekerrürlü gerçekleştirilmiştir (N=78). Veriler SAS İstatistik Programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamalar arasındaki önemli farklılıkları değerlendirmek amacıyla %5 anlamlılık düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Suda Çözünür Kuru Madde (SÇKM) Miktarının Depolamaya Bağlı Değişimi

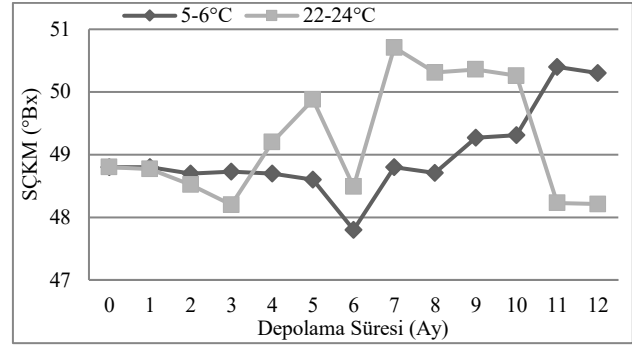
Düşük şeker içerikli marmelat örneğinin 5-6°C'de ve 22-24°C'de 12 aylık depolama sırasındaki SÇKM değişimleri Şekil 1'de verilmiştir. Depolama süresi marmelat örneğinin SÇKM içeriği üzerine P<0,001 düzeyinde etkili olurken, depolama sıcaklığı P<0,01 düzeyinde etkili olmuştur (Çizelge 1).

Her iki sıcaklık koşullarında depolama sürecinde SÇKM değişimleri önemli olup, 5-6°C'de depolanan marmelat örneğinin SÇKM miktarı az miktarda artarken, 22-24°C'de depolanan marmelat örneğinin SÇKM içeriği düşmüştür (Şekil 1). 5-6°C sıcaklıkta depolanan örneklerde SÇKM 47,80-50,40°Bx arasında değişirken, depolama süresi sonunda SÇKM değerinde %3,07 oranında bir artış gerçekleşmiştir. 22-24°C'de depolanan örneklerde depolama süresi içerisinde SÇKM değerleri 48,20-50,71°Bx olarak belirlenmiş olup, depolama aşamasında bir miktar artış gerçekleşse de son ayda başlangıca göre %1,20 azalmıştır. Marmelat gibi ürünlerde SÇKM hem kullanılan meyvedeki şeker, organik asit gibi maddeler, hem de proses sırasında marmelata eklenen sakkaroz, pektin ve asitlik düzenleyici gibi bileşenlerden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 1. Düşük şekerli marmelatların depolama aşamasındaki kalite analizlerine ait varyans analizi sonuçları

| Faktörler | SD | SÇKM | aw | pH | TA | L* | a* | b* | C* | h° | HMF |
|------------------------|----|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|------|-----|
| Depolama Süresi (S) | 12 | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| Depolama Sıcaklığı (K) | 1 | ** | *** | *** | ** | Ö.D. | ** | * | Ö.D. | *** | *** |
| S × K | 12 | Ö.D. | *** | *** | * | Ö.D. | *** | *** | *** | Ö.D. | *** |
| Hata | 52 | | | | | | | | | | |

(***) P<0,001 düzeyinde önemlidir; (**) P<0,01 düzeyinde önemlidir; (*) P<0,05 düzeyinde önemlidir; ö.d.: Önemli değil; SD: Serbestlik derecesi



Şekil 1. Düşük şekerli turunç kabuğu marmelatının depolama sırasındaki SÇKM değişimi

Pavlova vd. [21] tarafından yapılan çalışmada, şeker miktarı azaltılmış ahududu ve şeftali reçellerinde 90 günlük depolama sonunda SÇKM değerlerinin arttığı rapor edilmiştir. Tatlandırıcı olarak stevianın kullanıldığı düşük kalorili elma reçeli ve sakkaroz ile hazırlanan kontrol örneğinin 28 günlük depolama sürecinde SÇKM'de artış gözlenmiştir [22]. Hindistan cevizi ve ananas pulpundan farklı kombinasyonlarla hazırlanan karışım reçellerin 4°C ve 30°C'de 6 ay depolanması sonucu toplam çözünür kuru madde miktarında artış gözlenmiştir [23]. Araştırmacılar SÇKM değerlerindeki artışın depolama sırasında asit varlığında polisakkaritlerin özellikle de pektinin basit şekerlere hidrolizi ve diğer reçel bileşenlerinin çözünmesinden kaynaklandığını vurgulamışlardır. Çilek marmelatlarında yapılan bir çalışmada 9°C, 22°C ve 35°C'de 180 gün depolanan marmelatların SÇKM'si sıcaklık ve süre ile birlikte azalış göstermiştir [24].

