

## Dondurarak Kurutulmuş Havuç Dilimlerinin Renk, Rehidrasyon Özellikleri ve Bazı Duyusal Özellikleri Üzerine Farklı Antioksidan Çözeltilerin Etkisi

Buket ERBAY<sup>1\*</sup>, Eda KIVRAK<sup>1</sup>, Hikmet ORHAN<sup>2</sup>, Erdoğan KÜÇÜKÖNER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü / ISPARTA

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyometri ve Genetik Anabilim Dalı / ISPARTA

Alınış tarihi:09.04.2009, Kabul tarihi:13.10.2009

**Özet:** Bu çalışmada dondurarak kurutulmuş havuç dilimlerinin renk ve rehidrasyon özellikleri üzerine farklı antioksidan çözeltilerin etkileri araştırılmıştır. Havuçlar dilimlenip kurutma işlemi öncesinde askorbik asit (AA, % 0.5), sitrik asit (SA, % 0.5) ve 4-heksilresorsinol (4HRS, 100 ppm) antioksidan çözeltilerine daldırılmıştır. Dondurarak kurutma işlemi sonrası ve taze örneklerde havuç dilimlerinin  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  renk değerleri Minolta Kolorimetresi kullanılarak belirlenmiş ve kroma ( $C^*$ ), renk farklılığı ( $\Delta E^*$ ), beyazlık derecesi ( $WI$ ) gibi farklı renk karakteristikleri hesaplanmıştır. Dondurarak kurutma sonrasında renk özelliklerinde meydana gelen değişim duyuşal değerlendirme ile incelenmiştir. Ayrıca dondurarak kurutma sonrasında örneklerin 20 °C 'de göstermiş oldukları rehidrasyon özellikleri de incelenmiştir. Yapılan duyuşal değerlendirme sonucunda AA çözeltisine daldırılan örneklerde ağarma problemi meydana geldiği belirlenmiştir. Buna karşın, SA çözeltisine daldırılan havuç örneklerinin kurutma işlemi sonrasında rengi en iyi şekilde muhafaza ettiği sonucuna varılmıştır. Sertlik, çıtırılık ve şekil özelliklerini ise en iyi AA çözeltisine daldırılmış örneklerin muhafaza ettiği tespit edilmiştir. Dondurarak kurutma işlemi öncesinde havuç dilimlerinin muamele edildiği antioksidan çözeltilerin rehidrasyon özelliği üzerine önemli etkilerinin bulunmadığı ( $p>0.05$ ) gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Dondurarak Kurutma, Havuç, Renk, Rehidrasyon

## The Effect of Different Antioxidant Solutions on Color and Rehydration Properties of Freeze Dried Carrot Slices

**Abstract:** In this study, the effects of different antioxidant solutions on color and rehydration properties of freeze dried carrot slices were investigated. Carrots were sliced and dipped into antioxidant solutions; ascorbic acid (AA, 0.5 %), citric acid (CA, 0.5 %), 4-hexylresorcinol (100 ppm) and control (water) before drying process.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  color values of fresh and freeze dried samples were measured by Minolta Colorimeter and then different color components such as chroma ( $C^*$ ), color differences ( $\Delta E^*$ ) and whiteness index ( $WI$ ) were calculated. Changes in the color properties of freeze dried samples were evaluated by sensory analysis. Rehydration properties at 20 °C of dried samples also were also determined. After sensory analysis, the highest color conservation was determined in the samples treated with citric acid after drying process. Although there was a blanching problem on the surface of samples treated with ascorbic acid, stiffness, crispiness and shape properties were better in these samples when compared with the others. It was determined that there was no significant ( $p>0.05$ ) effect of antioxidant treatment before freeze drying on rehydration properties of carrot slices.

**Keywords:** Freeze Drying, Carrot, Color, Rehydration

### Giriş

Meyve ve sebzelerin kurutularak muhafaza edilmesi ilk çağlardan bu yana kullanılan eski bir muhafaza metodudur. Ürün için daha uzun raf ömrü, ürün çeşitliliği ve hacimde meydana gelen azalma meyve ve sebze ürünlerinde kurutma işleminin önemini arttıran sebeplerin başında gelmektedir (Fan vd., 2005; Vadivambal ve Jayas, 2007; Koca vd., 2007). Kurutularak muhafaza edilen hemen tüm sebzeler yüksek rehidrasyon özellikleri ile makarna, pizza, pide gibi gıdalar için kullanıma hazır (instant) materyal teşkil etmektedir (Sanjuan vd., 1999; Bestard vd., 2001; Krokida ve Philippopoulos, 2005).

Endüstriyel kuru ürün kalitesini, özellikle sıcaklığa hassas meyve ve sebze ürünlerinin kalitesini, öncelikli olarak son nem içeriği ve kimyasal parçalanma reaksiyonlarının azaltılması oluşturmaktadır. Ürün yapısı, renk, kitle yoğunluğu ve çıtırılık gibi özellikleri ile de tüketici beğenisini karşılamalıdır. Kurutulmuş ürünlerden beklenen tüm bu özellikleri, seçilen kurutma öncesinde ve

sonrasında uygulanan işlemler ile kurutma metodu etkilemektedir (Saravacos, 1993; Koca vd., 2007; Rico vd., 2007). Güneşte kurutma, kabin tipi kurutucularda kurutma, mikrodalga kurutma, ozmotik dehidrasyon, sprey kurutma, dondurarak kurutma ve akışkan yatak kurutucularda kurutma yaygın olarak tercih edilen kurutma çeşitleridir (Marques vd., 2006).

