

ÖN İŞLEM VE DEPOLAMA KOŞULLARININ PORTAKAL KABUĞU KAROTENOİDLERİNİN STABİLİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ*

EFFECTS OF PRETREATMENTS AND STORAGE CONDITIONS ON THE STABILITY OF ORANGE PEEL CAROTENOIDS

İnci ÇINAR¹, A. Sinan ÇOLAKOĞLU

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

ÖZET: Karotenoidlerin ticari değerleri rengin stabilitesiyle yakından ilgilidir. Bu önemleri itibarıyla çalışmamız enzimatik yolla elde edilen karotenoid pigmentlerin farklı ön işlemler ve depolama koşulları altındaki stabilitesini araştırmayı amaçlamıştır. Karotenoid pigmentlerce zengin olması sebebiyle meyve suyu sanayi atık ürünü olan portakal kabukları hammadde olarak seçilmiş, kabukların bir kısmı direkt, diğer kısmı da ön işlemlerden (haşlama, % 0.2 Na-bisülfite uygulaması veya haşlama+% 0.2 Na-bisülfite uygulaması) sonra ekstrakte edilmiştir. Elde edilen pigmentler 4 °C, 25 °C (ışıkta ve karanlıkta) ve 40 °C'de depolanmıştır.

Enzimatik yolla elde edilen pigmentlerin stabilitesi solventle ekstrakte edilen pigmentlere göre daha yüksek bulunmuştur. Ön işlemler ise pigment kaybına neden olmuştur. %50 pigment kaybına ulaşılan süre olarak ifade edilebilecek olan yarılanma süresi, 4 °C'de depolanan örneklerden direkt ekstrakte edilende 78 gün, haşlama uygulananda 27 gün, Na-bisülfite uygulananda 31 gün ve haşlama+Na-bisülfite uygulananda ise 30 gün olarak belirlenmiştir.

Çalışmamız son yıllarda önem kazanan karotenoidlerin endüstriyel ölçeklerde üretilerek doğal renk maddesi olarak gıdalarda kullanılabilirliğinin araştırılması açısından bir ön aşama olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Portakal kabuğu, karotenoid, depolama, stabilite.

ABSTRACT: Carotenoids, being colorful pigments with colors ranging from yellow to red, are important in food industry providing both lipophilic and hydrophilic groups, provitamin A activity and anticarcinogenic properties.

The commercial value of carotenoids is closely related to the color stability. Therefore, this work aims to study the stability of enzyme extracted carotenoid pigments under different processing and storage conditions. Orange peels from the wastes of fruit juice production were used as a potential rich source of pigments. Orange peel samples were either directly extracted or pretreatments of blanching, 0.2% sodium-bisulfite solution or combinations of these two were applied. Extracted pigments were stored at 4 °C, 25 °C (under light and dark) and 40 °C.

Stability of enzyme extracted pigments were higher than that of solvent extracted whereas pretreatments were resulted in pigment loss. Half-life, defined as the time corresponding 50% loss of pigments, of the samples stored at 4 °C was 78 days in directly extracted, 27 days in blanched, 31 days in Na-bisulfite treated and 30 days in the combination of the last two.

This work can be considered as a preliminary study on the industrial scale production and potential usage of the carotenoid pigments as fully natural food coloring agent in food systems.

Key Words: Orange peel, carotenoid, storage, stability.

GİRİŞ

Karotenoidler renkleri sarıdan kırmızıya kadar değişen renk pigmentleridir. Karotenoidlerin renk maddesi olarak kullanılmalarının son yıllarda artış göstermesi, tamamen doğal olup bol bulunmaları, toksik olmayışları, hem yağda hem de suda çözünen grupları içermeleri, provitamin A aktivitesi göstermeleri, antikanserojen ve antioksidan özellikleri gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır.

* Türkiye 8. Gıda Kongresinde sunulmuştur.

¹ E-posta: icinar@ksu.edu.tr

Günümüzde sertifikalı gıda renk maddeleri üzerindeki sınırlamalar doğal karotenoid renk maddelerinin üretim metodlarına ilgiyi artırmaktadır. Doğal renk maddesi kullanımının en büyük avantajı ise sertifikalı olması gerekmemesi, gıdaya katımında herhangi bir miktar sınırlamasının olmaması ve sadece 'renk maddesi' ibaresi ile etikette belirtilebilmesidir. Pigmentlerin homojen ve stabil olarak endüstriyel ölçekte üretilmesi büyük önem taşımaktadır. Yüksek kaliteli pigmentler ise margarin, tereyağı, salata sosları, yumurtalı ürünler, unlu mamuller, makarna, peynir, dondurma, yoğurt, balık ürünleri ve meyve jöleleri gibi çok geniş yelpazedeki gıda ürünlerinde kullanım olanaklarına sahip olacaktır.