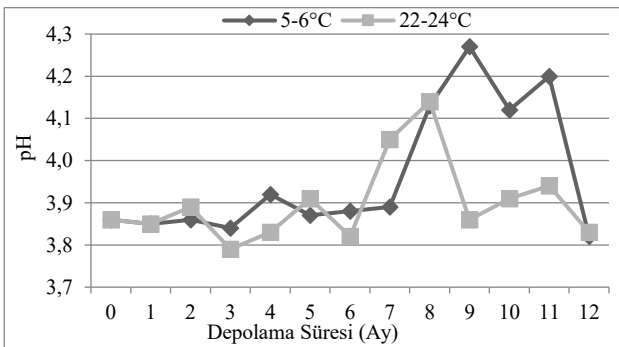
pH ve TA Değerinin Depolamaya Bağlı Değişimi

Varyans analizi sonuçlarına göre düşük şekerli marmelat örneğinin pH değeri üzerine depolama süresi, depolama sıcaklığı ve depolama süresi × sıcaklığı etkileşimini P<0,001 düzeyinde etkili olmuştur (Çizelge 1). Depolama başlangıcında 3,86 olan pH değeri 5-6°C depolama koşulunda 3,82'ye, 22-24°C depolama koşulunda 3,83'e düşmüştür. pH değerindeki düşüş 22-24°C depolama sıcaklığında daha fazla olmuştur (Şekil 2).

Dubey vd. [25], düşük kalorili aloevera bazlı ananas reçelinin 4°C, 25°C ve 35°C sıcaklıkta 8 haftalık depolama sürecinde pH değerinde düşüş olduğunu bildirmişlerdir. Ancak, 35°C'de depolanan reçel numuneleri için pH'daki düşüş %22,5 iken, 25°C ve 4°C'de depolanan reçel numunelerinin pH'ı sırasıyla %15,6 ve %5,04 oranında azalma göstermiştir. Araştırmacılar, reçelin depolanması sırasında pH değerinin düşmesinin reçeli ekşi hale getirdiğini ancak mikrobiyal stabilitenin arttığı sonucuna varmıştır. Tatlandırıcı olarak stevianın

kullanıldığı düşük kalorili elma reçeli ve sakkaroz ile hazırlanan kontrol örneğinin 28 günlük depolama sürecinde pH değerinde düşüş gözlenirken [22]. Hindistan cevizi ve ananas pulpundan farklı kombinasyonlarla hazırlanan karışım reçellerin 4°C ve 30°C'de 6 ay depolanması sonucu pH değeri azalırken, toplam asitliğin arttığı gözlenmiştir [23]. Reçel marmelat gibi ürünlerde depolama sırasında pH değerindeki azalma depolama sırasında zayıf iyonize asit ve tuzlarının konsantrasyonundaki yükselmeye bağlanmaktadır. Bu durum ayrıca askorbik asit bozunması, pektinin hidrolizi veya polisakkaritlerin bozunması ve indirgen şekerlerin oksidasyonundan da kaynaklanabilir [21, 22, 25].

Düşük şekerli marmelat örneğinin 12 aylık depolama sırasındaki sitrik asit cinsinden belirlenen TA değişimleri Şekil 3'te yer almaktadır. Marmelat örneğinin TA değeri üzerine depolama süresi, depolama sıcaklığı ve depolama süresi × sıcaklığı etkisi etkili olmuştur ($P<0,001$; $P<0,01$; $P<0,05$) (Çizelge 1). Depolama başlangıcında 0,24 g 100 g⁻¹ olan TA değeri 5-6°C depolama koşulunda 0,27 g 100 g⁻¹'a, 22-24°C depolama koşulunda 0,26 g 100 g⁻¹'a yükselmiştir. Genel olarak marmelat örneklerinde depolama koşullarında asitlikte artış meydana gelmiştir. Bu örneklerin pH değerlerinde de düşüşler gözlenmiştir (Şekil 2). Tatlandırıcı olarak stevianın kullanıldığı düşük kalorili elma reçeli ve sakkaroz ile hazırlanan kontrol örneğinin 28 günlük depolama sürecinde pH değerinde düşüş gözlenirken, titre edilebilir asitlik miktarında artış gözlenmiştir [22]. Asitlikteki bu artışın, polisakkaritlerin bozunması ve pektik maddelerin parçalanması nedeniyle organik asitlerin oluşmasından kaynaklandığı rapor edilmiştir.



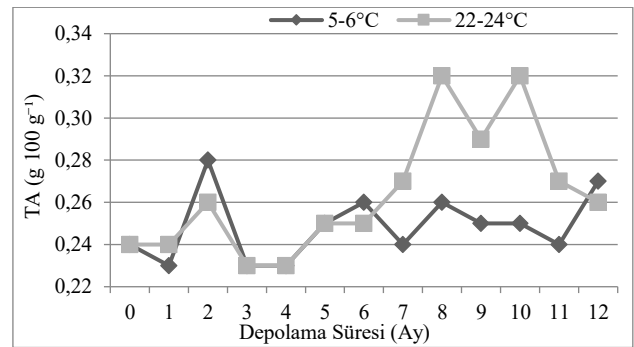
Şekil 2. Düşük şekerli turunç kabuğu marmelatının depolama sırasındaki pH değişimi

