

Meyve ve Sebzelerin Flavonoid İçeriği Üzerine İşlemenin Etkisi

Esra Çapanoğlu, Dilek Boyacıoğlu

Istanbul Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul
E-posta: capanogl@itu.edu.tr

ÖZET

Sebze ve meyveler taze olarak tüketilebildikleri gibi konserve, meyve suyu ya da reçele işlenmiş şekilde, dondurulmuş ya da kurutulmuş halde olmak üzere oldukça geniş kullanım alanlarına sahiptir. Meyve ve sebzeler son yıllarda sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle içerdikleri antioksidanlar, özellikle de flavonoidleri açısından pek çok araştırmada kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Bu önemli bileşiklerde işleme sırasında meydana gelen değişimler de yine çeşitli bilimsel çalışmalar ile takip edilmektedir. Bu çalışmada, meyve ve sebzelerin işlenmesi sırasında flavonoidlerinde meydana gelen değişimleri ele alan araştırmalar derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Meyve ve sebze, Flavonoidler, İşleme, Antioksidanlar

Effect of Processing on Flavonoid Content of Fruits and Vegetables

ABSTRACT

Fruits and vegetables are consumed in various forms such as fresh, juice, canned, frozen or dried forms, or they are processed into jams. Recently, antioxidants and especially flavonoid contents of fruits and vegetables have been investigated comprehensively because of the beneficial effects of these constituents on human health. The chemical changes of these compounds during fruits and vegetables processing have also been reported in various scientific studies. In this present study, chemical changes of flavonoids during fruit and vegetable processing were reviewed.

Key Words: Fruits and vegetables, Flavonoids, Processing, Antioxidants

GİRİŞ

Sebze ve meyvelerde, hasat, hazırlama ve taşıma esnasında pek çok değişim meydana gelmektedir. Bu değişimlerin birçoğu bu bitkilerin antioksidan seviyeleri üzerinde de etki göstermektedir. Bütün haldeki meyve ve sebzeler, solunum, metabolik, enzimatik ve mikrobiyal faaliyetler, ayrıca terleme ve sıcaklık etkisiyle olumsuz değişimlere maruz kalmaktadır. Bu değişimlerin birçoğu ürünlerin antioksidan seviyesi üzerinde de olumsuz etkiler yaratabilmektedir [1].

Farklı bitkisel ürünler için uygun işleme, taşıma veya depolama koşullarının tespit edilmesi bazı durumlarda zor olabilmektedir. Bunun nedeni, ürünün nem içeriği ile antioksidan seviyesi arasında doğrudan bir ilişki olmamasındandır. Bazı durumlarda, depolama için optimum kabul edilen nem seviyelerinde oksidasyon nisbeten hızlı bir şekilde artabilmektedir. Depolama sırasında sıcaklık kontrolü, oksijen seviyesinin minimize edilmesi ve ışıktan korunma gibi işlemler ile antioksidanların maksimum düzeyde korunması sağlanabilmektedir [2]. Endüstriyel boyutta işlemede ise

durum daha karmaşık bir hal almakta ve işleme yöntemi, uygulanan koşullar, kullanılan meyve veya sebzelerin çeşidi ile varyetesi gibi faktörler de etkili olmaktadır [3]. Önceki çalışmalarda, işlemenin meyve ve sebzeler üzerindeki etkileri genellikle kalitesiyle ilişkilendirilerek renk, lezzet ve doku özelliklerinin ölçümüne dayandırılmıştır. Temel besin öğeleri açısından ele alınması ise daha az olmakla beraber, askorbik asit gibi bazı bileşenlerin proseten nasıl etkilendiğine ilişkin veriler bulmak da mümkün olabilmektedir [1]. Bunun dışında özellikle yüksek antioksidan aktivitesine sahip bileşenler içeren sebze ve meyvelerin sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle, son yıllarda bu bileşenlerin araştırılmasına ağırlık verilmiş ve antioksidanların dağılımı, miktarı ve işleme veya depolama sırasındaki değişimleri gibi konular önem kazanmıştır [4-6]. Bu çalışmada, çeşitli endüstriyel işlemlere tabi tutulan meyve ve sebzelerin içerdikleri flavonoidlerin bu işlemlerden nasıl etkilendiklerini ele alan çalışmalar derlenerek sunulmaktadır.