En yaygın şekilde pigmentler solvent ekstraksiyonu ile elde edilip daha çok karotenoid miktarı ve çeşidinin belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Kullanılan solventin tipi ise hammaddeye, prosteşte uygulanan işlemlere, karotenoid kompozisyonuna ve istenen ekstraksiyon derecesine göre değişmektedir. Yaygın olarak kullanılan solventler benzen, petrol eter, karbondisülfid, kloroform, etanol, metanol ve asetonur (Britton ve vd 1995). Pigmentlerin suda az çözünmesi ve ısı, ışık ve oksijen varlığında stabilitelerinin düşük oluşu nedeniyle ticari olarak üretimleri oldukça zahmetli ve yüksek maliyetlidir. Hatta asidik ve bazik koşullar bile bazı karotenoidler için uygun değildir. Enzimler ve özellikle lipoksijenaz da karotenoidler üzerine etkilidir. Bu sebeple pigmentler korunmazlarsa degradasyon, izomerizasyon ve oksidasyon reaksiyonları ile kayba uğrarlar (Giddings vd 1983).

Literatürde portakal kabuğu karotenoidlerinin ekstraksiyonu ile ilgili bazı metotlardan söz edilmektedir. Ting ve Hendrickson (1969) aseton ekstraksiyonu kullanmış ancak pigmentlerin aldol kondensasyonu ile keton türevlerine dönüşümü bir olumsuzluk olarak tespit edilmiştir. Kew ve Berry (1970) saponifikasyonla hekzan ekstraksiyonu kullanarak kolay bir yöntem geliştirmişse de yüksek orandaki hekzan atıkları problem teşkil etmiştir. Wilson ve Shaw (1977) kesintisiz bir sistemi jel kromatografi tekniği ile geliştirmişlerdir. Rosenberg vd (1983) portakal kabuğunun d-limonen ile ekstraksiyonu üzerinde çalışarak pigmentleri vakum altında elde etmişlerdir. Ancak bu basit uygulama d-limonenin kaynama noktasının yüksek oluşu ve oksidasyona duyarlılığı gibi dezavantajlar taşımaktadır. Pactual vd (1993) ince tabaka kromatografisi ile karotenoidlerin izolasyonunu sağlamışlardır. Sumida vd (1999) satsuma mandalinası pigmentlerini santrifüj yoluyla elde etmeyi denemişlerdir. Lee vd (2001) ise şeker portakalından pigmentleri HPLC ile ayırırken hekzan, aseton ve etanol kullanmışlardır.

Karotenoidler doğal formlarında hücre içinde proteinlere zayıf bağlarla tutunmuş durumdadır. Protein-karotenoid interaksiyonu pigmenti oksidasyon, degradasyon ve izomerizasyon gibi reaksiyonlardan korur. Bu açıdan solvent ekstraksiyonundaki genel olumsuzluk protein-karotenoid kompleksinin (karotenoprotein) zarar görerek pigment stabilitesini olumsuz yönde etkilemesidir. Enzim ekstraksiyonu ise konuya yeni bir bakış açısı olarak gündeme gelmiştir. Aravantos-Zafiris vd (1992) ilk olarak portakal kabuğu maserasyonunda enzim kullanarak hekzan yardımıyla pigmentleri elde etmişlerdir. Enzim ekstraksiyonunda total sıvılaştırma için hem selülitik ve hem de pektolitik enzimlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu enzimlerle hücre duvarı büyük ölçüde parçalanmakta, kromoplast içinde ve hücre içi sıvısında bulunan karotenoproteinler serbest kalmaktadır. (Fennema 1985, Bassi vd 1993).

Enzim ekstraksiyonu solvent ekstraksiyonuna göre daha stabil karotenoproteinler elde etse de pigmentlerin depolama süresince gösterecekleri stabilite son ürünün renk ve kalitesi bakımından önem taşımaktadır. Karotenoidlerdeki degradasyonu sadece ürünün rengini değil aynı zamanda besleyici değeri ve aromasını da etkilemektedir.