aw Değerinin Depolamaya Bağlı Değişimi

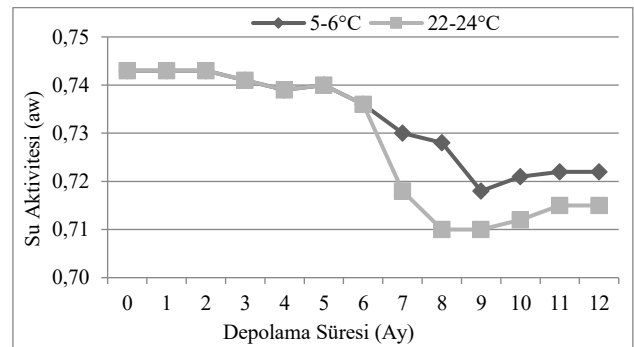
SÇKM'si %30 azaltılmış düşük şekerli marmelat örneğinin aw değeri üzerine depolama sıcaklığı, süresi ve depolama süresi × sıcaklığı etkisi etkili olmuştur ($P<0,001$) (Çizelge 1). Depolama

başlangıcında 0,743 olan aw değeri, 5-6°C sıcaklıkta depolanan örneklerde 0,722, 22-24°C sıcaklıkta depolanan örneklerde 0,715 değerine düşmüştür (Şekil 4).

Düşük şekerli marmelat örneklerinin tümünde 22-24°C'de depolama sıcaklığı koşulunun başlangıç aw değerinde daha fazla azalmaya yol açtığı gözlenmiştir. Reçel, marmelat prosesi sırasında ısı ile suyun buharlaşması ve şeker ilavesine bağlı olarak kuru madde miktarı artmakta, dolayısıyla su aktivitesi düşmektedir. Tatlandırıcı olarak izomaltos ve tagatozun farklı kombinasyonlarının kullanıldığı limon marmelatlarının 60 gün depolanması sonucu su aktivitesinde bir miktar azalma meydana gelmiştir [26]. Su aktivitesi mikroorganizmaların gelişmesinde önemli bir rol oynamakta olup, gıdaların depolama stabilitesi etkileyen önemli parametrelerdendir. Su aktivitesindeki azalma depolama sırasında toplam çözünür katıların ve suyu bağlayan toplam şekerlerin artmasından kaynaklanıyor olabilir [27].



Şekil 3. Düşük şekerli turunç kabuğu marmelatının depolama sırasındaki TA değişimi

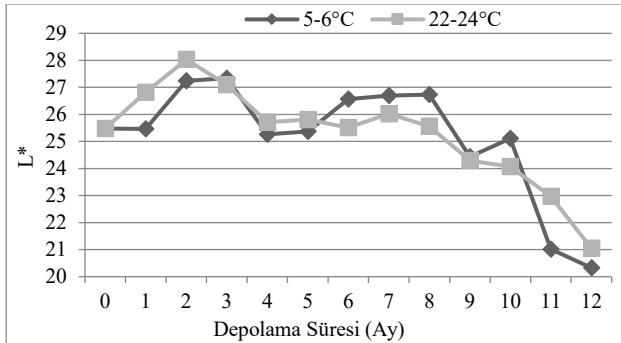


Şekil 4. Düşük şekerli turunç kabuğu marmelatının depolama sırasındaki aw değişimi

Renk Değerlerinin Depolamaya Bağlı Değişimi

CIE renk koordinat sistemine göre L* değeri parlaklık değerini ifade ederken 0 ile 100 arasında bir değer alır. L* değerinin 100'e yaklaşması materyalin parlaklığının arttığını göstermektedir. Varyans

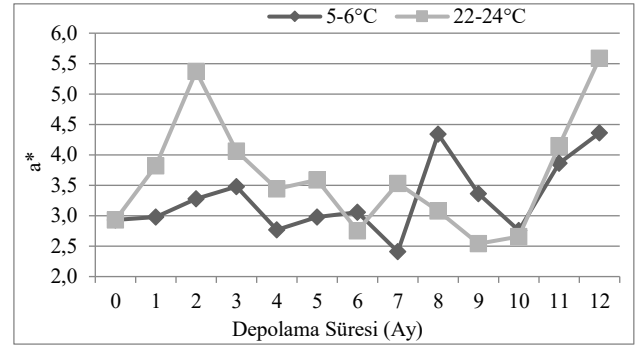
analizi sonuçlarına göre düşük şekerli marmelat örneğinin L* değeri üzerine depolama süresi $P<0,001$ düzeyinde etkili olurken, depolama sıcaklığı ve her iki faktörün interaksiyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 1). Depolama başlangıcında 25,48 olan başlangıç L* değeri 5-6°C depolama koşulunda %20,21 oranında azalarak 20,33, 22-24°C depolama koşulunda ise %17,38 oranında azalarak 21,05 değerine düşmüştür. Genel olarak 22-24°C'de depolanan örneklerin L* değerinde daha fazla oranda düşüş gözlenmiştir (Şekil 5). Touati vd. [28] tarafından yapılan çalışmada, kayısı reçelinin 5°C, 25°C ve 37°C'de 60 gün depolanması sonucu L* değerinde azalma tespit edilmiş bu azalma 25°C ve 37°C depolama sıcaklığında daha fazla olmuştur. Araştırmacılar bunun nedenini Maillard reaksiyonu ile kahverengi pigmentlerin oluşması ile açıklamışlardır. Ayrıca ön işlemler ve açık kazanda pişirme yöntemi, renk pigmentlerinin oksidasyonuna ve bozulmasına neden olabilmekte ve bu da reçel ve marmelat üretimi sırasında renk değerlerinde değişikliklere neden olabilmektedir [29]. Bir başka çalışmada ise çilek reçelleri 4°C ve 20°C olmak üzere iki farklı sıcaklıkta depolanmış, 4°C'de muhafaza edilen reçellerin L* değerlerinin 20°C'de muhafaza edilenlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir [30].