FLAVONOİDLER

Bitki fenollerini genel olarak temel fenolik yapıya bağlı olan karbon atomlarının sayısı temel alınarak çeşitli gruplara ayrılmış olup bu grup içinde basit fenoller, fenolik asitler, sinnamik asitler, flavonoidler, ligninler, stilbenler ve biflavonoidler yer almaktadır [7]. Fenolik bileşikler, enfeksiyon, yaralanma ve UV radyasyon gibi stres koşullarına tepki olarak bitkinin normal gelişimi süresince sentezlenmektedir [8]. Fenolikler içinde en önemli yeri, kimyasal yapıları ve biyolojik fonksiyonları itibarıyla çeşitliliği çok fazla olan flavonoidler oluşturmaktadır [9]. Flavonoidler önemli düzeyde antioksidan ve şelatlama özelliklerine sahip difenilpropanoidler olup genellikle bitkilerde bulunmakta ve insanlar tarafından sentezlenememektedirler [10-13]. Flavonoidler için farklı sınıflandırmalar mevcut olmasına karşın genel olarak 6 temel flavonoid sınıfı bildirilmektedir. Bunlar; flavonlar, flavononlar, flavonoller, isoflavonoidler, antosiyaninler ve flavanlardır [10]. Flavonoidler bitki ekolojisinde farklı rollere sahiptir. Örneğin, çiçeklerdeki ve meyvelerdeki sarıdan kırmızıya hatta koyu mora kadar çeşitli renklerden sorumludurlar. Ayrıca, flavonoller, flavonlar ve antosiyaninler renklerinden dolayı polinasyon için gerekli olan görünür sinyaller olarak görev yapmaktadırlar [12, 14]. Flavonoidler serbest radikal savar olmaları, enzim aktivitelerini düzenleyici, hücre çoğalmasını inhibe edici, antibiyotik ve antialerjen özellik taşımaları, ishal, ülser ve iltihabi önleyici ilaç gibi görev almalarından dolayı önem taşımaktadır [15].

Flavonoidlerin meyve, sebze ve çay gibi gıda gruplarında yaygın olarak bulunmaları ve alımlarının koroner kalp hastalıkları ile kanser gibi hastalıkların engellenmesinde rol oynamaları bu bileşiklere olan ilgiyi arttırmıştır [8, 11, 14, 16]. Bugüne kadar 4000'in üzerinde farklı flavonoid çeşidi belirlenmiştir. Flavonoidler aglikon veya glikozitler şeklinde bulunmakta olup şekere bağlı (glikozit) bulunan hali daha yaygındır [17, 18]. Flavonoidlere ilişkin araştırmalarda, bu bileşiklerin saflaştırılması, tespiti ve sağlık üzerindeki etkilerinin yanı sıra özellikle son yıllarda kimyası, biyokimyası, sentez mekanizmaları, biyoyararlılığı ve ayrıca meyve ve sebzelerin yetiştirilmesi, işlenmesi veya depolanması sırasında flavonoidlerde meydana gelen değişimler gibi çok daha geniş konular ele alınmaktadır [4, 10, 19, 20].

FLAVONOİD MİKTARININ İŞLEME İLE DEĞİŞİMİ

Meyve ve sebzelerin işlenmesi sırasında kesme, parçalama, kabuk soyma, ön-haşlama, evaporasyon, pastörizasyon, sterilizasyon gibi çok çeşitli endüstriyel işlemlerin uygulandığı bilinmektedir. Çeşitli çalışmalarda bu işlemlerin flavonoid veya diğer antioksidatif bileşenler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Örneğin, soyma, kabuk ayırma ve yaprak seçme gibi işlemlerin toplam flavonoid miktarını azalttığına ilişkin çalışmalar mevcuttur. Flavonoidler göreceli olarak kararlı bileşiklerdir. Her ne kadar ısı, oksijen ve orta derecedeki asitliğe dayanıklı olsalar da mutfak işlemleri veya kesme, parçalama gibi işlemler flavonoidlerde bazı kayıplara neden olabilmektedir. Yapılan çalışmalar, flavonoid kayıplarının

ortalama olarak %53 civarında olduğunu göstermiştir [10].