Portakal kabuğu karotenoid içeriği ve çeşitliliği yüksek bir kaynaktır. Doğada 300'ü aşkın karotenoidin 115'i turuncgillerde bulunmaktadır. Bununda %70'i kabuğun flavedo tabakasındaki plastidlerde bulunmaktadır (Bauernfeind 1981). Portakal kabuğu çok ucuz bir hammadde olup, meyve suyu sanayi atıklarının da etkili bir şekilde kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Meyve suyu endüstrisinde meyve ağırlığının yaklaşık olarak %50'sinin atık olduğu düşünülürse pigment eldesi bu atıkların değerlendirilmesinde önemli rol oynamaktadır (Aravantos-Zafiris 1992).

Bu bakımdan çalışmamızın amacı alternatif bir pigment ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen pigmentlerin değişik ön işlemler vedepolama koşulları altındaki stabilitelerini belirlemektir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Portakallar yerel marketten alındı. Ticari pektinaz ve selüloz Sigma firmasından, hekzan Baxter Health Care firmasından ve Celite filtre toprağı Fluka Chemical şirketinden sağlandı.

Ön işlemler

Portakallar yıkandı ve kabukları soyuldu. Renksiz albedo kısmı bir tel fırça yardımıyla ayrılarak kabuklar olabildiğince küçük parçalara doğrandı ve tartıldı. Kabuk parçaları destile su ilavesiyle blenderde homojen hale getirildi. Ön işlemler olarak haşlama, %0.2 Na-bisülfite uygulaması ve haşlama + %0.2 Na-bisülfite kombinasyonu denendi. Portakal kabuğu parçaları haşlamada kaynayan destile su içine daldırılıp 2 dak, Na-bisülfite uygulamasında %0.2'lik Na-bisülfite oda sıcaklığında daldırılıp 5 dak tutuldu. Haşlama + Na-bisülfite kombinasyonunda ise aynı işlemler sırasıyla tekrarlandı.

Pigment Ekstraksiyonu

Ön işlemler uygulanarak 200 ml destile su ile homojenize edilen 100 g portakal kabuğu beher içinde ticari 2.5 ml pektinaz ve 2 g selüloz enzimleri ilave edilerek Corning PC 351 model manyetik karıştırıcıda 24 saat süreyle karıştırılarak bekletildi. Selit (Celite) filtre toprağı bir porselen filtrasyon hunisi üzerinde hazırlanarak ön işlemlerden geçirilip enzim uygulanmış portakal kabuklarını içeren karışım vakum altında filtre edildi. Filtre toprağı üzerinde tutulan karotenoid pigmentler %95'lik etanol ile yıkanarak ayrıldı. Etanol içinde elde edilen karotenoid pigmentler su ilavesinden sonra rotary evaporatör yardımıyla etanolden ayrılarak su içinde elde edildi.

Stabilite Testleri

Pigment ekstraktları stabilite testleri için Perkin-Elmer marka spektrofotometrede analiz edildi. Işığın, sıcaklığın ve ön işlemlerin pigment stabilitesi üzerine etkileri çalışıldı. Depolama öncesinde su içindeki örnekler küçük cam şişelere konarak karanlık koşullar şişenin alüminyum folyo ile sarılmasıyla sağlandı. Işığın etkisi için şişedeki örnekler 100w'lık aydınlatma gücüne sahip floresan ışık altında tutuldu. Sıcaklığın etkisini araştırmak için örnekler 25 °C , 4 °C ve 40 °C'lerde saklandı. Absorbans ölçümleri için 1ml örnek 45ml hekzanla karıştırılıp faz ayrılmasından sonra pigment içeren kısmının absorbansı 450 nm'de ölçülerek kıyaslamalar için % renk içeriği olarak ifade edildi.