Şekil 5. Düşük şekerli turuncu kabuğu marmelatının depolama sırasındaki L* değeri değişimi

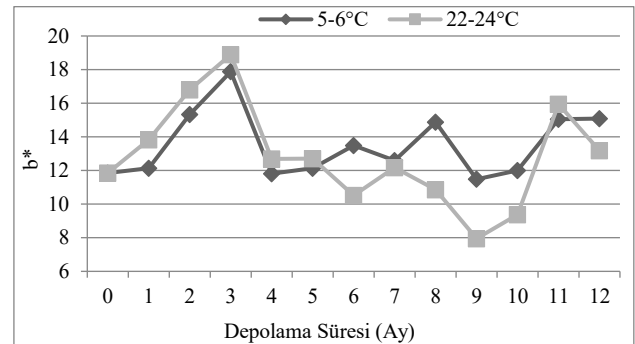
Düşük şekerli marmelat örneğinin a* değeri üzerine depolama süresi ve depolama süresi \times sıcaklığı interaksiyonu $P<0,001$ düzeyinde etkili olurken, depolama sıcaklığı $P<0,01$ düzeyinde etkili olmuştur (Çizelge 1). Başlangıçta 2,93 olan a* değeri depolama sonunda 5-6°C depolama sıcaklığında 1,48 kat (4,36), 22-24°C depolama sıcaklığında ise 1,90 kat (5,59) artış göstermiştir. a* değeri 22-24°C depolama sıcaklığı koşullarında depolama süresi sonunda daha fazla artış göstermiştir (Şekil 6). a* parametresi termal gıda proseslerinde önemli bir renk göstergesi olup, kırmızımsı renkler için pozitif (+60), yeşilimsi renkler için negatif değerler (-60) almaktadır [31]. a* değerindeki artışlar genel olarak sıcaklık etkisiyle esmerleşme reaksiyonlarına ve

karotenoid gibi renk pigmentlerinin degradasyonu ile ilişkilendirilmiştir [32, 33]. Tagatoz ve oligo fruktozun farklı kombinasyonları ile formüle edilmiş portakal marmelatı üzerine yapılan bir çalışmada tagatoz içeriği en yüksek marmelatların 45 günlük depolamadan sonra a* değerlerinin artış gösterdiği gözlemlenmiştir [34].



Şekil 6. Düşük şekerli turuncu kabuğu marmelatının depolama sırasındaki a* değeri değişimi

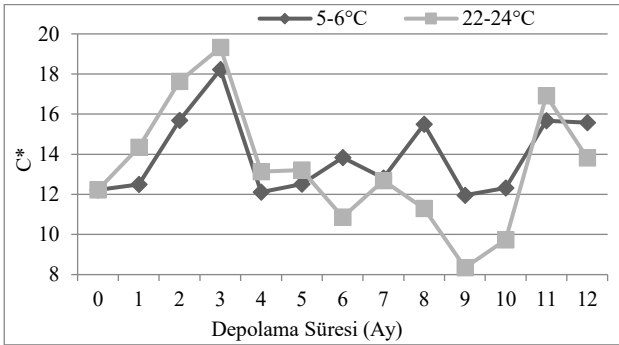
Sarı (+60)-mavi (-60) renk tonlarını gösteren b* değeri üzerine depolama süresi ve depolama süresi \times sıcaklığı interaksiyonu $P<0,001$ düzeyinde etkili olurken, depolama sıcaklığı $P<0,05$ düzeyinde etkili olmuştur (Çizelge 1). Başlangıçta 11,86 olan b* değeri depolama sonunda 5-6°C depolama sıcaklığında 1,27 kat artarak 15,09'a, 22-24°C depolama sıcaklığında ise 1,11 kat artarak 13,18'e yükselmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Düşük şekerli turuncu kabuğu marmelatının depolama sırasındaki b* değeri değişimi