Pekçok işlenmiş meyve ve sebze öncelikle kabuk, sap, çekirdek gibi kısımlarından ayrılmaktadır. Ancak yapılan çalışmalar, özellikle çekirdek ve kabuk kısmının uzaklaştırılması ile meyve sebzelerdeki antioksidan kaynaklarında önemli kayıpların meydana geldiğini ortaya koymaktadır [21, 22]. Örneğin, domatesin farklı kısımlarından (kabuk, pulp, çekirdek) alınan örneklerin toplam flavonoid içeriğinin incelendiği bir çalışmada çekirdekteki miktarın pulp kısmına oranla önemli ölçüde fazla olduğu tespit edilmiştir. Kabuk bölümündeki toplam flavonoid miktarı ise her ikisinden de fazla olarak bulunmuştur. Fenolik bileşiklerin kabuk kısmında daha fazla olması, flavonoidlerin bitkiyi ultraviyole radyasyona ve patojenlere karşı korumadaki rolleri nedeniyle bitkinin dermal dokularında birikme eğiliminden kaynaklanmaktadır [23]. Benzer şekilde, yabanmersinin meyve suyu üretimi için işlenmesi sırasında da çeşitli kayıplar tespit edilmiş ve kalan antosiyanin, prosiyanidin, ve klorojenik asit miktarları sırasıyla %32, %43 ve %53 olarak bulunmuştur. Yabanmersindeki antosiyaninlerin yaklaşık olarak %20'sinin meyve suyu hazırlama işleminden sonra presden çıkan posada bulunduğu görülmüştür [24, 25]. Bu nedenle, antioksidanlarda meydana gelen kayıplar göz önünde bulundurularak, üretim yöntemlerinde değişikliklere gidilmesi ve üretim esnasında ayrılan kabuk ve çekirdek bölümlerinin değerlendirilmesi ile önemli antioksidan kaynakları sağlanabileceği dikkate alınmalıdır.

Kabuk, sap ayırma dışında işlenmiş ürünlerde yaygın olarak uygulanan diğer işlemlerin başında ısı işlemleri bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar, ısı işlemler etkisiyle flavonoid yapılarında değişimler olduğunu, özellikle de glikozit formların aglikozit forma dönüşme eğilimi gösterdiğini ve flavonoidlerin aktivite ve biyoyararlılıklarında değişimler olduğunu ortaya koymuştur [26, 27]. Örneğin, soğan ya da sarımsağın işleme sırasında bileşiminin ve antioksidan profilinin değiştiği rapor edilmiştir [28-30]. Benzer şekilde bir başka çalışmada, soğanların 180°C'de kavrulması sonucunda kuersetinin parçalandığı ve başka bileşiklere dönüştüğü tespit edilmiştir [31]. Yine pek çok çalışmada ısı işlemler sonucunda flavonoid miktarında azalmalar rapor edilmiştir [29]. Örneğin, kaynatma işlemi sırasında pişme suyuna geçiş ve oksidasyon sonucunda kayıplar olabileceği tespit edilmiştir [32]. Bu nedenle işlenmiş meyve ve sebzelerde bioaktif bileşiklerin miktarının korunması için en iyi yöntemi bulmak oldukça önem taşımaktadır [30].

Soğan ve domatese uygulanan farklı işlemlerin kuersetin flavonoidi miktarı üzerindeki etkilerinin incelendiği bir araştırmada, kaynatma işleminin %80, mikrodalga uygulamasının ise %65 kayıpla sonuçlandığı görülmüştür. Kızartmadaki kayıplar ise diğer işlemlere oranla daha düşük seviyelerdedir (%30). Bu durum, kuersetinin sıcak suyla sıcak ayçiçek yağına oranla daha iyi ekstrakte edilmesiyle açıklanmıştır [17]. Yine bir başka çalışmada, haşlama, suda pişirme, mikrodalgada pişirme, kızartma ve suda pişirilmiş ürünün 60°C'de 1-2

saat sıcak tutulması işlemlerinin soğandaki flavonoid miktarı üzerindeki etkilerinin incelendiği bir başka çalışmada, soğanların kabuğunun soyulması ve haşlanması işlemlerinin toplam flavonoid miktarını, başlangıç değerinin neredeyse yarısı kadar azalttığı tespit edilmiştir. Bu durum, flavonoidce zengin dış tabakanın kaybı ile açıklanmaktadır. Diğer pişirme, kızartma ve sıcak tutma işlemlerinin ise flavonoid miktarı üzerinde çok az bir etkisi olduğu görülmüştür [33].