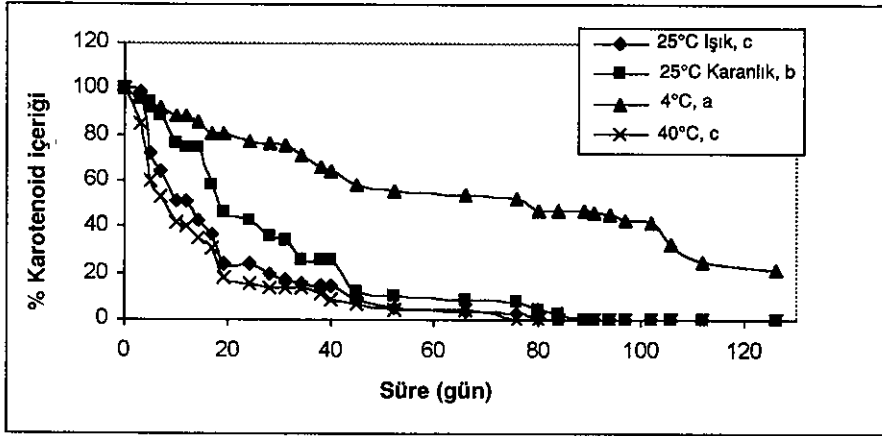
İstatistik Analiz

İstatistik analiz için deneysel sonuçlara şansa bağlı bloklar deneme planı ile ANOVA (Analysis of variance) testi uygulandı. Değişken olarak sıcaklıklar ve %renk içeriği kullanıldı, uygulamalar arasındaki fark ise Least Significant Difference (LSD) testi ile tespit edildi.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Ön işlemlerden geçen ve direkt ekstrakte edilmiş örneklerin değişik depolama koşulları altında stabilitesi üzerinde çalışılmıştır. Şekil 1'de görüldüğü gibi, direkt ekstrakte edilen örneklerin renk içeriği 4 °C'de depolananda 120gün sonunda %21.50'e düşerken, 25 °C'de ışık ve karanlıkta ve 40 °C'de saklananlarda renk sırasıyla 84, 89 ve 76 günde tamamen kaybolmaktadır. 4 °C ve 25 °C'de karanlıkta depolanan örnekler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p < 0.05$).

Birçok araştırmacı solventle ekstrakte edilen karotenoid pigmentlerin stabilitesinin saatlerle veya en çok birkaç günle sınırlı olduğunu ifade etmiştir. Örneğin Craft (1992) *b*-karotenin 10 gün oda sıcaklığında depolamada rengini %68 oranında kaybettiğini belirtmiştir. Sanchez-Moreno vd (2003) ise 4 °C'deki 10 günlük depo-



Şekil 1. Direkt ekstrakte edilen portakal kabuğu örneklerinin farklı depolama koşullarındaki karotenoid içerikleri (veri etiketindeki farklı harfler istatistiksel olarak farklıdır).

lamada karotenoid pigmentlerin %20.5 kayba uğradığını gözlemlemiştir. Kıyaslama yapıldığında enzim ekstraksiyonu ile elde edilen karotenoid pigmentlerin solvent ekstraksiyonuyla elde edilenlerden daha stabil olduğu görülmektedir. Bu bulgular Pesek ve Warthesen (1988) ile Kopas-Line ve Warthesen (1995) tarafından da desteklenmektedir. Tsimidou ve Tsatsaroni (1993) safran pigmentlerinin yarılanma ömürlerini 40 °C'de sadece 59 saat ve 4 °C'de 32 gün olarak belirlemiştir. Yine Pesek ve Warthesen (1987) havuç suyunda 4 °C'de ışık altında depolamada 4 gün içinde karotenoid kaybının %25 olduğunu tespit etmiştir. Enzim ekstraksiyonu ile elde edilen pigmentler ise aynı koşullar altında renklerini %94.08 oranında muhafaza etmişlerdir.

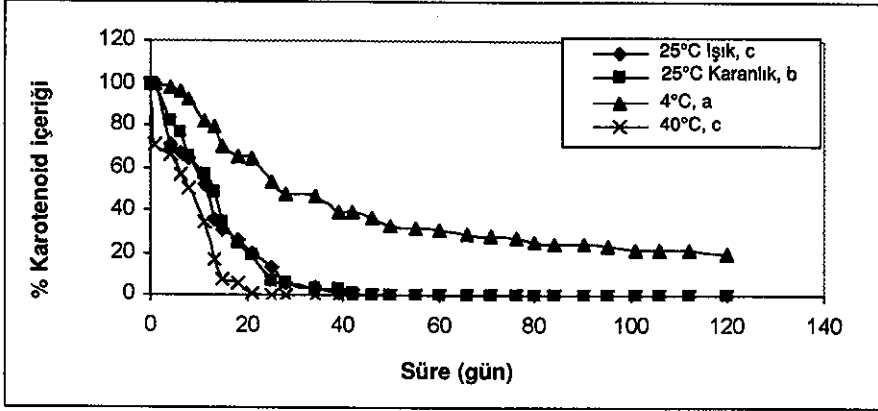
Literatürde suyun pigment oksidasyonunda oluşan serbest radikaller üzerindeki koruyucu etkisinden bahsedilmiştir. Labuza vd (1970) serbest radikallerin miktarının suyla olan interaksiyonlarla büyük oranda düşürüldüğünü saptamıştır. Suyun pigment otooksidasyonu üzerindeki koruyucu etkisi Shau ve Breene (1972) Ramakrishnan ve Francis (1979) Arya vd. (1979) ve Lee vd. (1992) tarafından da desteklenmiştir. Enzim ekstraksiyonu ile elde edilen pigmentlerin stabilitesinin daha yüksek oluşu bir ölçüde bu özellikten de kaynaklanmaktadır.