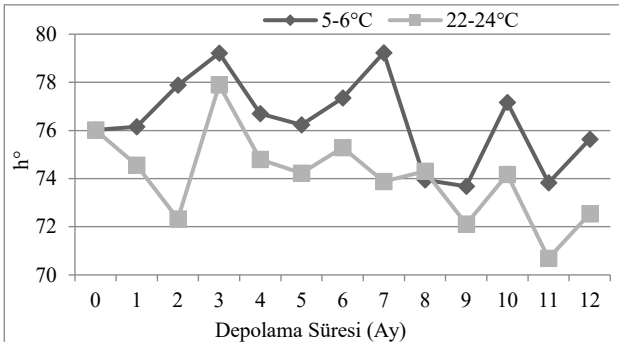
Tagatoz ve oligofruktozun farklı kombinasyonları ile formüle edilmiş portakal marmelatı üzerine yapılan bir çalışmada tagatoz içeriği en yüksek marmelatların 45 günlük depolamadan sonra b* değerlerinin artış gösterdiği gözlemlenmiştir [34]. b* değerinin pozitif değerlere yaklaşması sarılığın artışı anlamına gelmektedir. Tatlandırıcı olarak kullanılan Reb A'nın da b* değeri üzerinde etkili olduğu değerlendirilmiştir. Öztürk [35], Reb A kullanılan portakal marmelatlarının şeker içeren marmelat

örneklerinden daha yüksek b^* değerine sahip olduğunu belirlemiştir. C^* değeri, rengin canlılığı ve doygunluğu ile ilgili bir parametredir. 0 değeri griakromatik (renksiz) renkleri ifade ederken, değer arttıkça rengin canlılığı artmaktadır [36]. Depolama süresi ve depolama süresi \times sıcaklığı interaksyonu C^* değeri üzerine $P < 0,001$ düzeyinde etkili olurken, depolama sıcaklığının etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 1). Başlangıçta 12,22 olan C^* değeri depolama sonunda 5-6°C depolama sıcaklığında 15,58'e, 22-24°C depolama sıcaklığında ise 13,82'ye yükselmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Düşük şekerli turuncu kabuğu marmelatının depolama sırasındaki C^* değeri değişimi

Hue açısı (h°) renk tonunu belirtmekte olup 0° veya 360° kırmızı, 90° sarı, 180° yeşil, 270° mavi renge işaret etmektedir [31]. h° değeri üzerine depolama süresi, depolama sıcaklığı $P < 0,001$ düzeyinde etkili olurken, depolama süresi \times sıcaklığı interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 1). Başlangıçta 76,02 olan h° değeri depolama sonunda 5-6°C depolama sıcaklığında %0,49 (75,64), 22-24°C depolama sıcaklığında ise %4,57 (72,54) oranında düşüş göstermiştir (Şekil 9).



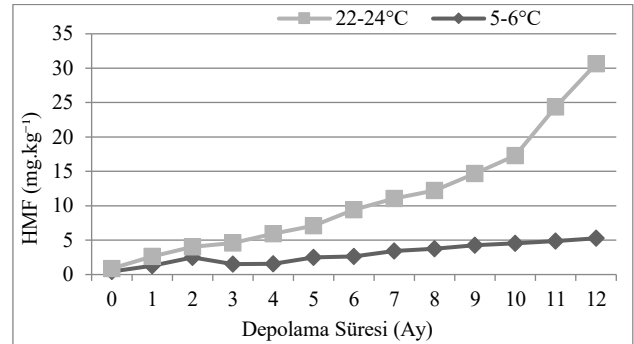
Şekil 9. Düşük şekerli turuncu kabuğu marmelatının depolama sırasındaki h° değeri değişimi

22-24°C depolama sıcaklığında depolanan örneğin depolama sonunda renginin daha az sarı renkte olduğu değerlendirilmiştir. Rubio-Arrea vd.

[26], tatlandırıcı olarak izomaltoz ve tagatozun farklı kombinasyonlarının kullanıldığı limon marmelatlarının 60 gün depolanması sonucu h° değerlerinin azaldığını rapor etmişlerdir. Başka bir çalışmada şeker yerine izomaltoz ve tagatoz gibi farklı tatlandırıcı kombinasyonları ile oluşturulan mandarin portakal marmelatlarında 180 gün depolama süresi sonunda h° değerlerinin azaldığını rapor edilmiştir [37].

HMF Miktarının Depolamaya Bağlı Değişimi

Düşük şeker içerikli marmelat örneğinin HMF miktarı üzerine varyasyon kaynaklarının etkisi $P < 0,001$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 1). Başlangıçta $0,44 \text{ mg.kg}^{-1}$ olan HMF değeri depolama sonunda 5-6°C depolama sıcaklığında 11,97 kat ($5,27 \text{ mg.kg}^{-1}$), 22-24°C depolama sıcaklığında ise 57,63 kat ($25,36 \text{ mg.kg}^{-1}$) artış göstermiştir (Şekil 10). TSE (Türk Standartları Enstitüsü)'ye göre HMF miktarı 1. Sınıf reçellerde maksimum 50 mg.kg^{-1} olmalıdır. Depolama süresi içerisinde HMF artışları gerçekleşse de belirlenen HMF miktarları bu değer altında kalmıştır.