Şeftaliyle yapılan bir çalışmada ise prosiyanidinlerin ve toplam fenolik madde miktarının kabuk soyma, 4°C'de depolama ve sterilizasyon gibi işlemlerle değişimi değerlendirilmiş ve tüm bu işlemlerin toplam fenolik madde miktarını %5-49 aralığında etkilediği tespit edilmiştir [34]. Havuç, ıspanak, patates ve çeşitli yeşilliklerin incelendiği bir çalışmada da haşlama ve uzun süre dondurulmuş muhafazanın toplam fenolik miktarını %20-30 düzeyinde azalttığı ortaya konmuştur [35]. C vitamininde olduğu gibi fenolik antioksidanların suda çözünür olması nedeniyle su kullanılarak yapılan herhangi bir işlem esnasında meyve ve sebze dokularından kayıplar olabilmektedir. Örneğin, ıspanak suda haşlandıktan sonra flavonoidlerin yarısının suda diğer yarısının da haşlanmış ıspanakta olduğu tespit edilmiştir [35]. Isıl işlemler sonucu domates antioksidanlarında meydana gelen azalmaları ele alan çok sayıda çalışma da mevcuttur [36-40].

Bu çalışmaların tam tersi olarak son yıllarda araştırmacılar meyve ve sebze ürünlerinin besleyicilik özelliklerinin çeşitli endüstriyel işlemlerle artırıldığını rapor etmeye başlamıştır. Örneğin, buhar uygulaması, mikrodalga ve kızartma gibi ısı işlemlerinin yaklaşık iki katı kadar daha yüksek toplam flavonoid miktarına sahip domates ürünleri ile sonuçlandırıldığı tespit edilmiştir [41]. Gahler ve ark.'nın [42] sonuçlarına göre, domates suyu üretiminde homojenizasyon ve ısı işlemler hidrofilitik ve lipofilitik antioksidan aktivitesinde artışa sebep olmuştur. Dewanto ve ark. [43] ısı işleminin domates matriksinde bulunan bazı fitokimyasalların serbest hale geçmesini sağladığını öne sürmüştür. Benzer sonuçlar mantar [44] ve pancar [45] için de rapor edilmiştir. Yine, ısı işlem uygulanmış ve uygulanmamış kan portakalı suyunda antosiyanin ve diğer bazı fenolik bileşiklerin seviyelerinin ısı işlemle ne yönde değiştiğine ilişkin olarak yapılan bir çalışmada, antosiyanin miktarının pastörize edilmiş meyve suyunda pastörize edilmemiş olana göre %48 daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Sadece haşlama işlemi hafif bir azalmaya neden olmuştur [46]. Şeftali örneklerinin 30°C'de 24 saat tutulması sonucunda ise toplam fenolik madde miktarının 1.7 kat oranında arttığı tespit edilmiştir [34]. Isıl işlemler sonucunda toplam fenolik madde miktarındaki artışlar havuç, kuşburnu ve adaçayı gibi farklı örneklerde de görülmüştür [46]. Bu olgu, antioksidatif moleküllerin katabolizmasında rol alan enzimlerin, sıcaklıkla inaktive edilmesi sonucu miktarın artması veya ekstrakte edilen antioksidan moleküllerinin ısı etkisi sonucunda kompleks oluşturması veya polimerize olması gibi iki farklı yaklaşım ile açıklanmaktadır [46]. Ayrıca, meyve suyu işlemede, özellikle de narenciyelerde, ekstraksiyon işlemleri sırasında kabuktaki flavonoidlerin serbest hale geçmesi

sonucunda flavonoid miktarının artabildiği de ortaya konan sonuçlar arasındadır [10].

