

DONDURARAK VE SICAK HAVA İLE KURUTULMUŞ KAMKAT DİLİMLERİNİN BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİ

Demet YILDIZ TURGUT*

Dr., Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya; ORCID: 0000-0002-7486-3701
Geliş Tarihi / Received: 17.05.2021

Kabul Tarihi / Accepted: 26.11.2021

ÖZ

Bu çalışmada farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş kamkat dilimlerinin toplam fenolik, toplam flavonoid, askorbik asit içerikleri ile antioksidan aktivite ve renk özelliklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda kamkat dilimleri dondurarak kurutma ve sıcak hava kurutma yöntemi (50°C, 60°C ve 70°C 1 m s⁻¹) ile kurutulmuştur. Araştırma sonuçları, dondurarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin en yüksek L* ve h° ile en düşük a*, b* ve C* değerleri sergilediğini göstermiştir. Ayrıca dondurarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin en yüksek toplam fenolik (778.79 mg GAE 100 g⁻¹), toplam flavonoid (151.26 mg CE 100 g⁻¹) ve askorbik asit içeriğine (113.19 mg 100 g⁻¹) sahip olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan, sıcak hava ile kurutulan örnekler arasında en yüksek toplam fenolik, toplam flavonoid ve askorbik asit içeriği 60°C'de kurutulan kamkat dilimlerinde tespit edilmiştir. Kurutma yöntemleri arasında antioksidan aktivite açısından farklılıklar önemli bulunmamıştır. Sonuç olarak, dondurarak kurutma yönteminin kamkat gibi biyoaktif bileşen içeriği zengin meyveler için alternatif bir kurutma yöntemi olarak kullanılabilirliği önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kamkat, dondurarak kurutma, kurutma sıcaklığı, renk, fenolik, askorbik asit

SOME QUALITY PROPERTIES OF KUMQUAT SLICES DRIED BY FREEZE DRYING AND HOT AIR DRYING METHODS

ABSTRACT

This study aimed to compare the total phenolic, total flavonoid, ascorbic acid contents, antioxidant activity and color characteristics of kumquat slices dried with different drying methods. Kumquat slices were dried by freeze-drying and hot air drying (50°C, 60°C, 70°C and 1 m s⁻¹) methods. The results of research showed that freeze dried kumquat slices exhibited the highest L* and h° values and the lowest a*, b* and C* values. Moreover, it was determined that freeze dried kumquat slices had the highest total phenolic (778.79 mg GAE 100 g⁻¹), total flavonoid (151.26 mg CE 100 g⁻¹) and ascorbic acid contents (113.19 mg 100 g⁻¹). On the other hand, the highest total phenolic, total flavonoid and ascorbic acid contents were found in the kumquat slices dried at 60°C among the samples dried by hot air. There were no significant differences between drying methods in terms of antioxidant activities. In conclusion, it is suggested that freeze-drying can be used as an alternative drying method for fruits like kumquat, which is rich in bioactive ingredients.

Keywords: Kumquat, freeze drying, drying temperature, color, phenolic, ascorbic acid

GİRİŞ

Meyve ve sebzeler sağlıklı beslenmenin önemli bileşenleridir ve bunların yeterli ve düzenli miktarda tüketilmesi kanser ve kardiyovasküler hastalıklar gibi bazı önemli hastalıkları önlemeye yardımcı olabilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü ile Gıda ve Tarım Örgütü'nün birleşik raporunda, günlük en az 400 g meyve ve sebze tüketiminin kronik hastalıkların oluşumunu en aza indirmeye yardımcı olabileceği bildirilmiştir [1]. Ancak, ortalama %80 oranında nem içeren meyve ve sebzeler hasattan sonra uygun şekilde muhafaza edilmedikleri zaman, kimyasal, enzimatik ve mikrobiyolojik bozulma reaksiyonları nedeniyle dayanıklılıklarını

kaybederler [2]. Kurutma, meyve ve sebzelerin depolama ömürlerini artırmak için en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Kurutma işleminde ürünün nem içeriği bozulma reaksiyonlarını inaktive edebilecek seviyeye düşürülerek ürünün fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesinin korunması amaçlanmaktadır [3]. Günümüzde gıdaların kurutulmasında, düşük maliyetli olması ve kullanım kolaylığı açısından endüstride en fazla tercih edilen kurutma yöntemi sıcak hava kurutma tekniğidir [4]. Ancak bu yöntemde meyve ve sebzelerin renk, yapı, aroma, lezzet ve besin içeriği gibi özellikleri kurutma sıcaklıklarından olumsuz etkilenebilmektedir [5]. Kurutma yöntemleri arasında dondurarak kurutma işlemi duyuşsal, yapısal ve besin içeriği açısından

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

yüksek kalitede kurutulmuş ürün elde etmek için en iyi yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir [6]. Liyofilizasyon olarak ta bilinen bu yöntemde gıda maddesi içerisindeki su süblimasyon yolu ile uzaklaştırılmaktadır. Dondurarak kurutma sırasında suyun katı halde bulunması ürünün ilk yapısını korumakta ve minimum hacim azalması ile ürünün şekil değişikliğini en aza indirmektedir [7]. Bu yöntemde düşük sıcaklıkların kullanılması nedeniyle ürün içerisindeki vitamin, mineral ve flavonoid gibi ısıya duyarlı biyoaktif bileşenler ve ürünün orijinal halindeki renk ve aroma gibi özellikleri büyük oranda korunmaktadır. Diğer yandan, dondurarak kurutma yönteminin uzun kurutma süresi ve pahalı olması gibi dezavantajları bulunmaktadır [8].