Dondurarak kurutma işleminde gıdada bulunan su gıdadan sublimasyon yolu ile uzaklaştırılmaktadır. Dondurarak kurutma işlemi gıdada sıvı halde su bulunmamasını ve düşük sıcaklıkları gerektirmektedir. Böyle koşullarda mikrobiyal ve diğer bozulmalar durdurulduğu için son üründe yüksek kalite sağlanmaktadır. Diğer kurutma yöntemleri ile kıyaslandığında dondurarak kurutma birçok üstünlüğe sahiptir. Öncelikli olarak dondurarak kurutulmuş gıdanın besin kalitesi önemli oranda korunmakta (Ratti, 2001; Marques vd., 2006), kurutulmuş ürünlerde meydana gelen olumsuz tekstürel değişimler, ağırlık ve aroma kayıpları

\*bukete@mmf.sdu.edu.tr

minimumuna indirilmiş olmakta, pazarlamada etkin bir role sahip olan renk değişimleri de en az miktarda meydana gelmektedir. Ayrıca dondurarak kurutma yöntemi ile, kullanıma hazır (instant) kurutulmuş ürünlerin göstermesi gereken yüksek rehidrasyon özelliğine sahip ürünler elde edilmektedir. Tüm bunlar göz önüne alındığında, dondurarak kurutma yöntemi sıcaklığa hassas ürünler için en ideal kurutma yöntemlerinden biridir. Özellikle ticari açıdan çok değerli olan kurutulmuş havuç, mantar, biber ve çilek gibi hassas ürünler için istenen kalitenin korunması açısından büyük öneme sahiptir. Ancak diğer metotlar ile kıyaslandığında daha yüksek maliyet ve daha uzun kuruma süresi gerektiren bir yöntem olduğu görülmektedir (Kumar vd., 2001; Ratti, 2001; Fan vd., 2005; Marques vd., 2006).

Son zamanlarda diyet ile alınan meyve ve sebze miktarlarında artış görülmüştür. Çalışmalar zengin antioksidan içerikleri ile birçok meyve ve sebzelerin başta kanser olmak üzere önemli hastalıkların gelişimini engellediğini göstermiştir (Bushway, 1986; Temple ve Gladwin, 2003; Yeh ve Yen, 2005). Özellikle havuç zengin karotenoid içeriği ile yüksek antioksidan özelliğe sahip sebzelerin başında gelmektedir. Ayrıca havuç lif ve yine antioksidan özelliğe sahip E vitamini, C vitamini ve kumarik asit, klorojenik asit, kafeik asit gibi fenolik maddeler açısından da zengin bir sebzedir (Yeh ve Yen, 2005; Yen vd., 2008).

Tüm kurutulmuş ürünlerde olduğu gibi havuçta da kurutma işlemi ile bazı kimyasal ve fiziksel değişimler meydana gelmektedir. Karotenoidler ısı, ışık, oksijen ve enzimler gibi faktörlere maruz kaldığında kolaylıkla oksidasyona uğrayabilmektedir. Yapılan bir çalışmada dondurarak kurutulmuş havuç dilimlerinden elde edilen karotenoid tozunun hunter *L*, *a*, *b* değerleri incelenmiştir. Depolama süresine ve artan sıcaklığa bağımlı olarak *a* değerinin önemli değişim göstermediği belirtilmiştir (Tang ve Chen, 2000). Yapılan başka bir çalışmada ise Yen vd. (2008) havuçta meydana gelebilecek esmerleşme reaksiyonlarını ve diğer olumsuz değişimleri engellemek amacıyla örnekler farklı antioksidan çözeltilere daldırılarak alternatif yardımcı işlemler uygulanabileceğini vurgulamıştır.

Kurutulmuş ürün kalitesini etkileyen bir diğer özellik hızlı ve yeterli rehidrasyon özellikleridir. Rehidrasyon kapasitesini kurutma koşulları başta olmak üzere, uygulanan ön işlemler, tekstürel karakteristikler gibi birçok farklı özellik etkilemektedir (Sulaeman vd., 2001).

Seçilen kurutma metodunun havuç örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi hem kurutulmuş ürün kalitesi açısından, hem de kurutulmuş ürünün kullanılabilirliği ikincil ürünün kalitesi açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışmada dondurarak kurutulmuş havuç dilimlerinin renk özellikleri üzerine farklı antioksidan çözeltilerin etkisi incelenmiştir. Kurutma işlemi ile havuç dilimlerinin başta renk değerlerinde meydana gelen değişim olmak üzere, rehidrasyon özelliklerinde meydana gelen değişim de ortaya konmuştur. Ayrıca kullanılan antioksidan

çözeltilerin havuç dilimlerinin duyu özellikleri üzerine etkisi de yapılan duyu analiz ile tespit edilerek yorumlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Çalışmada materyal olarak kullanılan havuç Isparta yöresinde yerel pazardan temin edilmiştir ve kurutma işlemine kadar 1 gün süre ile +4 °C'de bekletilmiştir. Kurutma işlemi öncesinde havuçlar yıkanmış, soyulmuş ve paslanmaz çelik dilimleme aleti kullanılarak 0.5 cm kalınlığında dilimlenmiştir. Dilimlenen örnekler, derişimleri ön denemeler ile belirlenmiş farklı antioksidan çözeltilere daldırılmak amacıyla antioksidan çözeltiler ve eşit sürede saf suya daldırılan kontrol örnekleri olmak üzere 4 gruba ayrılmıştır. Antioksidan çözeltiler olarak askorbik asit (AA, %0.5 v/w), sitrik asit (SA, %0.5 v/w) ve 4-heksilresorsinol (4HRS, 100 ppm), çözeltileri kullanılmıştır. Eşit miktarda dilimlenmiş havuç örnekleri çözeltilere 15 dakika süre ile daldırılmıştır. Kontrol grubu olarak da eşit miktarda örnek 15 dakika deiyonize su içinde bekletilmiş ve dilimlerin yüzeyindeki su uzaklaştırılmıştır. Dondurma ve kurutma aşamalarından oluşan dondurarak kurutma işleminde, örnekler 24 h süre ile derin dondurucuda (-20 °C) dondurulmuş ve ardından laboratuvar tipi dondurarak kurutma cihazında (Virtis K2 Benchtop SLC, USA) kurutulmuştur.

### Kurutma İşlemi

Dondurulmuş havuç dilimleri %7 nem seviyesine kadar dondurarak kurutulmuştur. Kurutma işlemi 100 mtorr basınç altında ve -65 °C kondenser sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Dondurarak kurutulmuş havuç dilimleri cam kavanozlarda +4 °C'de muhafaza edilmiştir.