Isıl işlemler veya ekstraksiyon basamakları dışında, kesme etkisiyle de toplam flavonoid veya antioksidan kapasitesinin arttığı tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada, domatesin salçaya işlenmesi sırasında uygulanan bir ara basamak olan parçalama işlemi sırasında toplam flavonoid ve rutin miktarının iki katı oranında arttığı tespit edilmiştir [22]. Benzer bulgulara elma [47], marul [48] ve patates [49] için de rastlanmaktadır. Bazı diğer çalışmalarda da meyve ve sebzelerin kesilmesi sonucunda berelenme etkisi yaratarak bitkinin tepki olarak daha fazla fenolik bileşik üretmesi ve bu şekilde de toplam antioksidan kapasitesini arttırdığı belirtilmiştir [50, 51]. Bitkilerin oksidatif strese karşı tepki olarak antioksidanlardan sorumlu bazı enzimleri aktive ettiği ve dolayısıyla da antioksidan miktarını arttırdığına ilişkin bulgulara diğer çalışmalarda rastlamak mümkündür [52, 53]. Örneğin, greyfurtta ışınlama uygulaması sonucunda naringenin flavonoidinde görülen artışın fenilalanin amonyum liyaz (PAL) enziminin aktive edilmesi sonucu olduğu ifade edilmiştir [54]. Benzer şekilde, rokanın ışınlanması sonucunda flavonoid miktarında 3-4 katlık bir artış gözlenmiştir [55].

Sonuç olarak, işlenmiş ürünlerdeki flavonoidlerin kullanılan meyve ve sebzelerin varyete veya cinsinden [25, 56-58], yetiştirildiği iklim koşullarından [59-61], meyvenin büyüklüğünden [37, 61], olgunluk düzeyinden [62-64] veya işlemde uygulanan sıcaklık, oksijen ya da ışık varlığı gibi koşullardan [25, 65] etkilendiği görülmektedir. Bunun yanı sıra, analiz için uygulanan metotlar ve özellikle de ekstraksiyon yöntemlerinin farklılık göstermesi de sonuçlar arasındaki farklılığı açıklamada kullanılmıştır. Ekstraksiyon işleminin etkinliği ise meyvenin olgunluk düzeyi, dokusal özellikleri ve genotipi ile ilişkilendirilmiştir [3]. Pellegrini ve ark. [66], toplam antioksidan kapasitesinin, ekstraksiyon yönteminden ve ekstraksiyon sırasında kullanılan çözügenlerden de önemli ölçüde etkilendiğini göstermiştir [66]. Bu durum, işlemin etkisinin anlaşılmasını daha da karmaşık hale getirmekte ve farklı çalışmalar arasında tutarsız sonuçlara sebep olabilmektedir.

SONUÇ

Meyve ve sebzeler, gerek taze gerekse de işlenmiş farklı ürünler şeklinde yüksek tüketim oranına sahip gıdalar olup özellikle kanser ve kalp rahatsızlıkları gibi hastalıkların önlenmesindeki olumlu etkileri klinik olarak gösterilmiştir. Bu olumlu etkileri, bu ürünleri araştırmacılar açısından önemli bir kaynak haline getirmekte olup özellikle de işleme veya depolama ile özelliklerinde meydana gelen değişimler ele alınmaktadır. Bu çalışmada özetlenen tüm araştırmalar göz önünde bulundurulduğunda, meyve ve sebzeler üzerinde işlemin etkisinin hala net olarak tespit edilemediği ve yapılan çalışmalarda farklı bulgulara rastlandığı görülebilmektedir. Araştırma bulgularının, kullanılan meyve ve sebzelerin çeşidi veya cinsinden, işleme yönteminden ve ortam koşullarından etkilenmesi de durumu daha karmaşık hale getirmektedir. Ancak,