Dünya üzerinde birçok farklı çeşidi bulunan, turunçgillerin küçük mücevheri olarak bilinen kamkat (*Fortunella* spp.) *Rutaceae* ailesinde yer alan bir bitki türüdür. Anavatanı Güney Asya ve Asya-Pasifik olan kamkat hem meyvesi için hem de süs bitkisi olarak uzun zamandır Çin, Japonya, Filipinler ve Güneydoğu Asya ülkelerinde yetiştirilmektedir. Yetiştirildiği ülkelerde “kumquat”, “kin kan”, “kin kit”, “gold orange” gibi isimlerle anılmaktadır [9]. Kamkat meyvesi diğer turunçgil meyvelerinin aksine küçük boyutludur ve kabuğu ile birlikte tüketilebilmektedir. Kabuğu kendine has tipik bir aromaya sahiptir ve şeker oranı pulpuna göre daha yüksektir [10]. Bilimsel çalışmalar, kamkatın askorbik asit, flavonoidler, karotenoidler, uçucu yağ ve diyet lif gibi biyoaktif maddeler açısından zengin olduğunu göstermektedir [11, 12, 13, 14, 15, 16]. Ülkemizde son yıllarda özellikle Ege ve Akdeniz Bölgesi’nde üretim potansiyeli önemli düzeyde artmakta olan kamkat genellikle taze olarak tüketilmekle birlikte, şekerleme, reçel, marmelat, turşu ve alkollü içecek gibi ürünlere işlenebilmekte, bunun yanında salata, pasta ve tatlılarda kullanılmaktadır [17, 18, 19, 20]. Uzak doğu ülkelerinde halk tıbbında kurutulmuş kamkatın öksürük, boğaz ağrısı ve soğuk algınlığı gibi hastalıkların tedavisi için kullanıldığı bildirilmektedir [20]. Literatürde kamkatın kurutulması ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, özellikle dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulmuş kamkatın kalite özellikleri ile ilgili sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Bu nedenle bu çalışmada dondurarak kurutma ve farklı sıcaklık derecelerinde sıcak hava kurutma yöntemi ile kurutulan kamkat dilimlerinin renk değerleri, toplam fenolik, toplam flavonoid, askorbik asit miktarları ile antioksidan aktivitelerinin belirlenerek karşılaştırılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu çalışmada Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü (Antalya, Türkiye) turunçgil bahçelerinden temin edilen “Nagami” çeşidi kamkat meyveleri kullanılmıştır. Meyveler 2019 yılı Ocak ayı içerisinde hasat edilmiştir. Kamkat meyveleri kurutma çalışmaları öncesinde yıkanmış ve paslanmaz çelik bıçaklı dilimleyici yardımıyla silindirik olarak ortalama 5 mm kalınlığında dilimlenmiştir. Hasat edilen meyvelerin başlangıç nem içerikleri ortalama 85.49 g 100 g⁻¹ yaş ağırlık olarak belirlenmiştir.

Metot

Kurutma uygulamaları

Sıcak hava kurutma: Kamkat dilimlerinin sıcak hava ile kurutulmasında laboratuvar ölçekli tepsili sıcak hava kurutma fırını (EKSİS, Isparta, Türkiye) kullanılmıştır (Şekil 1a). Kamkat dilimleri 45×45 cm boyutlarındaki delikli tepsilere tek tabaka şeklinde yerleştirilerek 50°C, 60°C ve 70°C hava sıcaklıklarında ve 1 m s⁻¹ sabit hava hızında kurutulmuştur. Kurutma işlemleri 50°C, 60°C ve 70°C sıcaklıklar için sırasıyla 1200, 425 ve 360 dk (dakika) sürdürülmüştür.

Dondurarak kurutma: Kamkat dilimlerinin dondurarak kurutulmasında Christ Beta 2-8 LD plus model liyofilizatör kullanılmıştır (Şekil 1b). Kurutma işlemi iki aşamada gerçekleştirilmiş olup, ilk aşamada -18°C’de 1.2 mbar basınçta 30 dakika, ikinci aşamada -60°C’de 0.011 mbar basınçta 22 saat süre ile sürdürülmüştür.



Şekil 1. Kamkat dilimlerinin sıcak hava kurutma (a) ve dondurarak kurutma uygulaması (b)
Figure 1. Hot air and freeze drying treatment of kumquat slices

Her kurutma deneyinde yaklaşık 900 g kamkat dilimi kullanılmıştır. Tüm kurutma işlemleri üç tekrarlı olarak, kamkat dilimlerinin nem içeriği yaklaşık %15-16 civarına gelinceye kadar sürdürülmüştür. Kurutulmuş kamkat dilimleri analiz anına kadar kilitli plastik poşetlerde -18°C’de muhafaza edilmiştir.

Nem miktarı

Kurutulmuş kamkat dilimlerinin nem miktarları, birbirini izleyen ağırlık değişimleri sabit olana kadar 70°C’de etüvde kurutmak suretiyle % (yüzde) olarak belirlenmiştir [21].

Renk parametreleri

Kurutulmuş kamkat dilimlerinin yüzey renk ölçümleri Minolta CR 400 (Osaka, Japonya) renk ölçüm cihazı ile 3 tekrarlı olarak yapılmıştır. Ölçümler sonucu örneklerin CIELab sitemine göre L* (parlaklık/koyuluk), a* (kırmızılık/yeşillik) ve b* (sarılık/mavilik) değerleri belirlenmiştir. Renk doygunluğu ve renk yoğunluğunu ifade eden C* (kroma) ve h° (hue açısı) değerleri ise aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanmıştır [22].

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad h^{\circ} = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \times \frac{180}{\pi}$$

Ekstraksiyon prosedürü

Kurutulmuş örneklerin toplam fenolik ve flavonoid miktarlarının belirlenmesinde kullanılmak üzere ekstraksiyon işlemi Chen vd. [23] tarafından uygulanan yöntemle göre bazı değişiklikler yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla kurutulmuş örnekler öğütücü (Retsch Grindomix GM 200) yardımıyla toz haline getirilmiştir. 2 g toz örnek 20 mL %80’lik metanolla orbital çalkalayıcıda 200 rpm hızda 20 saat ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Karışım 4°C’de 4500 rpm hızda 10 dakika santrifüj edilerek, süpernatant kısmı 0.45 µm filtreden geçirilmiştir. Ekstraktlar analizlere kadar -18°C’de muhafaza edilmiştir.