Pigment degradasyonu, izomerizasyonu ve oksidasyonu üzerine etkili bir diğer faktör de ışıktır. Işığın pigmentin rengi üzerine olumsuz etkisi Najar vd (1988) tarafından çalışılmıştır. Bu bulgular da çalışma sonuçlarımızı desteklemektedir.

Karotenoidlerin renklerinin enzim etkisiyle açıldığı bilinmektedir. Bu açıdan örnekler haşlama işlemi uygulanarak muhtemel lipoksijenaz ve peroksidad aktiviteleri engellenmiştir. Haşlama ayrıca dokunun yumuşamasını da sağladığından pektinaz ve selüloz enzimlerinin daha etkin çalışmasına da yardımcı olmuştur.

Şekil 2 haşlama uygulanmış örneklerin stabilize çalışmalarını özetlemektedir. 4 °C'de depolanmış örneklerin renk içeriği 120 gün sonunda %19.68 iken 25 °C ışıktaki depolanan örnek rengin tamamını 42 günde 25 °C karanlıkta depolanan 46 günde ve 40 °C'de depolananlar da 25 günde kaybetmiştir. İstatistiksel olarak ışık ve karanlıkta depolanan pigment stabilitesi üzerine etkisi bakımından önemli bir farklılık göstermemekte ancak 4 °C ve 40 °C örneklerinin farklı olduğu görülmektedir.

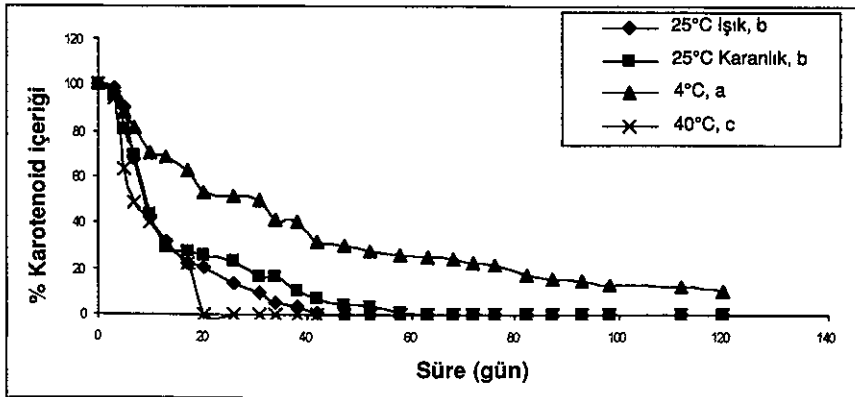
Direkt ekstrakte edilen örneklerle kıyaslandığında genel olarak haşlama olumsuz etki göstermektedir. Singleton vd (1961) ananasta depolama süresince karotenoid miktarının değişmediğini ancak *trans* formdan daha az renkli *cis* forma dönüşümlerin söz konusu olduğunu vurgulamışlardır. Chandler ve Schwartz (1988) ise tatlı patateslerin 100 °C'de 2-10 dak haşlanması karoten miktarını %4-11.9 artırdığını belirtmişlerdir. Rahman ve Buckle (1981) ise *b*-karotenin 12 aylık depolama süresince haşlama uygulanmamış biber örneklerinde uygulananlara göre daha yüksek olduğunu bulmuşlardır.



Şekil 2. Haşlama uygulanan portakal kabuğu örneklerinin farklı depolama koşullarındaki karotenoid içerikleri (veri etiketindeki farklı harfler istatistiksel olarak farklıdır).