### Nem Değerinin Belirlenmesi

Nem değeri tespiti için, havuç örnekleri 70 °C sıcaklıktaki kurutma fırında 24h süre ile bekletilmiş ve bu süre sonunda sabit ağırlığa eriştiklerinde ağırlıkları tespit edilmiştir. (Lavelli vd., 2007).

### Renk Özelliklerinin Belirlenmesi

Örneklerin renk karakteristikleri Markowski vd. (2006) tarafından tanımlanan yöntem ile belirlenmiştir. Dondurarak kurutulmuş havuç dilimlerinin renk analizi Conica Minolta CR 400 serisi renk ölçer ile 2 paralel ve 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Her dilimin üç farklı noktasından ölçüm yapıp ortalaması alınmış ve *L*\*, *a*\*, *b*\* renk değerleri belirlenmiştir.

Belirlenen renk özellikleri ile renk değişimi ( $\Delta E^*$ ), renk yoğunluğu (kroma, *C*\*) ve beyazlık indeksi (*WI*) gibi renk karakteristikleri hesaplanmıştır ve aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılmıştır (Cisneros-Zevallos vd., 1997; Baysal vd., 2003; Markowski vd., 2006).

$$\Delta E^* = [(L^* - L^*_{taze})^2 + (a^* - a^*_{taze})^2 + (b^* - b^*_{taze})^2]^{1/2}$$

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

$$WI = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$$

### Rehidrasyon Özelliklerinin Belirlenmesi

Örneklerin rehidrasyon özelliği Singh vd. (2006) tarafından belirtilen yöntem ile tespit edilmiştir.

Rehidrasyon özellikleri, tüm gruplar için 2 paralel ve 3 tekerrürlü olarak belirlenmiş olup, örnekler sıcaklığı 20° C olan ve 150 ml su içeren erlenler içerisinde, 20 °C ‘deki su banyosunda 3 saat süre ile bekletilmiştir. Başlangıçta ve 0.5 saat ara ile havuç dilimleri tartılarak ağırlık değişimi tespit edilmiştir (Singh vd., 2006).

### Duyusal Değerlendirme

Çalışmada örnekler 7 panelistin Nitel Tanımlama Analiz Metodu ile duyusal olarak değerlendirilmiştir (Lawless ve Heymann, 1999). Örnekler beyaz köpük tabaklarda sunulmuş olup, 3 farklı antioksidan çözeltilere daldırılmış örnek grupları ve kontrol grubu örnekleri rast gele kodlanmıştır. Panel lideri tarafından araştırma, materyal, metot ve duyusal analiz konusunda panelistlere bilgi verilmiş ve istenen özellikleri 0-10 puan aralığında kodlamaları istenmiştir. Değerlendirme öncesi panel lideri tarafından tanımlayıcı kelimeleri içeren duyusal analiz formu oluşturulmuş ve bu form tüm panelistlerce tartışılmıştır. Form, panelistlerin istekleri doğrultusunda yeniden geliştirilmiştir. Hazırlanan duyusal analiz formunda renk, şekil, tekstür ve genel kabul edilebilirlik özellikleri değerlendirilmiştir (Lawless ve Heymann, 1999).

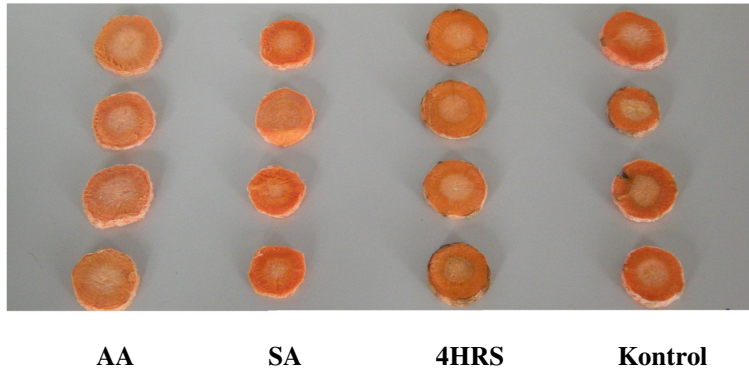
### İstatistiksel Analizler

Araştırmada, örneklerin renk ve rehidrasyon özellikleri için varyans homojenlik testleri yapılmış olup, sonuçlar homojen bulunduğu için ortalamaların karşılaştırılmasında parametrik test olan varyans analizi uygulanmıştır. İstatistiksel olarak önemli derecede farklı bulunan gruplar arasındaki ikili karşılaştırmalar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. Değişkenler arasındaki doğrusal ilişkinin önemlilik düzeyini test etmek için korelasyon katsayıları tahmin edilmiştir. Duyusal analiz puanlamalarının karşılaştırılmasında ise Kruskal-Wallis testi kullanılmış olup, farklı bulunan duyusal özellikler için gruplar arası ikili karşılaştırmalarda Mann Whitney-U testi uygulanarak analiz sonuçları yorumlanmıştır. İstatistiksel analizlerde SAS 8.0 paket programı kullanılmıştır (Orhan vd., 2004).

### Bulgular ve Tartışma

Araştırmada kontrol grubu ve 3 farklı antioksidan çözeltilere (4HRS, SA ve AA) daldırılmış havuç dilimleri dondurarak kurutulduktan sonra renk değerleri, rehidrasyon özellikleri ve duyusal özellikleri değerlendirilmiştir.