Toplam fenolik miktarı analizi

Kurutulmuş kamkat dilimlerine ait ekstraktların toplam fenolik madde miktarı analizleri Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılarak gerçekleştirilmiştir [24]. Test tüpüne 0.1 mL örnek ekstraktı alınarak hacim distile su ile 1 mL’ye tamamlanmıştır. Ardından 5 mL 0.1 N Folin-Ciocalteu çözeltisi ve 4 mL %7.5’lik sodyum bikarbonat (Na₂CO₃) solüsyonu ilave edildikten sonra karıştırılarak oda sıcaklığında 1.5 saat bekletilmiştir. Karışımın absorbansı 765 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuş ve sonuçlar gallik asit kalibrasyon eğrisinden elde edilen doğru denklemi ile hesaplanarak mg gallik asit

eşdeğeri (GAE) 100 g⁻¹ km (kuru madde) olarak ifade edilmiştir.

Toplam flavonoid miktarı analizi

Örnek ekstraktlarının toplam flavonoid miktarlarının belirlenmesi Zhishen vd. [25] tarafından önerilen yöntemle göre, kateşin standardı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Test tüpüne alınan 1 mL ekstrakt üzerine 4 mL distile su ve 0.30 mL %5’lik NaNO₂ (sodyum nitrit) ilave edilerek karıştırılmıştır. 5 dakika bekleme sonunda 0.60 mL %10’luk AlCl₃ (alüminyum klorür) ilave edilmiş ve karışım 6 dk bekletilmiştir. Süre sonunda 2 mL %4’lük NaOH (sodyum hidroksit) çözeltisi eklenerek, hacim distile su ile 10 mL’ye tamamlanmıştır. Hazırlanan karışımın absorbansı 510 nm dalga boyunda spektrofotometrede belirlenerek, sonuçlar mg kateşin eşdeğeri (CE) 100 g⁻¹ km olarak hesaplanmıştır.

Askorbik asit miktarı analizi

Kurutulmuş örneklerin askorbik asit miktarları yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC-Shimadzu 2030 C 3 d Prominence-i, Japonya) kullanılarak Sdiri vd. [26] tarafından önerilen yöntemle bazı değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. Metafosforik asit (HPO₃) çözeltisi ile ekstrakte edilen örnekler, 6500 rpm hızda 4°C’de 10 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası üst faz 0.45 µm’lik filtreden geçirilerek viallere aktarılmış ve HPLC cihazına verilmiştir. Analiz Inertsil ODS3 C-18 kolon’da (5 µm, 250×4.6 i.d.), 25°C sıcaklıkta yürütülmüştür. Sistemde hareketli faz olarak 0.5 mL dk⁻¹ izokratik akış hızında pH’ı 2.3’e ayarlanmış %2’lik KH₂PO₄ fosfat (potasyum dihidrojen) ve PDA (Photo-Diode Array) dedektör kullanılmıştır. Enjeksiyon hacmi 10 µL ve dalga boyu 243 nm’dir. Tanımlama ve miktar tayini farklı konsantrasyonlarda hazırlanan standart askorbik asit kalibrasyon eğrisi ve bu eğriden elde edilen doğru denklemi ile yapılmıştır. Örneklerin askorbik asit miktarları mg 100 g⁻¹ km olarak verilmiştir.

Antioksidan aktivite

Kurutulmuş örneklerin antioksidan aktivitesi DPPH radikali süpürme aktivitesi yöntemi ile belirlenmiştir [27]. Bu yöntemde 1 mM’lık 600 µL DPPH radikal çözeltisi üzerine farklı hacimlerde örnek ekstraktı eklenerek, hacim saf metanol ile 6 mL’ye tamamlanmış ve 15 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda karışımların absorbans değerleri 517 nm dalga boyunda okunmuştur. Örnek hacimlerine karşılık gelen % inhibisyon değerleri aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanmıştır. DPPH radikalının yarısını inhibe eden etkili ekstrakt

konsantrasyonu olarak tanımlanan EC₅₀ değeri ise % inhibisyon oranından elde edilen doğru denklemi yardımıyla hesaplanarak mg mg⁻¹ km olarak ifade edilmiştir.

Inhibisyon (%)=[(ADPPH–Aekstrakt)/ADPPH]×100

İstatistiksel analiz

Araştırma kapsamındaki kurutma deneyleri tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Analizler sonucu elde edilen verilere SAS istatistik paket programı (Version 6.12, SAS Institute, Cary, NC, ABD) kullanılarak varyans analiz uygulanmış ve önemli ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile P<0.05 düzeyinde karşılaştırılmıştır. Sonuçlar Ortalama ± Standart hata olarak verilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çizelge 1’de farklı kurutma sıcaklıkları ve dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulan kamkat dilimlerinin L*, a*, b*, C* ve h° değerleri yer almaktadır. Tüm renk parametreleri değerleri incelendiğinde, dondurarak kurutulan kamkat dilimleri en yüksek L* ve h° değerleri ve en düşük a*, b* ve C* değerleri sergilemiştir (P<0.05). Dondurarak kurutma ile karşılaştırıldığında tüm kurutma sıcaklıklarında kamkat dilimlerinin L* ve h° değerlerinin daha düşük, a*, b* ve C* değerlerinin ise daha yüksek değerlere sahip olduğu gözlenmiştir. En düşük L* ve h° değeri ile en yüksek a* değeri 70°C ve 60°C’de kurutulan kamkat dilimlerinde tespit edilmiştir. Düşük L* değeri kurutma sıcaklığının etkisiyle Maillard ya da karamelizasyon reaksiyonları sonucu parlaklığın azalması anlamına gelmektedir [28, 29]. Hawlader vd. [30], h° değerlerindeki düşüşün, kahverengileşmenin ve sarılıktan uzaklaşmanın bir göstergesi olduğunu belirtmiştir. h° değerinin 0° olması kırmızı, 90° olması sarı, 180° olması yeşil ve 270° olması mavi renk tonlarını ifade

