



Brokkolinin (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) İnsan Sağlığına Yararları

Gölge SARIKAMIŞ

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 06110, ANKARA

*Sorumlu Yazar

e-posta: golge.sarikamis@agri.ankara.edu.tr

Geliş Tarihi : 30 Mayıs 2011

Kabul Tarihi : 22 Ağustos 2011

Özet

Günümüzde sebze ve meyve tüketiminin başta kanser olmak üzere pek çok hastalığa karşı koruduğu, yaşlanmayı geciktirici etki gösterdiği bilinmektedir. Brokkoli, zengin vitamin ve mineral içeriğinin yanı sıra içerdiği sulforofan (4-methylsulphanylbutyl isothiocyanate) sayesinde kansere karşı koruyucu özelliğe sahip bir sebze türü olarak önem kazanmıştır. Antikanserojenik aktiviteye sahip olduğu bildirilen sulforofan, doğal olarak sadece lahanalar grubu sebze türlerinde ve en çok da brokkolide bulunan bitkilerin ikincil metabolizma ürünüdür. Sunulan makalede, etki mekanizması büyük ölçüde açıklanmış brokkolinin insan sağlığı bakımından yararlarına güncel araştırma sonuçlarına dayanılarak yer verilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Brokkoli, kanser, sulforofan

Health Promoting Properties of Broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*)

Abstract

The association between consumption of fruits and vegetables and reduction in the risk of several diseases particularly cancer has been studied extensively over the past several years. Broccoli has gained importance for protection against cancer due to its rich vitamin and mineral content as well as sulforaphane (4-methylsulphanylbutyl isothiocyanate) content. Sulforaphane is a plant secondary metabolite known to have anticarcinogenic properties and naturally occurs in cruciferous vegetables, broccoli in particular. The aim of the current study is to provide updated information on the importance of broccoli, that has been studied extensively over the last decade, in delivering potential health benefits.

Key words: Broccoli, cancer, sulphoraphane

GİRİŞ

Brokkoli, lahanalar grubu sebzeler (*Brassicaceae* spp.) arasında yer alan ve besleyici değerinin yanı sıra içerdiği bazı fitokimyasallar sayesinde insan sağlığı bakımından yararlı olduğu bilinen bir sebze türüdür. Son yıllarda özellikle kansere karşı koruyucu etki gösterdiğinin bildirilmesiyle daha fazla önem kazanmıştır [1,2]. Bu etki brokkolinin zengin antioksidan içeriği yanı sıra bazı ikincil metabolizma ürünlerine dayandırılmaktadır [3,4,5].

Brokkoli antioksidan özellik taşıdığı bilinen vitamin E (α -tokoferol), vitamin A (öncül maddesi β -karoten) ve vitamin C (askorbik asit) bakımından zengin bir sebzedir. Bu vitaminler, vücudumuzda çeşitli metabolik aktivitelerin sonucunda açığa çıkan serbest oksijen radikallerini nötralize ederek organizmayı, serbest radikallerin neden olabileceği zararlı etkilerden korumaktadır. Brokkolinin antioksidan aktivitesini ortaya koymaya yönelik olarak yürütülen bir çalışmada, askorbat, β -karoten, ve α -tokoferol miktarları diğer lahanalar grubu sebzelerle karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışma sonucunda brokkolinin askorbat miktarının lahanalar grubu diğer sebze türlerine göre oldukça yüksek düzeylerde olduğu (74.71 mg/100 g taze ağırlık), ayrıca β -karoten ve α -tokoferol

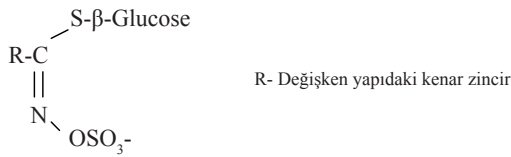
miktarlarının yaprak lahanadan sonra en fazla brokkoli ve Brüksel lahanasında bulunduğu belirlenmiştir [3].

Brokkoli ayrıca iyi bir folik asit (folat, Vitamin B9) kaynağı olarak da gösterilmektedir. Folik asit, pek çok metabolik olayda, DNA sentezi ve tamirinde görev alan, özellikle de alyuvarların oluşumunda yer alan temel bileşendir. Ayrıca, bebeklerde oluşabilecek gelişim bozukluklarını önlediğinden hamilelik döneminde alınması önerilmektedir. Sebze ve meyvelerin folat miktarını belirlemeye yönelik yapılan bir çalışmada, incelenen türler arasında brokkoli en yüksek folat içeriğiyle (240 mcg/100g) ilk sırada gösterilirken brokkoliyi sırasıyla çilek (113 mcg/100g), portakal (44 mcg/100g), kivi (36 mcg/100g), beyaz üzüm (32 mcg/100g), ahududu (31 mcg/100g), muz (29 mcg/100g) ve domatesin (12 mcg/100g) izlediği belirlenmiştir [4].