Farklı antioksidan çözeltilere daldırılmış ve dondurarak kurutulmuş havuç örneklerinin resimleri Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Farklı Antioksidan Çözeltilere Daldırılmış ve Dondurarak Kurutulmuş Havuç Örnekleri

Kurutulmuş ürünlerde renk karakteristikleri en önemli örneklerine ait renk değerleri Çizelge 1.’de özetlenmiştir. kalite kriterlerinden biridir. Kurutulmuş havuç

Çizelge 1. Taze ve Dondurarak Kurutulmuş Havuç Örneklerinde Meydana Gelen Renk Değişimi (ortalama±standart hata).

|     | P*    | TAZE<br>( $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ ) | KONTROL<br>( $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ ) | AA<br>( $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ ) | SA<br>( $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ ) | 4HRS<br>( $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ ) |
|-----|-------|---------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| L*  | 0.000 | 51.90 <sup>d</sup> ±0.99              | 68.72 <sup>b</sup> ±1.43                 | 72.97 <sup>a</sup> ±0.78            | 67.44 <sup>b</sup> ±2.05            | 61.62 <sup>c</sup> ±0.82              |
| a*  | 0.123 | 25.44 <sup>b</sup> ±0.75              | 28.15 <sup>ab</sup> ±1.60                | 25.82 <sup>ab</sup> ±0.62           | 28.32 <sup>ab</sup> ±1.39           | 29.59 <sup>a</sup> ±1.08              |
| b*  | 0,065 | 42.31 <sup>b</sup> ±0.76              | 44.50 <sup>ab</sup> ±3.32                | 41.18 <sup>b</sup> ±1.01            | 46.94 <sup>ab</sup> ±1.97           | 49.55 <sup>a</sup> ±1.40              |
| ΔE* | 0.102 | -                                     | 82.52 <sup>a</sup> ±1.10                 | 83.76 <sup>a</sup> ±1.07            | 82.74 <sup>a</sup> ±1.07            | 79.92 <sup>ab</sup> ±0.66             |
| C*  | 0.067 | 49.37 <sup>b</sup> ±1.75              | 52.66 <sup>ab</sup> ±3.65                | 48.63 <sup>b</sup> ±0.53            | 54.83 <sup>ab</sup> ±2.33           | 57.71 <sup>a</sup> ±1.75              |
| WI  | 0.010 | 31.05 <sup>bc</sup> ±0.66             | 38.75 <sup>ab</sup> ±3.86                | 44.34 <sup>a</sup> ±0.074           | 36.21 <sup>bc</sup> ±2.90           | 30.68 <sup>c</sup> ±1.87              |

\*:Varyans analizi önemlilik düzeyleri; a-d: aynı satırda aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında önemli farklılık gözlenmemiştir (P>0.05).

Taze havuç dilimleri ile kurutulmuş havuç dilimleri karşılaştırıldığında tüm grupların kurutma işlemi ile L\*

değeri önemli derecede değişim (p<0.05) göstermiştir. Şekilde 1.’de de görüldüğü üzere, AA çözeltilisine

daldırılmış örneklerde ağarma problemi ile karşılaşmıştır. Bu nedenle AA çözeltilisine daldırılan havuç dilimlerinin  $L^*$  değeri kontrol grubuna ve taze havuç dilimlerine kıyasla önemli ölçüde farklı ( $p<0.05$ ) bulunmuştur. Rocculi vd. (2007) esmerleşmeyi engelleyici maddelerin patates dilimlerinde ki fizyolojik etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada belirlediğimiz sonuçlara benzer olarak, AA ve SA çözeltilerinin dilim yüzeyinde ağarma problemine neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Belirtildiği üzere AA çözeltilisine daldırılan havuç dilimlerinde meydana gelen ağarma bu örneklerde  $L^*$  değerinin ve beyazlaşma indeksinin ( $WI$ ) diğer gruplara göre daha yüksek olmasına neden olmuştur. 4HRS çözeltilisine daldırılan havuç dilimleri  $L^*$  değeri de kontrol grubu örneklerinden ve taze havuç dilimi örneklerinden önemli bir farklılık göstermektedir ( $p<0.05$ ). Ancak SA çözeltilisine daldırılmış olan örneklerin  $L^*$  değerinin taze örneklerin  $L^*$  değerine göre farklı ( $p<0.05$ ) iken kontrol grubu örneklerinin  $L^*$  değerleri arasında önemli bir farklılık olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ).

Örneklerin  $a^*$  (yeşil-kırmızı) ve  $b^*$  (sarı-yeşil) renk değerleri açısından gruplar arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Gruplar  $a^*$  ve  $b^*$  renk özellikleri için taze örnekler ile karşılaştırıldığında, sadece 4HRS çözeltilisine daldırılmış olan örneklerin  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri istatistikî olarak önemli derecede farklı görülmüştür ( $p<0.05$ ).

Diğer önemli renk karakteristiklerinden toplam renk farklılığı ( $\Delta E^*$ ) taze havuç dilimleri ile kurutulmuş havuç dilimleri arasındaki renk farklılığını, kroma ise doygunluk derecesini ifade etmektedir. Her iki özellik açısından da gruplar arasında önemli derecede farklılık tespit edilmezken ( $p>0.05$ ), sadece AA çözeltilisine daldırılmış

örneklerin  $C^*$  değerleri 4HRS çözeltilisine daldırılmış örneklerden önemli farklılık taşıdığı görülmektedir ( $p<0.05$ ). Çalışmada örnek grupları arasında  $WI$  değerlerindeki farklılığın önemli olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Beklendiği üzere, AA çözeltilisine daldırılmış örneklerin  $WI$  değerinin SA ve 4HRS çözeltilerine daldırılmış olan örneklerin  $WI$  değerinden istatistikî olarak önemli farklılık göstermiştir ( $p<0.05$ ).

Yapılan araştırmada elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı antioksidan çözeltilere daldırılmış havuç dilimlerinin dondurarak kurutulması sonucunda renk karakteristiklerinde meydana gelen değişimler arasında korelasyon katsayıları tahmin edilmiştir (Çizelge 2). Havuç dilimlerinin  $L^*$  değeri ile  $WI$  arasında,  $a^*$  değeri ile  $b^*$  ve  $C^*$  değerleri arasında çok önemli seviyede ve pozitif yönlü ( $\alpha=0.01$ ;  $r>0$ );  $L^*$  değeri ile  $\Delta E^*$  arasında ise önemli seviyede ve pozitif yönlü korelasyon ( $\alpha=0.05$ ;  $r>0$ ) bulunduğu görülmektedir. Ayrıca  $b^*$  değeri ile  $WI$  arasında,  $C^*$  ile  $WI^*$  arasında çok önemli seviyede ve negatif yönlü ( $\alpha=0.01$ ;  $r<0$ );  $a^*$  değeri ile  $WI$  arasında ise önemli seviyede ve negatif yönlü ( $\alpha=0.05$ ;  $r<0$ ) korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