Şekil 10. Düşük şekerli turuncu kabuğu marmelatının depolama sırasındaki HMF miktarı değişimi

Genel olarak depolama süresi içerisinde özellikle 22-24°C depolama sıcaklığında muhafaza edilen marmelat örneklerinin HMF miktarları daha fazla oranda artış göstermiştir. Touati vd. [28], kayısı reçelinin 5°C, 25°C ve 37°C'de 60 gün depolanması sonucunda HMF içeriğinde 5°C'de (%15,96) hafif bir artış olduğunu, ancak 25°C ve 37°C'de daha büyük bir artış gözlemlendiğini (sırasıyla %112,77 ve %150) bildirmişlerdir. HMF oluşumunun büyük ölçüde depolama sıcaklığına bağlı olduğunu, istatistiksel analiz sonucuna göre de depolama süresi ve sıcaklığı interaksyonunun HMF içeriği üzerine önemli bir etkiye sahip olduğunu değerlendirmişlerdir.

HMF, karbonhidrat içeren çok çeşitli gıdalarda aşırı ısıtma veya depolamadan kaynaklanan kalite bozulmalarının bir göstergesi olarak kabul

edilmektedir [28]. Farklı maviyemiş çeşitlerinden üretilen reçel ve marmelatların 6 ay oda koşullarında depolanması sonucunda HMF miktarının reçellerde %65-67 oranında, marmelatlarda ise %55-87 oranında artış gösterdiği belirlenmiştir [38]. Pektine alternatif olarak portakal marmelatına kuru portakal kabuğu ilave edilerek hazırlanan zenginleştirilmiş marmelatların 20°C ve 35°C'de depolama sıcaklığında 150 gün depolanması sonucu HMF miktarında artış olduğu belirlenmiştir [39]. HMF oluşumu pH, şeker konsantrasyonu, su aktivitesi ve sıcaklığa bağlı olan şekerlerin parçalanma ürünüdür. Genel olarak reçel ve marmelat gibi ürünlerin pişirilmesi ve depolamadaki sıcaklık koşullarının etkisi ile Maillard Reaksiyonu etkisiyle HMF oluşumu gerçekleşmektedir [14].

Toplam Küf ve Maya Analizi Sonuçları

Toplam küf ve maya analizi sonuçlarına göre marmelat örneğinin farklı sıcaklık şartlarında 12 aylık depolama süresi içerisinde herhangi küf ve maya kolonisi gelişimine rastlanmamıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Düşük şekerli turunç kabuğu marmelatının depolama süresince toplam küf ve maya sayısı sonuçları (kob.g⁻¹)

| Depolama Süresi (Ay) | Depolama Sıcaklığı | |
|----------------------|--------------------|---------|
| | 5-6°C | 22-24°C |
| 0 | <10 | <10 |
| 1 | <10 | <10 |
| 2 | <10 | <10 |
| 3 | <10 | <10 |
| 4 | <10 | <10 |
| 5 | <10 | <10 |
| 6 | <10 | <10 |
| 7 | <10 | <10 |
| 8 | <10 | <10 |
| 9 | <10 | <10 |
| 10 | <10 | <10 |
| 11 | <10 | <10 |
| 12 | <10 | <10 |

Bakterilere göre maya ve küfler pH'sı 5'in altındaki gıda maddelerinde daha hızlı çoğalarak bozulmaya neden olurlar. Ayrıca bu mikroorganizmalar reçel, marmelat ve pekmez gibi düşük su aktivitesine sahip gıdalarda kolaylıkla gelişirler [27, 40].

Su aktivitesi sıcaklık, pH, redoks potansiyeli gibi koruyucu faktörler ile birlikte mikroorganizma gelişmesini önleyici ortamların sağlanmasına yardımcı olur. Patojen bakteriler için minimum aw değeri 0,90. mayalar için 0,80, küfler için ise 0,75-0,60'dır. Reçel ve marmelatlar genel olarak yüksek şeker içeriğine sahiptir ve meyve içeriğine bağlı olarak asidik özellikte de olabilirler. Daha az asitli

ürünlerde su aktivitesi kritik rol oynar ve su aktivitesi mikroorganizma çoğalmasını engeller [41].