işlenmiş ürünlerde yüksek oranda antioksidan bulunması, yüksek oranda tüketimi olan bu ürünlerin pek çoğunun daha sonra ev koşullarında tekrar ısıtma işlemine tabi tutulacakları göz önünde bulundurulduğunda oldukça önem kazanmaktadır. Bu nedenle, proses etkisinin daha detaylı olarak araştırılması önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Lindley, M.G., 1998. The impact of food processing on antioxidants in vegetable oils, fruits and vegetables. *Trends in Food Science and Technology* 9: 336-340.
- [2] Shui, G., Wong, S.P., Leong, L.P., 2004. Characterization of antioxidants and change of antioxidant levels during storage of *Manilkara zapota* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52 (26): 7834-7841.
- [3] Seybold, C., Fröhlich, K., Bitsch, R., Otto, K., Böhm, V., 2004. Changes in contents of carotenoids and vitamin E during tomato processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 7005-7010.
- [4] Hollman, P.C.H., Hertog, M.G.L., Katan, M.B., 1996. Analysis and health effects of flavonoids. *Food Chemistry* 57(1): 43-46.
- [5] Shahidi, F., Naczk, M., 2003. Phenolics in food and nutraceuticals. CRC Press, Boca Raton.
- [6] Watanabe, M., Ayugase, J., 2008. Anti-stress effects of flavonoids from buckwheat sprouts in mice subjected to restraint stress. *Food Science and Technology Research* 14(3): 253-260.
- [7] Robards, K., Prenzler, P.D., Tucker, G., Swatsitang, P., Glover, W., 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry* 66 (4): 401-436.
- [8] Justesen, U., Knuthsen, P., Leth, T., 1998. Quantitative analysis of flavonols, flavones, and flavonones in fruits, vegetables and beverages by high-performance liquid chromatography with photodiode array and massspectrometric detection. *Journal of Chromatography A* 799: 101-110.
- [9] Robards, K., Antolovich, M., 1997. Analytical chemistry of fruit bioflavonoids: A review. *The Analyst* 3: 122-130.
- [10] Peterson, J., Dwyer, J., 1998. Flavonoids, dietary occurrence and biochemical activity. *Nutrition Research* 18 (12): 1995-2018.
- [11] Shi, H., Noguchi, N., Niki, E., 2001. Introducing Natural Antioxidants. In *Antioxidants in Food, Practical Applications*, Edited by J. Pokorny, N. Yanishlieva, M. Gordon, CRC Press LLC, Boca Raton, 147p.
- [12] Heim, K.E., Tagliaferro, A.R., Bobilya, D.J., 2002. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *Journal of Nutritional Biochemistry* 13: 572-584.
- [13] Sivam, G., 2002. Analysis of Flavonoids. In *Methods of Analysis for Functional Foods and Nutraceuticals*, Edited by W.J. Hurst, CRC Press, LLC, Boca Raton, 34p.
- [14] Rasmussen, S.E., 2004. Flavonoids and Cardiovascular Disease. In *Functional Foods, Cardiovascular Disease and Diabetes*, Edited by A. Arnoldi, CRC Press LLC, Boca Raton, 82p.
- [15] Coşkun, T., 2005. Fonksiyonel besinlerin sağlığımız üzerine etkileri. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi* 48: 69-84.
- [16] Virgili, F., Scaccini, C., Packer, L., Rimbach, G., 2003. Nutritional Phenolics and Cardiovascular Disease. In *Phytochemical Functional Foods*, Edited by I. Johnson, G. Williamson, Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, Boca Raton, 20p.
- [17] Crozier, A., Lean, M.E.J., McDonald, M.S., Black, C., 1997. Quantitative analysis of the flavonoid content of commercial tomatoes, onions, lettuce. and celery. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 590-595.
- [18] Chu, Y., Chang, C., Hsu, H., 2000. Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80: 561-566.
- [19] Hollman, P.C.H., Buysman, M.P., van Gameren, Y., Cnossen, E., de Vries, J., Katan, M., 1999. The sugar moiety is a major determinant of the absorption of dietary flavonoid glycosides in man. *Free Radical Research* 31: 569-573.
- [20] Buslig, B.S., Manthey, J.A., 2002. Flavonoids in cell function. Kluwer Academic Press, New York.
- [21] Peschel, W., Sanchez-Rabaneda, F., Diekmann, W., Plescher, A., Gartzia, I., Jimenez, D., Lamuela-Raventó, R., Buxaderas, S., Codina, C., 2006. An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes. *Food Chemistry* 97: 137-150.
- [22] Çapanoğlu, E., Beekwilder, J., Boyacıoğlu, D., Hall, R., De Vos, C.H.R., 2008. Changes in antioxidants and metabolite profiles during production of tomato paste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56 (3): 964-973.
- [23] Toor, R.K., Savage, G.P., 2005. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research International* 38: 487-494.
- [24] Skrede G., Wrolstad R.E., Durst R.W., 2000. Changes in anthocyanins and polyphenolics during juice processing of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Journal of Food Science* 65:357-364.
- [25] Kalt, W., 2005. Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. *Journal of Food Science* 70 (1): 11-19.
- [26] Rohn, S., Buchner, N., Driemel, G., Rauser, M., Kroh, L. W., 2007. Thermal degradation of onion quercetin glucosides under roasting conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55 (4): 1568-1573.
- [27] Roy, M. K., Takenaka, M., Isobe, S., Tsushida, T., 2007. Antioxidant potential, anti-proliferative activities, and phenolic content in water-soluble fractions of some commonly consumed vegetables: Effects of thermal treatment. *Food Chemistry* 103 (1): 106-114.
- [28] Kawamoto, E., Sakai, Y., Okamura, Y., Yamamoto, Y., 2004. Effects of boiling on the antihypertensive and antioxidant activities of onion. *Journal of Nutrition Science and Vitaminology* 50: 171-176.