etmektedir [31]. h° değerinin 90°’in altında olması, turuncu-kırmızı rengin bir özelliğidir ve değer ne kadar düşükse renk o kadar koyudur [4]. a* değerinin pozitif değerlere yaklaşması (+60) ise Maillard reaksiyonu ya da karotenoidler gibi pigmentlerin degradasyonundan kaynaklanabilmektedir [32]. 50°C’de kurutulan kamkat dilimlerinin L*, a* ve h° değerleri dondurarak kurutulan örneklere yakın bir değer sergilemiştir. b* değerinin artması sarılığın artması ve daha az kahverengileşmeye işaret etmektedir [33]. 50°C’de kurutulan örneklerin b* ve C* değerlerinin en yüksek değere sahip olduğu gözlenmiş olup (P<0.05), bu örneklerin daha sarı renkte olduğu söylenebilir. Dondurarak kurutma ile karşılaştırıldığında sıcak hava ile kurutulan örnekler arasında, en iyi renk değerleri 50°C’de kurutulan örneklerde tespit edilmiştir. İzli vd. [29] yaptıkları çalışmada farklı kurutma sıcaklıkları ile kurutulmuş kamkat dilimlerinde L*, a*, b*, C* ve h° değerlerini 39.99-53.48, 14.70-20.90, 34.91-40.63, 40.70-43.21 ve 59.12-70.13 arasında belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda kamkat dilimlerinin farklı sıcaklık derecelerinde kurutulması sonucu en iyi renk değerlerinin 50°C’de kurutma ile sağlandığını rapor etmişlerdir. Kamkat dilimlerinin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulduğu bir diğer çalışmada L* değeri 17.84-59.11, a* değeri 8.60-21.63, b* değeri 26.36-72.19, C* değeri 27.73-75.06 ve h° değeri ise 70.00-74.09 olarak bulunmuştur [32]. Yıldız Turgut ve Bayır Yeğin [34], sıcak havayla ve dondurarak kurutulmuş kamkat tozlarında L*, a*, b*, C* ve h° değerlerini sırasıyla 75.47-87.12, (-)1.36-4.59, 41.91-54.98, 42.13-55.17 ve 84.40-88.37 olarak tespit etmişlerdir. Araştırma kapsamında elde edilen renk değerleri ile literatür değerleri arasındaki farklılıklar hammaddenin çeşidi, ön işlemler, kurutma yöntemi ve koşulları gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır. Kurutulmuş ürünlerde renk bozulmasının başlıca nedenleri enzimatik olmayan esmerleşme, karotenoid kaybı, pigmentlerin parçalanması ve L-askorbik asit oksidasyonudur [35, 36].

Çizelge 1. Dondurarak ve sıcak hava kurutma yöntemleri ile kurutulmuş kamkat dilimlerinin renk değerleri*
Table 1. Color values of kumquat slices dried by freeze-drying and hot air-drying methods*

Kurutma yöntemleri Drying methods		L*	a*	b*	C*	h°
Sıcak hava kurutma Hot air drying	50°C	72.34±0.16b	5.88±0.13b	51.62±0.14a	51.95±0.14a	83.49±0.15b
	60°C	70.16±0.16c	6.13±0.22ab	47.85±0.26b	48.24±0.28b	82.69±0.23c
	70°C	70.13±0.2c	6.52±0.16a	48.60±0.72b	49.08±0.78b	82.36±0.08c
Dondurarak kurutma Freeze drying		76.77±0.25a	3.32±0.12c	46.28±0.39c	46.39±0.39c	85.89±0.20a

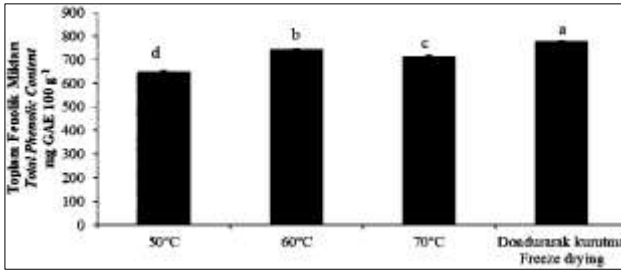
*Aynı sütündeki farklı üstel harfler ortalamalar arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir (P<0.05)

*Different exponential letters in the same column show the statistical difference between means (P<0.05)

Kurutulmuş kamkat dilimlerinin toplam fenolik ve flavonoid miktarları Şekil 2 ve Şekil 3’te yer

almaktadır. Farklı kurutma sıcaklıklarında ve dondurarak kurutulan kamkat dilimlerinin toplam

fenolik miktarı 650.55-778.79 mg GAE 100 g⁻¹, toplam flavonoid miktarı ise 64.32-151.26 mg CE 100 g⁻¹ arasında değişmiştir. Dondurarak kurutulan kamkat dilimlerinin toplam fenolik ve flavonoid miktarı sıcak hava ile kurutulan örneklere göre daha yüksek bulunmuştur (P<0.05). Ramful vd. [37], dondurarak kurutulmuş kamkat pulplarında toplam fenolik miktarını 141.2 ve 169.4 mg 100 g⁻¹ olarak bulmuşlardır. Dondurarak kurutma işlemi düşük sıcaklıklarda gerçekleştiğinden fenolik ve flavonoid gibi ısıya duyarlı bileşiklerin parçalanmasını en aza indirmektedir. Buna ek olarak, bu yöntem fenolik bileşiklerin kurutulmuş üründen ekstrakte edilebilirliğini artırmaktadır. Çünkü gıda matrisi içinde oluşan buz kristalleri, hücresel bileşenlerin çıkışına ve çözücünün girişine izin veren hücre yapısını parçalamaktadır [38]. Sun vd. [39], dört farklı turunçgil türünün toplam fenolik ve flavonoid miktarının dondurarak kurutma yönteminde sıcak hava ve güneşte kurutma yöntemine göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.