Farhangi ve Valadon (1981) ise her bir karotenoidin haşlama işlemine değişik tepki verdiğini örneğin ne-oksantin violaksantin ve flavoksantin miktarları haşlama ile azalırken lutein ve zeaksantin miktarları artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Portakal kabuğu da %44 oranında violaksantin içerdiğinden haşlama pigment miktarında azalmaya ve rengin açılmasına neden olmaktadır. %1.2 oranındaki lutein ve %0.8 zeaksantin rengin stabilitesinin korunmasında yeterli olmamaktadır. Woolfe (1979) ise portakal kabuğu yağının pigment üzerinde koruyucu bir etkisi olduğunu ve bu yağın haşlama sıcaklığında parçalanarak etkisinin kalmadığını savunmuştur.

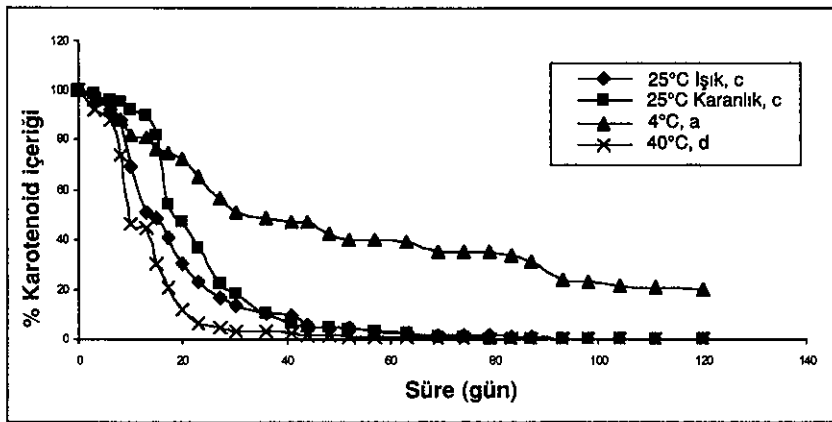
Zang ve Chang (1995) %0.6'lık Na-metabisülfitten oda sıcaklığında 6 dak uygulanmasının karotenoid parçalanmasını geciktirdiğini ve öncelikle lipidleri okside ederek renk kaybını azalttığını belirtmişlerdir. Bu reaksiyonla kompleks olmakla beraber sülfitten karbonil grupları ve indirgen şekerlerle veay disülfid bağlarının proteinlerle reaksiyonu şeklinde gerçekleştiği düşünülmektedir. Çalışmamızda %0.2'lik Na-bisülfid uygulaması haşlamadan daha iyi netice vermiştir (Şekil 3). 120 günlük depolamada 4 °C'deki örneklerde renk içeriği %10.60 iken 25 °C'de ışıkta saklananlar tüm rengi 47 günde 25 °C'de karanlıkta saklananlar 63 günde ve 40 °C'de saklananlar 20 günde kaybetmişlerdir. İstatistiksel analiz de 4 °C ve 40 °C örneklerinin önemli düzeyde farklı olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar da literatür bilgileri ile desteklenmektedir (Bolin ve Stafford 1974, Baloch ve ark 1977, Sian ve Ishak 1991, Mohamed ve Hussein 1994, Zhao ve Chang 1995). Arya vd (1979) ise bisülfid uygulamasının karotenoid stabilitesi üzerinde olumlu etkilerinin olmadığını belirtmişlerdir.



Şekil 3. Na-bisülfid uygulanan portakal kabuğu örneklerinin farklı depolama koşullarındaki karotenoid içerikleri (veri etiketindeki farklı harfler istatistiksel olarak farklıdır).

Haşlama ve bisülfid uygulamalarının istenen başarıyı sağlamaması ise büyük olasılıkla bu işlemler sırasında pigmenti koruyucu görev yapan kabuk yağlarının ayrılmasıdır. Haşlama ve Na-bisülfid kombinasyonunun beraber etkileri de çalışılmış ve örnekler önce haşlanmış sonra Na-bisülfid çözeltisine daldırılmıştır. 4 °C'de saklanan örnekler 120 günlük depolama sürecinde renklerini % 20,20 oranında muhafaza ederken 25 °C'de ışıkta saklananlar tüm rengi 93 günde 25 °C'de karanlıkta saklananlar 73 günde ve 40 °C'de saklananlar 69 günde kaybetmişlerdir (Şekil 4). İstatistiksel olarak ta sadece 4 °C ve 40 °C'deki örnekler farklılık göstermektedir.