SONUÇ

Bu çalışmada şeker içeriği %30 azaltılmış ve yerine Steviol glikozit Reb A ikame edilerek üretilmiş turunç kabuğu marmelatı iki farklı depolama sıcaklığında (5-6°C/22-24°C) 12 ay süre ile depolanarak, depolama süresi boyunca bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir. Depolama sıcaklığı ve süresi turunç kabuğu marmelatının incelenen özellikleri üzerine etkili olmuştur. Depolama sonunda, 5-6°C sıcaklıkta depolanan örneklerde SÇKM artmış, 22-24°C'de depolanan örneklerde ise depolama sonunda azalmıştır. pH değeri ve su aktivitesi değerleri düşüş gösterirken, titrasyon asitliği artış göstermiştir. Renk değerleri açısından incelendiğinde genel olarak depolama süresi boyunca marmelat örneklerinin L* ve h° değerleri azalmış, a*, b* ve C* değerleri artmıştır. HMF içerikleri başlangıca göre depolama süresi boyunca artmış, bu artış 22-24°C'de depolama sıcaklığında 5-6°C'dekinden daha fazla gerçekleşmiştir. Yapılan mikrobiyolojik analizler sonucu depolama süresi içerisinde düşük şeker içerikli marmelat örneğinde küf ve maya gelişimi gözlenmemiştir. Depolama koşulları açısından değerlendirildiğinde, genel olarak depolamaya tabi tutulan düşük şeker içerikli turunç marmelatının fizikokimyasal ve mikrobiyolojik stabilite açısından 5-6°C'de 12 ay süre ile muhafaza edilebileceği sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) imkânlarıyla yürütülen TAGEM/HSGYAD/B/19/A3/P2/1212 numaralı projenin bir bölümüdür. Desteklerinden dolayı TAGEM Hayvan Sağlığı, Gıda ve Yem Araştırmaları Daire Başkanlığı Bitkisel Gıda Araştırmaları Çalışma Grubu'na teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

1. Pawar, R.S., Sagi, S., Leontyev, D., 2020. Analysis of bitter orange dietary supplements for natural and synthetic phenethylamines by LC-MS/MS. Drug Testing and Analysis 12(9):1241-1251.