Örneklerin aralarında pozitif yönlü korelasyon bulunan  $L^*$ ,  $WI$  ve  $\Delta E^*$  değerleri incelendiğinde, AA çözeltilisine daldırılmış örneklerin en yüksek  $L^*$  (72.97) değerine ve dolayısıyla en yüksek  $WI$  (44.34) ile  $\Delta E^*$  (83.76) değerlerine sahip olduğunu görmekteyiz. Benzer şekilde en düşük  $L^*$  (61.62) değerine sahip olan 4HRS çözeltilisine daldırılmış olan örneklerin, en düşük  $WI$  (30.68) ve  $\Delta E^*$  (79.92) değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Yine aralarında pozitif korelasyon bulunan  $a^*$ ,  $b^*$  ve  $C^*$  değerleri incelendiğinde de, her üç özellik için 4HRS çözeltilisine daldırılmış olan örnekler en yüksek değere sahiptir ( $a^*= 29.59$ ,  $b^*= 49.55$  ve  $C^*= 57.71$ ).

**Çizelge 2.** Farklı Muamele Grupları İçin Renk Karakteristikleri Arasındaki Korelasyon Katsayılarının Tahmin Edilmesi.

|              | $L^*$   | $a^*$   | $b^*$    | $\Delta E^*$ | $C^*$    | $WI$     |
|--------------|---------|---------|----------|--------------|----------|----------|
| $L^*$        | 1.000   | 0.022   | -0.155   | 0.644*       | -0.112   | 0.813**  |
| $a^*$        | 0.022   | 1.000   | 0.878**  | -0.132       | 0.932**  | -0.527*  |
| $b^*$        | -0.155  | 0.878** | 1.000    | -0.148       | 0.992**  | -0.697** |
| $\Delta E^*$ | 0.644*  | -0.132  | -0.148   | 1.000        | -0.149   | 0.342    |
| $C^*$        | -0.112  | 0.932** | 0.992**  | -0.149       | 1.000    | -0.668** |
| $WI$         | 0.813** | -0.527* | -0.697** | 0.342        | -0.668** | 1.000    |

\*:  $p<0.05$ ; \*\*:  $p<0.01$

Aralarında negatif korelasyon olduğu belirtilen özellikler için ise, en yüksek  $b^*$  ve  $C^*$  değeri taşıyan 4HRS çözeltilisine daldırılmış olan örneklerin ( $b^*= 49.55$  ve  $C^*= 57.71$ ), en düşük  $WI$  (30.68) değerine sahip olduğu söylenebilmektedir. Benzer şekilde gruplar arasında en düşük  $b^*$  ve  $C^*$  değeri taşıyan AA çözeltilisine daldırılmış örnekler ise ( $b^*=41.18$ ,  $C^*=48.63$ ) en yüksek  $WI$  değerine ( $WI= 44.34$ ) sahiptir.

Sulaeman vd. (2001) yaptıkları çalışmada havuç cipsinin renk karakteristiklerini incelemişler ve benzer şekilde haşlama ile önemli bir değişim meydana gelmediğini, sonrasındaki kızartma işlemine yağın özelliklerine bağlı olarak değerlerin değiştiğini belirtmişlerdir. Ancak Markowski vd. (2006) farklı havuç çeşitlerini sıcak hava ile kurutmuşlar ve kurutulmuş tüm çeşitler için renk karakteristiklerinde önemli değişim gözlemlediklerini

vurgulanmışlardır. Bu durum sıcak hava ile kurutmanın dondurarak kurutma ile karşılaştırıldığında havuç çeşitlerinin renk karakteristiklerini daha çok etkilediğini göstermektedir. Patras vd. (2009) da havuç püresinin renk karakteristiklerinin yüksek sıcaklık uygulamalarından etkilendiğini belirtmiştir. Markowski vd. (2006) kurutulmuş havuçların  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $\Delta E^*$ ,  $\Delta h^*$  değerinin azaldığını belirtmiştir. Baysal vd. (2003) havuç dilimlerinin kalitesi üzerine farklı kurutma yöntemlerinin etkilerini incelemişler. Sıcak hava ile kurutulmuş örneklerin  $b$  değerleri hariç,  $L$ ,  $a$ ,  $\Delta E$  ve  $\Delta C$  değerlerinin

taze örneklerle göre önemli miktarda değişmediği belirtilmiştir.

Kurutulmuş gıdaların önemli kalite karakteristiklerinden bir diğeri de hızlı ve tamamen rehidre olabilme kapasitesinin göstergesi olan Rehidrasyon Katsayısıdır (RK). Örneklerin 20 °C'de göstermiş oldukları RK' ları arasında önemli fark tespit edilmemiştir ( $p>0.05$ ) ve sonuçlar Çizelge 3.'te verilmiştir. Tüm örnekler için rehidrasyon özellikleri ilk 0.5 h içinde önemli artış göstermiş ( $p<0.05$ ), daha sonraki 3 h sürecine rehidrasyon hızlarında önemli bir değişim gözlenmemiştir ( $p>0.05$ ).

**Çizelge 3. Dondurarak Kurutulmuş Havuç Dilimlerinin Rehidrasyon Katsayıları.**

| Zaman (saat) | KONTROL(RK)<br>( $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ ) | AA (RK)<br>( $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ ) | SA (RK)<br>( $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ ) | 4HRS (RK)<br>( $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ ) |
|--------------|--|--|--|--|
|              | P*   | .000                                     | .000                                     | .000                                       |
| 0            | öd 0.1000 <sup>d</sup> ±0.000                | 0.1000 <sup>b</sup> ±0.000               | 0.1000 <sup>b</sup> ±0.000               | 0.1000 <sup>c</sup> ±0.000                 |
| 0.5          | öd 0.4511 <sup>c</sup> ±0.004                | 0.4447 <sup>a</sup> ±0.026               | 0.4780 <sup>a</sup> ±0.023               | 0.4759 <sup>a</sup> ±0.002                 |
| 1            | öd 0.4686 <sup>b</sup> ±0.003                | 0.4641 <sup>a</sup> ±0.028               | 0.4913 <sup>a</sup> ±0.017               | 0.4940 <sup>a</sup> ±0.009                 |
| 1.5          | öd 0.4737 <sup>b</sup> ±0.002                | 0.4646 <sup>a</sup> ±0.022               | 0.4964 <sup>a</sup> ±0.017               | 0.4977 <sup>a</sup> ±0.011                 |
| 2            | öd 0.4755 <sup>b</sup> ±0.004                | 0.4670 <sup>a</sup> ±0.024               | 0.4873 <sup>a</sup> ±0.012               | 0.4785 <sup>a</sup> ±0.003                 |
| 2.5          | öd 0.4942 <sup>a</sup> ±0.001                | 0.4740 <sup>a</sup> ±0.029               | 0.4918 <sup>a</sup> ±0.014               | 0.4097 <sup>b</sup> ±0.043                 |
| 3            | öd 0.4956 <sup>a</sup> ±0.000                | 0.4767 <sup>a</sup> ±0.026               | 0.5015 <sup>a</sup> ±0.017               | 0.5128 <sup>a</sup> ±0.010                 |