Bu sonuçların aksine Baloch vd (1987) havuç karotenoidleri üzerinde çalışarak haşlamanın karotenoid stabilitesini önemli düzeyde artırdığını tespit etmişlerdir. Ancak haşlamanın süre ve sıcaklığının optimizasyonu önem taşımaktadır.



Şekil 4. Haşlama+Na-bisülfid uygulanan portakal kabuğu örneklerinin farklı depolama koşullarındaki karotenoid içerikleri (veri etiketindeki farklı harfler istatistiksel olarak farklıdır).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma enzim ekstraksiyonu ile karotenoid pigmentlerin portakal kabuğundan elde edilmesini ve depolamadaki stabilitelerinin değişik işleme ve depolama sıcaklıklarında araştırılmasını amaçlamıştır. Stabil işleme ve depolama koşullarının sağlanmasıyla homojen ve stabil bir pigment ve ürün eldesi gerçekleştirilmiş olacaktır. Çalışmamızın pigmentlerin ticari olarak nispeten kolay bir ekstraksiyonla üretilme olasılığını göstermek bakımından da fikir verici olması ümit edilmektedir.

KAYNAKLAR

- Aravantinos-Zafiris G, Oreopoulou, V, Tzia C and Thomopoulos CD. 1992. Utilization of Orange By-products - Orange Peel Carotenoids. *J. Sci. Food Agric.*, 59, 77-79.
- Arya SS, Natesan, V, Parihar, DB, and Vijayaraghavan, PK. 1979. Stability of Carotenoids in Isolated system. *Journal of Food Technology*, 14, 571-578.
- Baloch, AK, Buckle, KA, and Edwards, RA. 1977. Effect of Processing Variables on the Quality of Dehydrated Carrots. *Journal of Food Technology*, 12, 285-293.
- Bassi, R.; Pineau, B.; Dainese, P. and Marquardt, J. (1993). Carotenoid-binding proteins of Photosystem II. *European Journal of Biochemistry*, 212, 297-303.
- Bauernfeind, JC 1981, Carotenoids as Food Colorants and Vitamin A Precursors: Technological and Nutritional Applications. Edited by J. C. Bauernfeind, Academic Press. New York.
- Bolin, HR, and Stafford, AE, 1974. Effect of Processing and Storage on Provitamin A, and Vitamin C in Apricots. *Journal of Food Science*, 39, 1034-1035.
- Britton, G.; Liaaen-Jensen, S. and Pfander, H. 1995. Carotenoids. Basel, Boston, Birkhauser Verlag.
- Chandler, AL and Schwartz, SJ 1988. Isomerization and losses of Trans-b-carotene in Sweet Potatoes as Affected by Processing Treatments. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 36, 129-133.