2. TÜİK, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri (<https://data.tuik.gov.tr/kategori/getkategori?p=tarim-111anddil=1>) (Erişim Tarihi: 25.04.2024).
3. Jabri Karoui, I., Marzouk, B., 2013. Characterization of bioactive compounds in Tunisian bitter orange (*Citrus aurantium* L.) peel and juice and determination of their antioxidant activities. *BioMed Research International* 2013(1):345415.
4. Farag, M.A., Abib, B., Ayad, L., Khatlab, A.R., 2020. Sweet and bitter oranges: An updated comparative review of their bioactives, nutrition, food quality, therapeutic merits and biowaste valorization practices. *Food Chemistry* 331:127306.
5. Adeline Dorcas, F., Sheila, J., Estherly, D., Priya, I., Priyadarshini, S., 2016. Study on the antimicrobial property of bitter orange (*Citrus aurantium* L.) Peel powder and developing recipes using the powder. *International Journal of Home Science* 2(21):125-131.
6. Heydari, M., Rostami, O., Mohammadi, R., Banavi, P., Farhoodi, M., Sarlak, Z., Rouhi, M., 2021. Hydro distillation ultrasound-assisted green extraction of essential oil from bitter orange peel wastes: Optimization for quantitative, phenolic, and antioxidant properties. *Journal of Food Processing and Preservation* 45(7):e15585.
7. Gaff, M., Esteban-Decloux, M., Giampaoli, P., 2020. Bitter orange peel essential oil: A review of the different factors and chemical reactions influencing its composition. *Flavour and Fragrance Journal* 35(3):247-269.
8. Binici, H.İ., Özdemir, C., Özdemir, S., 2023. The physical, chemical, sensory properties and aromatic organic substance profile of kefir added citrus fruits in different proportions. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 20(4):871-878.
9. Tao, R., Cho, S., 2020. Consumer-based sensory characterization of steviol glycosides (rebaudioside A, D and M). *Foods* 9(8):1026.
10. Wang, Y., Luo, X., Chen, L., Mustapha, A.T., Yu, X., Zhou, C., Okonkwo, C.E., 2023. Natural and low-caloric rebaudioside A as a substitute for dietary sugars: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 22(1):615-642.
11. Yang, Y., Xu, M., Wan, Z., Yang, X., 2022. Novel functional properties and applications of steviol glycosides in foods. *Current Opinion in Food Science* 43:91-98.
12. Yildiz, M., Karhan, M., 2021. Characteristics of some beverages adjusted with stevia extract, and persistence of steviol glycosides in the mouth after consumption. *International Journal of Gastronomy and Food Science* 24:100326.
13. Anonim, 2013. Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği (<https://kms.kaysis.gov.tr/home/kurum/24308110>) (Erişim: 25.04.2024).
14. Licciardello, F., Muratore, G., 2011. Effect of temperature and some added compounds on the stability of blood orange marmalade. *Journal of Food Science* 76(7):C1094-C1100.
15. Mesquita, K.S., Borges, S.V., Carneiro, J.D.D.S., Menezes, C.C., Marques, G.R., 2013. Quality alterations during storage of sugar-free guava jam with added prebiotics. *Journal of Food Processing and Preservation* 37(5):806-813.
16. Anonim, 2006. Türk Gıda Kodeksi reçel, jöle, marmelat ve tatlandırılmış kestane püresi tebliği. Tebliğ No:2006/55 (<https://kms.kaysis.gov.tr/home/kurum/24308110>) (Erişim: 23.04.2024).
17. Turgut, D.Y., Tanrıseven, M., YeğİN, A.B., Gölüklü, M., Tokgöz, H., Kola, O., 2023. Düşük şekerli turunc marmelatı üretiminde rebaudioside A kullanımının araştırılması. *Gıda* 48(4):872-887.
18. Cemeroglu, B., 2007. Gıda Analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, 535 s.
19. Tontul, I., Topuz, A., 2017. Effects of different drying methods on the physicochemical properties of pomegranate leather (pestil). *LWT* 80:294-303.
20. Anonym, 2008. ISO 21527-1:2008. Microbiology of food and animal feeding stuffs-Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds-part 1: Colony count technique in products with water activity greater than 0.95.
21. Pavlova, V., Karakashova, L., Stamatovska, V., Delchev, N., Necinova, L., Nakov, G., Blazevska, T., 2013. Storage impact on the quality of raspberry and peach jams. *Journal of Hygienic Engineering and Design* 664:25-28.
22. 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.
23. Rana, M.S., Yeasmin, F., Khan, M.J., Riad, M.H., 2021. Evaluation of quality characteristics and storage stability of mixed fruit jam, *Food Research* 5(1):225-231.
24. Gülhan, A., Çoklar, H., Akbulut, M., 2023. Enhancement of Strawberry Marmalade with Crab Apple (*Malus floribunda*) Anthocyanins. *Journal of the Institute of Science and Technology* 13(1):326-340.
25. 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.
26. Rubio-Arreaez, S., Ferrer, C., Capella, J.V., Ortolá, M.D., Castelló, M.L., 2017. Development of lemon marmalade formulated with new sweeteners (isomaltulose and tagatose): Effect on antioxidant, rheological and optical properties. *Journal of Food Process Engineering* 40(2):1-8.
27. Kanwal, N., Randhawa, M.A., Iqbal, Z., 2017. Influence of processing methods and storage on physicochemical and antioxidant properties of guava jam. *International Food Research Journal* 24(5):2017-2027.
28. Touati, N., Tarazona-Díaz, M.P., Aguayo, E., Louaileche, H., 2014. Effect of storage time and temperature on the physicochemical and sensory characteristics of commercial apricot jam. *Food Chemistry* 145:23-27.
29. Durmuş, F., Özcan-Sinir, G., Şahin, K.G., Çopur, Ö.U., 2020. Determination of physicochemical properties and antioxidant capacity of artichoke (*Cynara cardunculus* var. *Scolymus* L.) jam produced from different cultivars. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 17(2):191-202.
30. Wicklund, T., Rosenfeld, H.J., Martinsen, B.K., Sundfór, M.W., Lea, P., Bruun, T., Blomhoff, R., Haffner, K., 2005. Antioxidant capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. *LWT-Food Science and Technology* 38(4):387-391.
31. 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.
32. 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.
33. Ozcan-Sinir, G., Ozkan-Karabacak, A., Tamer, C.E., Copur, 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.
34. Rubio-Arreaez, S., Sahuquillo, S., Capella, J.V., Ortolá, M.D., Castelló, M.L., 2015. Influence of healthy sweeteners (tagatose and oligofructose) on the physicochemical characteristics of orange marmalade. *Journal of Texture Studies* 46(4):272-280.
35. Öztürk, Ş., 2023. Rebaudiosit A kullanılarak düşük şekerli portakal marmelatı üretimi ve duyuşsal özellikleri. *Akademik Gıda* 21(1):57-69.
36. Dönmez, I., Özer, H., Gülser, C., 2016. Bazı bölgesel organik atıkların topraksız tarımda (torba kültürü) kullanılabilme imkânlarının belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 31(2):171-178.
37. Rubio-Arreaez, S., Capella, J.V., Ortolá, M.D., Castelló, M.L., 2016. Effect of replacing sucrose with tagatose and isomaltulose in Mandarin orange marmalade on rheology, colour, antioxidant activity, and sensory properties. *Acta Alimentaria* 45(3):406-415.
38. Güzel, E.K., Kaya, C., Yücel, E.E., Bayram, M., 2021. Determination of some properties of jam and marmalade produced from different blueberry varieties (*Vaccinium* sp.). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 9(5):937-945.
39. Sicari, V., Pellicanò, T.M., Laganà, V., Poiana, M., 2018. Use of orange by-products (dry peel) as an alternative gelling agent for marmalade production: Evaluation of antioxidant activity and inhibition of HMF formation during different storage temperature. *Journal of Food Processing and Preservation* 42(2):e13429.
40. Ünlütürk, A., Turantaş, F., 1996. *Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları*. Ege Meslek Yüksekokulu, Yayın No:19, İzmir.
41. Karaçalı, İ., 2002. *Meyve ve Sebze Değerlendirme*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No:19/4, İzmir, 263 s.