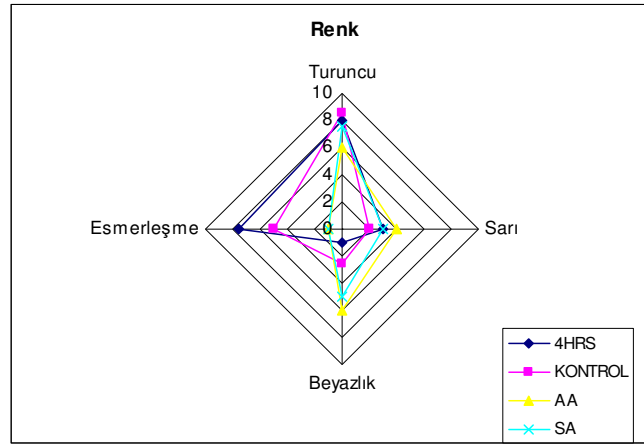
RK: Rehidrasyon Katsayısı (mg nem/mg KM);  $\pm$  standart hata.

\*: varyans analizi önemlilik düzeyleri; a-d: aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı farklılık gözlenmiştir ( $P<0.05$ ); Her bir satırda tahmin edilen ortalamalar arasında önemli derecede farklılık bulunamamıştır ( $P>0.05$ ).

Çalışmada elde edilen sonuçlar ile benzer şekilde Singh vd. (2006) sitrik asit ve potasyum metabisülfid çözeltilerinin patates dilimlerinin rehidrasyon özelliği üzerine etkili olmadığını belirtmiştir. Kumar vd. (2001) dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş havuç ve balkabağının fizikokimyasal özelliklerini karşılaştırmışlar. Dondurarak kurutulmuş havuçların benzer şekilde hızlı rehidrasyon özelliğine sahip olduğunu belirtmişler. Meda ve Ratti (2005) dilimlenmiş ve dondurarak kurutulmuş çileklerin rehidrasyon özelliklerini belirlemişler ve 2 dakikadan daha kısa süre içinde rehidre olduklarını belirtmişlerdir. Curry vd. (2006) sodyum klorür çözeltilerinin dondurarak kurutulmuş havuç dilimlerinin rehidrasyon özelliğini etkilediğini, ayrıca konsantrasyonunun da rehidrasyon hızı üzerine etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Örneklerde yapılan duyusal değerlendirme sonucunda kantitatif değerlendirmeler ile elde edilen verilere paralel

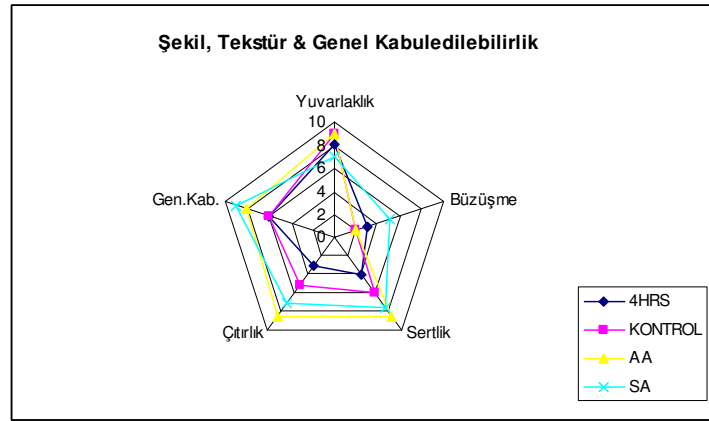
sonuçlara varılmıştır. 4HRS çözeltisine daldırılan örnekler ve kontrol grubu örneklerindeki turuncu renk miktarının diğer gruplara göre önemli derecede fazla olduğu ( $p<0.05$ ), ancak bu örneklerde diğer gruplara göre önemli miktarda esmerleşme meydana geldiği belirlenmiştir (Şekil 2). Turuncu renk miktarının SA çözeltisine daldırılmış örneklerde AA çözeltisine daldırılmış örneklerle oranla daha fazla miktarda olduğu ( $p<0.05$ ) ve AA çözeltisine daldırılmış örneklerde ise ağarma meydana geldiği tespit edilmiştir. Esmerleşme derecelerinin duyusal olarak değerlendirilmesinde ise 4HRS ve kontrol grubu örneklerinin diğer örnek gruplarından önemli derecede farklı olduğu gözlenmiştir ( $p<0.05$ ) (Şekil 2). Sarı renk miktarı incelendiğinde AA ve SA çözeltisine daldırılan örneklerde en yüksek oranda olduğu belirlenmiştir. Örneklerin duyusal değerlendirme sonucunda elde edilen renk verileri Şekil 2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Dondurarak Kurutulmuş Havuç Örneklerinin Renk Özelliklerinin Duyusal Analiz ile Değerlendirilmesi

Kurutulmuş havuç örneklerinin şekil özellikleri değerlendirildiğinde AA çözeltisine daldırılmış havuç dilimlerinin ve kontrol grubunun yuvarlak şeklini en iyi

muhafaza ettiği, SA çözeltisine daldırılmış örneklerde ise büzüşme meydana geldiği saptanmıştır ( $p<0.05$ ).