Farklı harflere sahip barlar ortalamalar arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir (P<0.05)

Bars with different letters show the statistical difference between means (P<0.05)

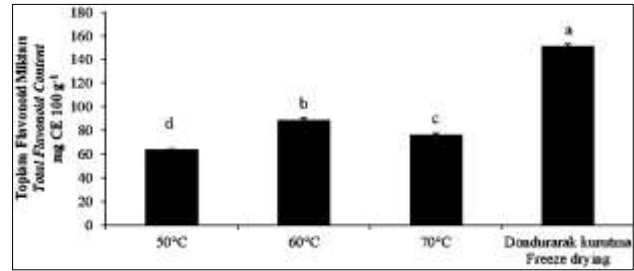
Şekil 2. Dondurarak ve sıcak hava kurutma yöntemi ile kurutulmuş kamkat dilimlerinin toplam fenolik miktarları

Figure 2. Total phenolic contents of kumquat slices dried by freeze-drying and hot air-drying methods

Sıcak hava ile kurutulan örneklerde en yüksek toplam fenolik (742.43 mg GAE 100 g⁻¹) ve flavonoid miktarı (89.22 mg CE 100 g⁻¹) 60°C’de, en düşük toplam fenolik (650.56 mg GAE 100 g⁻¹) ve flavonoid miktarı (64.32 mg 100 g⁻¹) ise 50°C’de kurutulan kamkat dilimlerinde tespit edilmiştir (P<0.05). Bazı fenolik bileşikler ısıya dayanıksızdır ve kurutma sırasında kullanılan yüksek sıcaklıklar ya da uzun süreli kurutma gerektiren düşük sıcaklıklarda parçalanabilir. Garau vd. [40], uzun süren kurutma işleminin portakal atıklarının toplam fenolik içeriğinde azalmayla sonuçlandığını rapor etmişlerdir. Ayrıca düşük kurutma sıcaklıkları oksidatif enzimleri tamamen etkisiz hale getiremeyebilir, bu da fenolik maddelerin

oksidasyonuna neden olarak fenolik kaybı ile sonuçlanabilir [41]. Daha düşük fenolik miktarları ayrıca kurutma sırasında fenoliklerin diğer bileşiklerle (proteinler) bağlanmasının veya fenoliklerin kimyasal yapısındaki değişikliklerle açıklanabilmektedir [42].

Özcan-Sinir vd. [32], 70°C’de sıcak hava ile kurutulan kamkat dilimlerinin toplam fenolik içeriğini 2181.32 mg GAE 100 g⁻¹ km olarak tespit etmişlerdir. Öte yandan İzli vd. [29] tarafından yapılan çalışmada farklı kurutma sıcaklıklarında (50°C, 60°C, 70°C ve 80°C -1.5 m s⁻¹) kurutulan kamkat dilimlerinin toplam fenolik miktarı 304.94-480.12 mg GAE 100 g⁻¹ km arasında tespit edilmiştir. Yıldız Turgut vd. [43] sıcak hava ve dondurarak kurutulmuş kamkat tozlarında toplam fenolik ve flavonoid miktarını sırasıyla 262.75-697.90 mg 100 g⁻¹ km ve 41.08-219.68 mg 100 g⁻¹ arasında bulmuşlardır. Söz konusu literatür değerleri çalışma sonuçlarından farklılık göstermektedir. Bu farklılıkların hammaddenin çeşidi, bileşimi, ön işlemler, kurutma yöntemi ve ekstraksiyon koşullarından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.



Farklı harflere sahip barlar ortalamalar arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir (P<0.05)

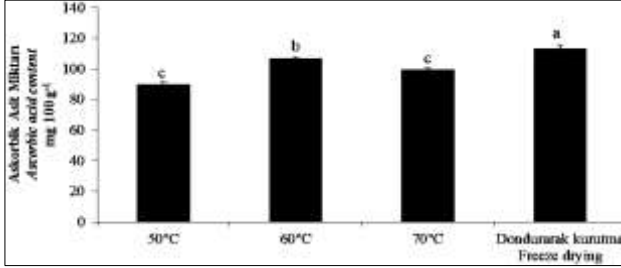
Bars with different letters show the statistical difference between means (P<0.05)

Şekil 3. Dondurarak ve sıcak hava kurutma yöntemi ile kurutulmuş kamkat dilimlerinin toplam flavonoid miktarları

Figure 3. Total flavonoid contents of kumquat slices dried by freeze-drying and hot air-drying methods

Kurutulmuş kamkat dilimlerinin askorbik asit içerikleri Şekil 4’te verilmiştir. Askorbik asit, pH, nem içeriği, oksijen, sıcaklık ve metal iyon katalizi gibi faktörlere bağlı olarak aktivitesini kaybeden değişken bir vitamindir. Bu nedenle askorbik asidin kurutma prosesinde maksimum derecede korunması önemlidir ve bu bileşen kurutulmuş ürünler için önemli bir kalite parametresidir [44]. Dondurarak kurutulmuş kamkat dilimleri sıcak hava ile kurutulmuş kamkat dilimlerine göre en yüksek askorbik asit içeriğine (113.19 mg 100 g⁻¹) sahip olmuştur. (P<0.05). Bu durum dondurarak kurutma sırasındaki düşük sıcaklıktan kaynaklanmaktadır.