- [29] Aoyama, S., Yamamoto, Y., 2007. Antioxidant activity and flavonoid content of Welsh onion (*Allium fistulosum*) and the effect of thermal treatment. *Food Science and Technology Research* 13: 67–72.
- [30] Gorinstein, S., Jastrzebski, Z., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Namiesnik, J., Najman, K. Park, Y.S., Heo, B.G., Cho, J.Y., Bae, J.H., 2009. Comparative control of the bioactivity of some frequently consumed vegetables subjected to different processing conditions. *Food Control* 20: 407–413.
- [31] Lee, S.U., Lee, J.H., Choi, S.H., Lee, J.S., Ohnisi-Kameyama, M., Kozukue, N., Levin, C.E., Friedman, M., 2008. Flavonoid content in fresh, home-processed, and light-exposed onions and in dehydrated commercial onion products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56 (18): 8541-8548.
- [32] Hirota, S., Shimoda, T., Takahama, U., 1998. Tissue and spatial distribution of flavonol and peroxidase in onion bulbs and stability of flavonol glucosides during boiling of the scales. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 3497–3502.
- [33] Ewald, C., Fjelkner-Modig, S., Johansson, K., Sjöholm, I., Akesson, B., 1999. Effect of processing on major flavonoids in processed onions, green beans, and peas. *Food Chemistry* 64: 231-235.
- [34] Asami, D.K., Hong, Y., Barrett, D.M., Mitchell, A.E., 2003. Processing-induced changes in total phenolics and procyanidins in clingstone peaches. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83: 56-63.
- [35] Gil M.I., Ferreres F., Tomás-Barberán F.A., 1999. Effect of postharvest storage and processing on the antioxidant constituents (flavonoids and vitamin C) of fresh cut spinach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47: 2213–2217.
- [36] Takeoka, G.R., Dao, L., Flessa, S., Gillespie, D.M., Jewell, W.T., Huebner, B., Bertow, D., Ebeler, S.E., 2001. Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 3713-3717.
- [37] Sahlín, E., Savage, G.P., Lister, C.E., 2004. Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing. *Journal of Food Composition and Analysis* 17: 635-647.
- [38] Goula, A.M., Adamopoulos, K.G., 2005. Stability of lycopene during spray drying of tomato pulp. *LWT* 38: 479-487.
- [39] Goula, A.M., Adamopoulos, K.G., Chatzitakis, P.C., Nikas, V.A., 2006. Prediction of lycopene degradation during a drying process of tomato pulp. *Journal of Food Engineering* 74 (1): 37-46.
- [40] Toor, R.K., Savage, G.P., 2006. Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. *Food Chemistry* 94: 90-97.
- [41] Chang, C.H., Lin, H.Y., Chang, C.Y., Liu, Y.C., 2006. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. *Journal of Food Engineering* 77 (3): 478-485.
- [42] Gahler, S., Otto, K., Böhm, V., 2003. Alterations of vitamin C, total phenolics, and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 7962-7968.
- [43] Dewanto, V., Wu, X., Adom, K.K., Liu, R.H., 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 3010-3014.
- [44] Choi, Y., Lee, S.M., Chun, J., Lee, H.B., Lee, J., 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chemistry* 99: 381–387.
- [45] Jiratanan, T., Liu, R.H., 2004. Antioxidant activity of processed table beets (*Beta vulgaris* var. Conditiva) and green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52 (9): 2659-2670.
- [46] Scalzo, R.L., Iannocari, T., Summa, C., Morelli, R., Rapisarda, P., 2004. Effect of thermal treatments on antioxidant and antiradical activity of blood orange juice. *Food Chemistry* 85: 41–47.
- [47] Abdallah, A.Y., Gil, M.I., Biasi, W., Mitcham, E.J., 1997. Inhibition of superficial scald in apples by wounding: Changes in lipids and phenolics. *Postharvest Biology and Technology* 12: 203-212.
- [48] Kang, H.M., Saltveit, M.E., 2002. Antioxidant capacity of lettuce leaf tissue increases after wounding. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 7536-7541.
- [49] Tudela, J.A., Cantos, E., Espin, J.C., Tomás-Barberán, F.A., Gil, M.I., 2002. Induction of antioxidant flavonol biosynthesis in fresh-cut potatoes. Effect of domestic cooking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 5925-5931.
- [50] Reyes, L.F., Villarreal, J.E., Cisneros-Zevallos, L., 2007. The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. *Food Chemistry* 101: 1254–1262.
- [51] Hodges, D.M., Toivonen, P.M.A., 2008. Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress. *Postharvest Biology and Technology* 48: 155–162.
- [52] Walker, M. A., McKersie, B. D., 1993. Role of ascorbate-glutathione antioxidant system in chilling resistance of tomato. *Journal of Plant Physiology* 141: 234–239.
- [53] Vanamala, J., Cobb, G., Turner, N. D., Lupton, J. R., Yoo, K. S., Pike, L. M., Patil, B. S., 2005. Bioactive compounds of grapefruit (*Citrus paradisi* Cv 'Rio Red') respond differently to post harvest irradiation, storage and freeze drying. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 3980–3985.
- [54] Girenavar, B., Jayaprakasha, G.K., Mclín, S.E., Maxim, J., Yoo, K.S., Patil, B.S., 2008. Influence of Electron-Beam Irradiation on Bioactive Compounds in Grapefruits (*Citrus paradisi* Macf.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56 (22): 10941-10946.
- [55] Nunes, T.P., Martins, C.G., Behrens, J.H., Souza, K.L.O., Genovese, M.I., Destro, M.T., Landgraf, M., 2008. Radioresistance of *Salmonella* species and *Listeria monocytogenes* on minimally processed Arugula (*Eruca sativa* Mill.): Effect of irradiation on flavonoid content and acceptability of irradiated