Şekil 3. Dondurarak Kurutulmuş Havuç Dilimlerinin Şekil ve Tekstür Özellikleri ile Genel Kabuledilebilirlik Özelliklerinin Duyusal Analiz ile Değerlendirilmesi

Tekstürel özelliklerin duyusal olarak değerlendirilmesi sonucunda ise tüm muamele gruplarının sertlik ve çıtırılık özellikleri bakımından birbirinden önemli derecede farklı olduğu görülmüştür ( $p<0.05$ ). AA çözeltisine daldırılmış örneklerin sertlik ve çıtırılık özelliklerini en iyi muhafaza ettiği tespit edilmiştir. Duyusal analiz ile SA ve AA çözeltilerine daldırılan örneklerin genel kabul edilebilirliklerinin diğer örneklerden daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin duyusal değerlendirme sonucunda elde edilen şekil, tekstür ve genel kabul edilebilirlik verileri Şekil 3.'te gösterilmiştir.

Rocha vd. (2007) küp şeklinde dilimledikleri elmayı askorbik asit, sitrik asit, kalsiyum klorid çözeltilerine daldırılmışlar ve kalitesi üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. Elde ettiğimiz sonuçlar ile benzer şekilde, yapılan duyusal analiz sonucunda AA çözeltisine daldırılan örneklerin renk ve tekstürel özellikleri daha iyi muhafaza ettiklerini belirtmişlerdir. Ergun ve Kösetürkmen (2008) dilimlenmiş havuçlarda farklı konsantrasyonlarda salisilik asit ve jasmonik asitin fizikokimyasal özellikler üzerine etkilerini

araştırmışlardır. Kullandığımız 3 çözeltiden farklı olarak her iki asidin de havucun tekstürel özellikleri üzerine önemli bir etkisi bulunmadığını belirtmişlerdir. Sulaeman vd. (2006) farklı yağ ve sıcaklıklarda kızartılan havuç örneklerinin fizikokimyasal ve duyusal özelliklerini araştırmışlardır. Haşlanıp soğutulan havuç dilimlerini sodyum metabisülfid çözeltisine daldırdıktan sonra kanola, palm ve kısmen hidrojene edilmiş soya yağında 3 farklı sıcaklık derecesinde (165 °C, 175 °C, 185 °C) kızartmışlardır. Çalışmada sıcaklık derecesinin kimyasal özellikler üzerine etkili olduğu, ancak yağ çeşidinin sadece tüm renk özelliklerini etkilediği belirtilmiştir. Yapılan duyusal analizde yağ çeşidinin tekstürel özellikleri ve genel kabul edilebilirliği de etkilemediği ifade edilmiştir.

## Sonuç

Kurutulmuş gıdalarda renk değişiminin korunması istenen en önemli kalite kriterlerinden biridir. Dondurarak kurutma pahalı bir sistem olmasına rağmen rengi iyi bir



şekilde muhafaza etmektedir. Çalışmada kurutma işlemi ile birlikte tüm örnekler için özellikle  $L^*$  değerinde önemli bir artış olmuştur. İncelenen  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin ise özellikle SA ve 4HRS örneklerinde önemli seviyede artmıştır. Ayrıca açıkça görülmektedir ki, kurutulmuş gıdalarda rengi korumak amacıyla antioksidan çözeltilerin kullanımı önemli derecede etkili olmaktadır.

Dondurarak kurutulmuş gıdalardan beklenen bir diğer özellik ise, hızla ve etkin bir şekilde rehidre olabilme özelliğidir. Ürünün rehidrasyon özelliği süreklilik, teknolojik işlevsellik ve duyuşsal özellikler gibi farklı birçok değeri etkilemektedir. Çalışmada elde edilen veriler dondurarak kurutulmuş havuç dilimlerinin hem hızlı, hem de etkili bir şekilde rehidre olabildiğini, ancak değerlendirilen antioksidan çözeltilerin rehidrasyon özelliği üzerine etkili olmadığını göstermiştir. SA ve 4HRS çözeltilerine daldırılan örneklerinin eşit sürelerde daha yüksek rehidrasyon katsayısına sahip olduğu ve daha hızlı rehidre olabildiği belirlenmiştir. AA çözeltilisine daldırılan örnekler, renk ve tekstür özellikleri ile duyuşsal değerlendirme sonucunda istenen özellikleri iyi bir şekilde muhafaza ettiği tespit edilmiştir. Buna karşın, bu örneklerin diğer gruplara kıyasla daha düşük rehidrasyon katsayısına sahip olduğu belirlenmiştir.

Yapılan çalışmada, uygulanan antioksidan çözeltiler dondurarak kurutulmuş havuç dilimlerini farklı şekillerde etkilemişlerdir. İncelenen tüm özellikler göz önüne alındığında SA çözeltilisinin gerek renk ve rehidrasyon özelliklerini, gerekse duyuşsal özellikleri en iyi şekilde muhafaza ettiği belirlenmiştir. Yapılan duyuşsal değerlendirmede genel kabul edilebilirlik açısından SA çözeltilisine daldırılan örneklerin en çok beğenildiği, ancak sertlik ve çıtırılık özellikleri bakımından AA çözeltilisine daldırılan örneklerin daha yüksek puan aldığı belirlenmiştir. Bu nedenle renk ve rehidrasyon özelliklerinin yanı sıra tekstürel özelliklerinin de iyileştirilmesi amacıyla, SA çözeltisi ile birlikte belirli miktarda AA çözeltisi kullanımı önerilebilir.

## Kaynaklar

Baysal, T., İçer, F., Ersus, S., Yıldız, H. 2003. Effects of Microwave and Infrared Drying on the Quality of Carrot and Garlic. *European Food Research and Technology*, 218: 68-73.

Bestard, M.J., Sanjuan, N., Rossello, C., Antoni, M., Femeenia, A. 2001. Effect of Storage Temperature on the Cell Wall Components of Broccoli (*Brassica oleracea L. Var. Italica*) Plant Tissues during Rehydration. *Journal of Food Engineering*, 48: 317-323.

Bushway, R.J. 1986. Determination of  $\alpha$ - and beta-Carotene in Some Raw Fruits and Vegetables by High-Performance Liquid Chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 34: 409-412.