Orak vd. [44]'nin yaptıkları çalışmada sıcak hava ile kurutulmuş dağ çileği meyvelerinde askorbik asit bozunmasının, dondurarak kurutulmuş meyvelerinkinden daha yüksek olduğu bulunmuştur.



Farklı harflere sahip barlar ortalamalar arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir ($P < 0.05$)

Bars with different letters show the statistical difference between means ($P < 0.05$)

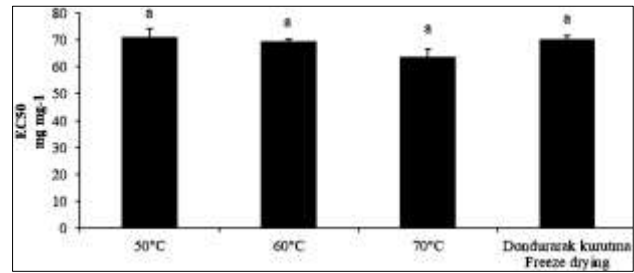
Şekil 4. Dondurarak ve sıcak hava kurutma yöntemi ile kurutulmuş kamkat dilimlerinin askorbik asit miktarları

Figure 4. Ascorbic acid contents of kumquat slices dried by freeze-drying and hot air-drying methods

Sıcak hava ile kurutulan kamkat dilimleri arasında en yüksek askorbik asit içeriği 60°C'de ($106.70 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), en düşük ($90.01 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) ise 50°C'de kurutma sonucu elde edilmiştir. Bu durum 50°C'de kuruma süresinin daha uzun olmasından dolayı daha fazla oksijene maruz kalma sonucu ile ilişkilendirilebilir. Abou-Arab vd. [45], yaptıkları çalışmada sıcak hava ile kurutma sonucu bazı turunçgil kabuklarında askorbik asit kaybının %68.83-78.47 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Tekgül ve Baysal [46] sıcak hava kurutma yönteminin turunçgillerin askorbik asit içeriğine olumsuz etkisinin uzun süren kurutma şartları, yüksek sıcaklıklar ve oksidasyonla ilişkili olabileceğini rapor etmişlerdir. Yıldız Turgut ve Topuz [47] tarafından yapılan çalışmada farklı yöntemlerle kurutulan ön işlemlenmiş ve ön işlemlenmemiş kamkat dilimlerinde askorbik asit içeriği $45.88-281 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Kamkat tozuyla ilgili yapılan bir çalışmada dondurarak ve sıcak hava kurutma sonucu elde edilen kamkat tozlarında askorbik asit içeriği $45.45-163.36 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ olarak belirlenmiştir [43]. Bulgular literatür değerleri aralığındadır.

Kurutulmuş kamkat dilimlerinin DPPH radikali süpürme aktivitesi yöntemi ile belirlenen EC_{50} değerleri Şekil 5'te verilmiştir. Kurutulmuş örneklerin EC_{50} ortalama değerleri $63.71-71.19 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ arasında belirlenmiş olup, kurutma yöntemleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsizdir ($P > 0.05$). Yıldız Turgut vd. [43] dondurarak ve sıcak hava kurutma yöntemleri ile elde edilen kamkat

tozlarında EC_{50} değerlerini $76.16-137.16 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ olarak tespit etmiştir. EC_{50} değeri DPPH radikalının %50'sini gideren konsantrasyon olarak tanımlanmakta, dolayısıyla düşük EC_{50} değeri yüksek antioksidan aktiviteye işaret etmektedir [48]. Bu nedenle çalışmadaki örneklerin antioksidan aktivitesi literatür değerlerinden daha yüksektir. Antioksidan aktivite genellikle antioksidan özellik gösteren fenolik, flavonoid ve askorbik asit gibi bileşenlerle ilişkilendirilmektedir [49]. Dondurarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin diğer örneklerle göre bu bileşenler açısından daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmesine rağmen, 70°C'de kurutulan kamkat dilimlerinin antioksidan aktivitesinin diğer yöntemlere göre bir miktar yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun kurutma sırasında oluşan Maillard reaksiyonu ürünleri ilgili olduğu düşünülmektedir. Maillard reaksiyonu sonucu oluşan bazı ürünlerin antioksidan özelliğe sahip olduğu bildirilmiştir [50, 51].



Farklı harflere sahip barlar ortalamalar arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir ($P < 0.05$)

Bars with different letters show the statistical difference between means ($P < 0.05$)

Şekil 5. Dondurarak ve sıcak hava kurutma yöntemi ile kurutulmuş kamkat dilimlerinin EC_{50} değerleri

Figure 5. EC_{50} values of kumquat slices dried by freeze-drying and hot air-drying methods

SONUÇ

Bu çalışmada dondurarak ve sıcak hava ile kurutulmuş kamkat dilimlerinin toplam fenolik, toplam flavonoid, askorbik asit içerikleri ve renk özellikleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonuçları dondurarak kurutma yönteminin kurutulmuş kamkat dilimi üretiminde oldukça etkili bir yöntem olduğunu göstermiştir. Nitekim bu yöntem ile kurutulan kamkat dilimlerinin renk özellikleri daha iyi, toplam fenolik, toplam flavonoid ve askorbik asit miktarı daha yüksek olarak belirlenmiştir. Sıcak hava ile kurutulan örnekler arasında ise 50°C'de kurutulan kamkat dilimlerinin renk özellikleri bakımından daha iyi, 60°C'de kurutulmuş kamkat dilimlerinin ise toplam fenolik, toplam flavonoid ve askorbik asit miktarı

daha yüksek olarak belirlenmiştir. Kurutma yöntemleri DPPH radikalinin yarısını inhibe eden etkili konsantrasyon olarak tanımlanan EC₅₀ değeri üzerinde istatistiksel olarak aynı etkiyi göstermiştir. Sıcak hava kurutma yönteminde kamkat dilimleri için en uygun kurutma sıcaklığının 60°C olduğu değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, dondurarak kurutma yöntemi pahalı bir yöntem olmasına rağmen, özellikle kamkat gibi biyoaktif bileşen içeriği zengin meyveler için alternatif bir kurutma yöntemi olarak önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü imkânlarıyla yürütülen TAGEM/HSGYAD/17/A03/P06/138 numaralı projenin bir bölümüdür. Desteklerinden dolayı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü ve Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