- produce. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56 (4): 1264-1268.
- [56] Abushita, A.A., Daood, H.G., Biacs, P.A., 2000. Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 2075-2081.
- [57] George, B., Kaur, C., Khurdiya, D.S., Kapoor, H.C., 2004. Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry* 84: 45-51.
- [58] Spencer, J.P.E., Kuhnle, G.G.C., Hajirezaei, M., Mock, H.P., Sonnewald, U., Rice-Evans, C., 2005. The genotypic variation of the antioxidant potential of different tomato varieties. *Free Radical Research* 39 (9): 1005-1016.
- [59] Bradfield, M., Stamp, N., 2004. Effect of nighttime temperature on tomato plant defensive chemistry. *Journal of Chemical Ecology* 30 (9): 1713-1721.
- [60] Guintini, D., Graziani, G., Lercari, B., Fogliano, V., Soldatini, G.F., Ranieri, A., 2005. Changes in carotenoid and ascorbic acid contents in fruits of different tomato genotypes related to the depletion of UV-B radiation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 3174-3181.
- [61] Toor, R.K., Savage, G.P., Lister, C.E., 2006. Seasonal variations in the antioxidant composition of greenhouse grown tomatoes. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 1-10.
- [62] Leonardi, C., Ambrosino, P., Esposito, F., Fogliano, V., 2000. Antioxidant activity and carotenoid and tomatine contents in different typologies of fresh consumption tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 4723-4727.
- [63] Shin, Y., Jung-A. Ryu, Rui Hai Liu, Nock, J. A., Watkins, C. B., 2008. Harvest maturity, storage temperature and relative humidity affect fruit quality, antioxidant contents and activity, and inhibition of cell proliferation of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology* 49 (2): 201-209.
- [64] Wang, S.Y., Chien, C. C., Wang, Y., 2009. The influence of light and maturity on fruit quality and flavonoid content of red raspberries. *Food Chemistry* 112 (3): 676-684.
- [65] Perucka, I., Materska, M., 2007. Antioxidant vitamin contents of *Capsicum annuum* fruit extracts as affected by processing and varietal factors. *Acta Scientiarum Polonorum - Technologia Alimentaria* 6 (4): 67-74.
- [66] Pellegrini, N., Colombi, B., Salvatore, S., Brenna, O. V., Galaverna, G., Del Rio, D., 2007. Evaluation of antioxidant capacity of some fruit and vegetable foods: Efficiency of extraction of a sequence of solvents. *Journal of Science of Food and Agriculture* 87: 103-111.
-
-