Cisneros-Zevallos, L., Saltveit, M.E., Krochta, J.M. 1997. Hygroscopic Coatings Control Surface White Discoloration of Peeled (Minimally Processed) Carrots During Storage. *Journal of Food Science*, 62 (2): 363-366.

Curry, J.C., Burns, E.E., Heidelbajgh, N.D. 2006. Effect of Sodium Chloride on Rehydration of Freeze-Dried Carrots. *Journal of Food Science*, 41(1): 176 – 182.

Ergun, M., Kösetürkmen, N. 2008. Jasmonik ve Salisilik Asit Uygulamalarının Rendelenmiş Taze Havuç Kalitesi Üzerine Etkileri. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12 (1): 49-55.

Fan, L.P., Zhang, M., Mujumdar, A.S. 2005. Vacuum Frying of Carrot Chips. *Drying Technology*, 23: 645–656.

Koca, N., Burdurlu, H.S., Karadeniz, F. 2007. Kinetics of Colour Changes in Dehydrated Carrots. *Journal of Food Engineering*, 78: 449–455.

Krokida, M.K., Philippopoulos, C. 2005. Rehydration of Dehydrated Foods. *Drying Technology*, 23: 799-830.

Kumar, H.S.P., Radhakrishna, K., Nagawu, P.K., Rao, D.V. 2001. Effect of Combination Drying on the Physico-Chemical Characteristics of Carrot and Pumpkin. *Journal of Food Processing Preservation*, 25: 447- 460.

Lavelli, V., Zanoni, B., Zaniboni, A. 2007. Effect of Water Activity on Carotenoid Degradation in Dehydrated Carrots. *Food Chemistry*, 104: 1705–1711.

Lawless, H.T., Heymann, H. 1999. *Sensory Evaluation of Food, Principles and Practices*. Editorial Services: Ruth Bloom, Library of Congress, ISBN:0-8342-1752-X, 827, Gaithersburg, Maryland.

Markowski, M., Stankiewicz, I., Zapotoczny, P., Borowska, J. 2006. Effect of Variety on Drying Characteristics and Selected Quality Attributes of Dried Carrots. *Drying Technology*, 24: 1011-1018.

Marques, L.G., Silveira, A.M., Freire, J.T. 2006. Freeze-Drying Characteristics of Tropical Fruits. *Drying Technology*, 24: 457–463.

Meda, L., Ratti, C. 2005. Rehydration of Freeze-Dried Strawberries at Varying Temperatures. *Journal of Food Process Engineering*, 28 (3): 233 – 246.

Orhan, H., Efe, E., Şahin, M., 2004. SAS Yazılımı ile İstatistiksel Analizler. ISBN: 975-270-435-2, Isparta.

- Patras, A., Brunton, N., Pieve, S.D., Butler, F., Downey, G. 2009. Effect of Thermal and High Pressure Processing on Antioxidant Activity and Instrumental Colour of Tomato and Carrot Purées. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10(1): 16-22.
- Ratti, C. 2001. Hot Air and Freeze Drying of High Value Foods: A Review. *Journal of Food Engineering*; 49: 311-319.
- Rico, D., Marti'n-Diana, A.B., Barat, J.M., Barry-Ryan, C. 2007. Extending and Measuring the Quality of Fresh-Cut Fruit and Vegetables: A Review. *Trends in Food Science and Technology*, 18: 373-386.
- Rocculi, P., Galindo, F.G., Mendozac, F., Wadsö, L., Romania, S., Rosa, M.D., Sjöholm, I. 2007. Effects of the Application of anti-Browning Substances on the Metabolic Activity and Sugar Composition of Fresh-cut Potatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 43: 151-157.
- Rocha, A.M.C.N., Brochado, C.M., Morais, A.M.M.B. 2007. Influence of Chemical Treatment on Quality of Cut Apple (*Cv. Jonagored*). *Journal of Food Quality*, 21(1): 13-28.
- Sanjuan, N., Simal, S., Bon, J., Mulet, A. 1999. Modelling of Broccoli Stems Rehydration Process. *Journal of Food Engineering*, 42: 27-31.
- Saravacos, G.D. 1993. Technological Developments in Fruit and Vegetable Dehydration. In: G. Charalambous, Editor, *Food Flavor, Ingredients and Composition*, Elsevier Science, 389-404.
- Singh, S., Raina, C.S., Bawa, A.S., Saxena, D.C. 2006. Effect of Pretreatments on Drying and Rehydration Kinetics and Color of Sweet Potato Slices. *Drying Technology*, 24: 1487-1494.
- Sulaeman, A., Steve, L.K., Taylor, L., Giraud, D.W., Driskell, J.A. 2001. Carotenoid Content, Physicochemical, and Sensory Qualities of Deep-Fried Carrot Chips as Affected by Dehydration/Rehydration, Antioxidant, and Fermentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 3253-3261.
- Sulaeman, A., Keler, L., Giraud, D.W., Taylor, S.L., Wehling, R.L., Driskell, J.A. 2006. Carotenoid Content and Physicochemical and Sensory Characteristics of Carrot Chips Deep-Fried in Different Oils at Several Temperatures. *Journal of Food Science*, 66 (9): 1257-1264.
- Tang, Y.C., Chen, B.H. 2000. Pigment Change of Freeze-Dried Carotenoid Powder During Storage. *Food Chemistry*, 69: 11-17.
- Temple, N.J., Gladwin, K.K. 2003. Fruit, Vegetables and the Prevention of Cancer Research Challenges. *Nutrition*, 19 (5): 467 - 470.
- Vadivambal, R., Jayas, D.S. 2007. Changes in Quality of Microwave-Treated Agricultural Products- A Review. *Biosystems Engineering*, 98: 1-16.
- Yeh, C.T., Yen, G.C. 2005. Effect of Vegetables on Human Phenolsulfotransferases in Relation to their Antioxidant Activity and Total Phenolics. *Free Radical Research*, August, 39 (8): 893-904.
- Yen, Y.H., Shih, C.H., Chang, C.H. 2008. Effect of Adding Ascorbic Acid and Glucose on the Antioxidative Properties During Storage of Dried Carrot. *Food Chemistry*, 107: 265-272.