- Chau, H. and Breene, W. 1972 Oxidative Decoloration of b-carotene in Low Moisture Model Systems. *Journal of Food Science*, 37, 66-68.
- Crandall, PG, Kesterson, JW, and Dennis, S. 1983. Storage Stability of Carotenoids in Orange Oil Flavoring Agents. *Journal of Food Science*, 48, 924-927.
- Fabre, CE, Santerre, AL, Loret, MO, Baberian, R, Pareilleux, A, Goma, G. and Blanc P. J. (1993). Production and Food Applications of the Red Pigments of *Monascus ruber*. *Journal of Food Science*, 58, 1099-1102.
- Fanta, N, Quaas, A, Zulueta, P. and Perez, LM (1992). Release of Reducing Sugars from Citrus Seedlings, Leaves and Fruits. Effect of Treatment with Pectinase and Cellulase from *Alternaria* and *Trichoderma*. *Phytochemistry*, 31, 3359-3364.
- Farhangi, M. and Valadon, LR 1981. Effect of Acidified Processing and Storage on Carotenoids (Provitamin A) and Vitamin C in Mung Bean Sprouts", *Journal of Food Science*, 46, 1464-1466.
- Fennema, OW (1985). Food Chemistry. Marcel Dekker Inc. New York.
- Giddings, JC, Grushka, E, Cazes, J. and Brown, P. R. (1983). *Advances in Chromatography*". Edited by J. C. Giddings. Volume: 22, Marcel Dekker Inc. New York.
- Kew, T. And Berry, RE, 1970. Citrus product color enhancement using extracts of peel of different varieties. *Journal of Food Sciences*, 35, 436-439.
- Kopas, LM and Warthesen, JJ 1995. Carotenoid Photostability in Raw Spinach and Carrots During Cold Storage. *Journal of Food Science*, 60, 773-776.
- Labuza, TP, Tannenbaum, SR and Karel, M. 1970. Water content and Stability of Low and Intermediate Moisture Foods. *Food Technology*, 24, 543.
- Lee, DS, Chung, SK and Yam, KL 1992. Carotenoid Loss in Dried Red Pepper Products. *International Journal of Food Science and Technology*, 27, 179-185.
- Lee, HS, Castle, WS, and Coates, GA, 2001. High-performance liquid chromatography for the characterization of carotenoids in the new sweet orange (Earlygold) grown in Florida, USA. *Journal of Chromatography*, 913, 371-377.
- Najar, SV, Bobbio, FO and Bobbio, PA, 1988. Effects of Light, Air, Anti-oxidants and Pro-oxidants on Annatto Extracts (*Bixa orellana*). *Food Chemistry*, 29, 283-289.
- Pactical, M, Mallent, D, and Cunat, P. 1993. Study of the naveline oranges carotenoids. *Revista Espanola de Ciencia Y Tecnologia de Alimentos*, 33, 179-196.
- Pesek, CA and Warthesen, JJ, 1987. Photodegradation of Carotenoids in a Vegetable Juice System. *Journal of Food Science*, 53, 744-746.
- Pesek, CA and Warthesen, JJ 1988. Characterization of the photodegradation of b-carotene in Aqueous Model Systems. *Journal of Food Science*, 53, 1517-1520.
- Rahman, FM and Buckle, KA 1981. Effects of Blanching and Sulphur Dioxide on Ascorbic Acid and Pigments of Frozen Capsicums. *Journal of Food Technology*, 53, 671-682.
- Ramakrishnan, TV and Francis, FJ 1979. Stability of Carotenoids in Model Aqueous Systems. *Journal of Food Quality*, 2, 177-189.
- Rosenberg, M, Mannheim, CH and Kopelman, IJ 1983. Carotenoid Base Food Colorant Extracted from Orange Peel by D-limonene -extraction- process and Use. *Lebensm. Wiss. u. Tech.*, 17, 270-275.
- Sanchez-Moreno, C, Plaza, L De Ancos, B., and Cano, MP, (2003) Vitamin C, provitamin A carotenoids, and other Carotenoids in high-pressurized orange juice during refrigerated storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 647-653.
- Sian, NK and Ishak, S. 1991. Carotenoid and Anthocyanin Contents of Papaya and Pineapple: Influence of Blanching and Predrying Treatments. *Food Chemistry*, 39, 175-185.
- Sims, CA, Balaban, MO and Matthews, RF 1993) Optimization of Carrot Juice Color and Cloud Stability, *Journal of Food Science*, 58, 1129-1131.
- Singleton, VL, Gortner, WA and Young, HY 1961. Carotenoid Pigments of Pineapple Fruit. I. Acid Catalyzed Isomerization of Pigments. *Journal of Food Science*, 26, 49-53.
- Sudhakar, DV and Maini, SB 1994. Stability of Carotenoids During Storage of Mango Pulp. *Journal of Food Science*, 31, 228-230.
- Sumida, T, Azuma, Y, Hamada, S, Ogawa, H, and Tada, M. 1999. Preparation of high carotenoid pulp from satsuma mandarin (*Citrus unshiu* marc.) juice. *Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology*, 46, 404-409.
- Ting, S. V. and Hendrickson, R. 1969. Natural color enhancers—orange peel carotenoids for orange juice products. *Food Technology*, 23, 87-90.
- Tsimidou, M. and Tsatsaroni, E. 1993. Stability of Saffron Pigments in Aqueous Extracts", *Journal of Food Science*, 58, 1073-1075.
- Wilson, CW and Shaw, PE 1977. Recovery of Citrus Pigments from Processing Waste - An Overview. *Citriculture*, 3, 808-810.
- Zhao, YP and Chang, KC 1995. Sulfite and Starch Affect Color and Carotenoids of Dehydrated Carrots (*Daucus carota*) During Storage. *Journal of Food Science*, 60, 324-326.