- Bhatta, S., Stevanovic Janezic, T., Ratti, C., 2020. Freeze-drying of plant-based foods. *Foods* 9(1):87.
- Karam, M.C., Petit, J., Zimmer, D., Djantou, E.B., Scher, J., 2016. Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: a review. *Journal of Food Engineering*, 188:32-49.
- Brasiello, A., Iannone, G., Adiletta, G., De Pasquale, S., Russo, P., Di Matteo, M., 2017. Mathematical model for dehydration and shrinkage: Prediction of eggplant's MRI spatial profiles. *Journal of Food Engineering* 203:1-5.
- Jia, Y., Khalifa, I., Hu, L., Zhu, W., Li, J., Li, K., Li, C., 2019. Influence of three different drying techniques on persimmon chips characteristics: a comparison study among hot-air, combined hot-air-microwave and vacuum-freeze drying techniques. *Food and Bioprocess Processing* 118:67-76.
- Jiang, N., Liu, C., Li, D., Zhang, Z., Liu, C., Wang, D., Niu, L., Zhang, M., 2017. Evaluation of freeze drying combined with microwave vacuum drying for functional okra snacks: antioxidant properties, sensory quality and energy consumption. *LWT-Food Science and Technology* 82:216-226.
- Marques, L.G., Silveira, A.M., Freire, J.T., 2006. Freeze-drying characteristics of tropical fruits. *Drying Technology* 24(4):457-463.
- Ratti, C., 2001. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of Food Engineering* 49(4):311-319.
- Igual, M., Cebadera, L., Cámara, R.M., Agudelo, C., Martínez-Navarrete, N., Cámara, M., 2019. Novel ingredients based on grapefruit freeze-dried formulations: nutritional and bioactive value. *Foods* 8(10):1-14.
- Morton, J., 1987. Kumquat. In: *Fruits of Warm Climates. Creative Resource Systems, Miami, FL, USA*, pp:182-185.
- Chang, Y.C., Lin, T.C., 2020. Temperature effects on fruit development and quality performance of Nagami kumquat (*Fortunella margarita* [Lour.] Swingle). *The Horticulture Journal Preview* pp:1-8.
- Agocs, A., Nagy, V., Szabo, Z., Márk, L., Ohmacht, R., Deli, J., 2007. Comparative study on the carotenoid composition of the peel and the pulp of different citrus species. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 8:390-394.
- Wang, Y.C., Chuang, Y.C., Ku, Y.H., 2007. Quantitation of bioactive compounds in citrus fruits cultivated in Taiwan. *Food Chemistry* 102:1163-1171.
- Schirra, M., Palma, A., D'Aquino, S., Angioni, A., Minello, E.V., Melis, M., Cabras, P., 2008. Influence of postharvest hot water treatment on nutritional and functional properties of kumquat (*Fortunella japonica* Lour. Swingle Cv. Ovale) fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(2):455-460.
- Jayaprakasha, G.K., Murthy, K.C., Etlinger, M., Mantur, S.M., Patil, B.S., 2012. Radical scavenging capacities and inhibition of human prostate (LNCaP) cell proliferation by *Fortunella margarita*. *Food Chemistry* 131:184-191.
- Peng, L., Sheu, M., Lin, L., Wud, C., Chiang, H., Lin, W., Lee, M., Chen, H., 2013. Effect of heat treatments on the essential oils of kumquat (*Fortunella margarita* Swingle). *Food Chemistry* 136:532-537.
- Lou, S.N., Lai, Y.C., Hsu, Y.S., Ho, C.T., 2016. Phenolic content, antioxidant activity and effective compounds of kumquat extracted by different solvents. *Food Chemistry* 197:1-6.
- Choi, H.S., 2005. Characteristic odor components of kumquat (*Fortunella japonica* Swingle) peel oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53:1642-1647.
- Wang, Y.W., Zeng, W.C., Xu, P.Y., Lan, Y.J., Zhu, R.X., Zhong, K., Huang, Y.N., Gao, H.,

2012. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of kumquat (*Fortunella crassifolia* Swingle) peel. *International Journal of Molecular Sciences* 13:3382-3393.
19. Güney, M., Oz, A.T., Kafkas, E., 2015. Comparison of lipids, fatty acids and volatile compounds of various kumquat species using HS/GC/MS/FID techniques. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95(6):1268-1273.
20. Lou, S.N., Lai, Y.C., Huang, J.D., Ho, C.T., Ferng, L.H.A., Chang, Y.C., 2015. Drying effect on flavonoid composition and antioxidant activity of immature kumquat. *Food Chemistry* 171:356-363.
21. Cemeroglu, B., 2007. Gıda analizleri. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara*, 535s.
22. 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.
23. Chen, M.L., Yang, D.J., Liu, S.C., 2011. Effects of drying temperature on the flavonoid, phenolic acid and antioxidative capacities of the methanol extract of citrus fruit (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) peels. *International Journal of Food Science & Technology* 46(6):1179-1185.
24. Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventós, R.M., 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology* 299:152-178.
25. Zhishen, J., Mengcheng, T., Jianming, W., 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry* 64(4):555-559.
26. Sdiri, S., Bermejo, A., Aleza, P., Navarro, P., Salvador, A., 2012. Phenolic composition, organic acids, sugars, vitamin C and antioxidant activity in the juice of two new triploid late-season mandarins. *Food Research International* 49(1):462-468.
27. Cemeroglu, B., 2010. Gıda analizleri. Genişletilmiş 2. Baskı. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No: 34, Bizim Grup Basımevi, Ankara*, 657s.
28. Ghanem, N., Mihoubi, D., Kechaou, N., Mihoubi, N.B., 2012. Microwave dehydration of three citrus peel cultivars: Effect on water and oil retention capacities, color, shrinkage and total phenols content. *Industrial Crops and Products* 40:167-177.
29. Izli, G., Izli, N., Taşkın, O., Yıldız, G., 2018. Convective drying of kumquat slices: Comparison of different drying temperatures on drying kinetics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity. *Latin American Applied Research Journal* 48:37-42.
30. Hawlader, M.N.A., Perera, C.O., Tian, M., 2006. Properties of modified atmosphere heat pump dried foods. *Journal of Food Engineering* 74(3):392-401.
31. Islam, M.Z., Kitamura, Y., Kokawa, M., Monalisa, K., Tsai, F.H., Miyamura, S., 2017. Effects of micro wet milling and vacuum spray drying on the physicochemical and antioxidant properties of orange (*Citrus unshiu*) juice with pulp powder. *Food and Bioprocess Technology* 101:132-144.
32. Ozcan-Sinir, G., Ozkan-Karabacak, A., Tamer, C.E., Copur, O.U., 2019. 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(2):475-484.
33. Darvishi, H., Khoshtaghaza, M.H., Minaei, S., 2014. Drying kinetics and colour change of lemon slices. *International Agrophysics* 28:1-6.
34. Yıldız Turgut, D., Bayır Yeğin, A., 2019. Kamkat tozunun fizikokimyasal özellikleri üzerine kurutma uygulamalarının etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 23(4):477-488.
35. Ghanem Romdhane, N., Bonazzi, C., Kechaou, N., Mihoubi, N.B., 2015. Effect of air-drying temperature on kinetics of quality attributes of lemon (*Citrus limon* cv. *lunari*) peels. *Drying Technology* 33(13):1581-1589.
36. Sherkat, F., Luh, B.S., 1976. Quality factors of tomato pastes made at several break temperatures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 24(6):1155-1158.
37. Ramful, D., Tarnus, E., Aruoma, O.I., Bourdon, E., Bahorun, T., 2011. Polyphenol composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps. *Food Research International* 44:2088-2099.
38. Pacheco, C., García-Martínez, E., Moraga, G., Piña, J., Nazareno, M.A., Martínez-Navarrete, N., 2020. Development of dried functional foods: stabilization of orange pulp powder by addition of biopolymers. *Powder Technology* 362:11-16.
39. Sun, Y., Shen, Y., Liu, D., Ye, X., 2015. Effects of drying methods on phytochemical compounds and antioxidant activity of physiologically dropped un-matured citrus fruits. *LWT-Food Science and Technology* 60(2):1269-1275.
40. Garau, M.C., Simal, S., Rossello, C., Femenia, A., 2007. Effect of air-drying temperature on physico-

- chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. *Canoneta*) by-products. *Food Chemistry* 104(3):1014-1024.
- 41.Mrad, N.D., Boudhrioua, N., Kechaou, N., Courtois, F., Bonazzi, C., 2012. Influence of air drying temperature on kinetics, physicochemical properties, total phenolic content and ascorbic acid of pears. *Food and Bioprocess Processing* 90(3):433-441.
- 42.Martín-Cabrejas, M.A., Aguilera, Y., Pedrosa, M.M., Cuadrado, C., Hernández, T., Díaz, S., Esteban, R.M., 2009. The impact of dehydration process on antinutrients and protein digestibility of some legume flours. *Food Chemistry* 114(3): 1063-1068.
- 43.Turgut, D.Y., Çınar, O., Seçmen, T., 2019. Farklı yöntemlerle elde edilen kamkat (*Fortunella margarita* Swing.) tozlarının fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesi. *Gıda* 44(4):605-617.
- 44.Orak, H.H., Aktas, T., Yagar, H., Isbilir, S.S., Ekinci, N., Sahin, F.H., 2012. Effects of hot air and freeze drying methods on antioxidant activity, colour and some nutritional characteristics of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruit. *Food Science and Technology International* 18(4):391-402.
- 45.Abou-Arab, A.A., Mahmoud, M.H., Abu-Salem, F.M., 2016. Bioactive compounds content of citrus peel as affected by drying processes. *International Journal of Nutrition and Food Engineering* 10(4):240-243.
- 46.Tekgül, Y., Baysal, T., 2018. Comparative evaluation of quality properties and volatile profiles of lemon peels subjected to different drying techniques. *Journal of Food Process Engineering* 41(8):e12902.
- 47.Turgut, D.Y., Topuz, A., 2020. Depolama süresinin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş kamkat dilimlerinin bazı kalite özelliklerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 30(1):44-56.
- 48.Mishra, K., Ojha, H., Chaudhury, N.K., 2012. Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: a critical review and results. *Food Chemistry* 130(4):1036-1043.
- 49.Karadeniz, F., Burdurlu, H.S., Koca, N., Soyer, Y., 2005. Antioxidant activity of selected fruits and vegetables grown in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 29(4):297-303.
- 50.Bressa, F., Tesson, N., Rosa, M.D., Sensidoni, A., Tubaro, F., 1996. Antioxidant effect of Maillard reaction products: Application to a butter cookie of a competition kinetics analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44:692-695.
- 51.Nooshkam, M., Varidi, M., Bashash, M., 2019. The Maillard reaction products as food-born antioxidant and antibrowning agents in model and real food systems. *Food Chemistry* 275:644-660.