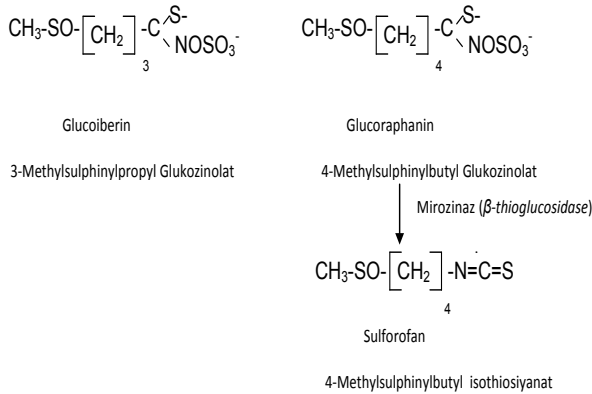
Tüm bu özelliklerinin yanı sıra, glukozinolat adı verilen şeker ve kükürt içerikli ikincil metabolizma ürünlerinin parçalanması sonucunda açığa çıkan sulforofanın kanser başta olmak üzere çeşitli hastalıklara karşı koruyucu etki gösterdiğinin belirlenmesiyle brokkolinin antikanserojen özelliği araştırmalara konu olmuştur [1]

Brokkolide bulunan glukozinolatlar ve etkileri

Glukozinolatlar, brokkoli başta olmak üzere tüm lahana grubu sebzelere (*Brassicaceae* sp.) özgü keskin ve acımsı tad ve aromayı veren ve bitkide savunma mekanizması olarak görev yaptıkları düşünülen ikincil metabolizma ürünleridir. Molekülünde şeker ve kükürtün yanı sıra, değişken yapıda bir kenar zincire (R) sahiptir (Şekil 1). Bu değişken yapı sayesinde, doğada var olduğu bilinen 120'den fazla farklı glukozinolat olduğu bildirilmektedir [6]. En fazla rastlanan glukozinolatlar sentezi methionine amino asiti tarafından başlatılan alifatikler, ardından sentezi tryptophan tarafından başlatılan indoller, ve sentezi phenylalanine/tyrosine tarafından başlatılan aromatik glukozinolatlardır. Brokkolide ağırlıklı olarak alifatik ve indol glukozinolatlar rastlanmaktadır (Çizelge 1).



Şekil 1. Şeker ve kükürt içeren glukozinolat molekülü



Şekil 2. Brokkolide bulunan alifatik glukozinolatlar glucoiberin ve glucoraphanin. Glucoraphanin glukozinolatının mirozinaz enzimi ile parçalanması sonucunda sulforofan oluşumu

Çizelge 1. Brokkolideki glukozinolatlar ve özellikleri

Glukozinolatlar	
Alifatik Glukozinolatlar (Methylsulphinylalkyl)	Glucoiberin 3-methylsulphinylpropyl
	Glucoraphanin 4-methylsulphinylbutyl
Indol Glukozinolatlar	3- Indolylmethyl
	4-Hydroxy-3-indolylmethyl
	4-Methoxy-3-indolylmethyl
	1-Methoxy-3-indolylmethyl

Glukozinolatların parçalanması ile açığa çıkan ürünler

Bitki dokularında herhangi bir nedenle mekanik bir zarar oluştuğunda (kesme, çiğneme, pişirme gibi) glukozinolatlar, yine hücre içerisinde bulunan ve mirozinaz (β -thioglucosidase) adı verilen enzim ile buluşarak parçalanmaktadır. Alifatik glukozinolatların parçalanmasıyla isothiosiyanatlar (Şekil 2) veya nitriller, indol glukozinolatların parçalanmasıyla indoller ortaya çıkmaktadır. Bu parçalanma sonucunda açığa çıkan ürünler bioaktiviteye sahiptirler. Bu ürünlerden bir kısmının kansere karşı koruyucu etki gösterdiği gerek hücre kültürleri, gerekse hayvan deneklerle ve hatta gönüllüler üzerinde sürdürülen araştırmalarla belirlenmiştir [1,2,7].

Yapılan araştırmalar, farklı biyokimyasal formdaki glukozinolatlar arasında, özellikle brokkolide bulunan "glucoraphanin" metabolitinin parçalanması sonucunda açığa çıkan "sulforofanın" (Şekil 2) antikanserojenik etkisini göstermektedir [8, 9, 10, 11, 12]. Bu durum brokkolinin diğer lahana grubu sebzelerin arasından sıyrılarak ön sıralara taşınmasını sağlamıştır. Öte yandan diğer lahana grubu sebzelerden yaprak lahana, beyaz baş lahana gibi türlerde de sulforofanın öncü maddesi glucoraphanin bulunduğu belirlenmiş olmakla birlikte, bitkideki miktarının genellikle brokkoliye göre daha düşük düzeylerde olduğu ortaya konmuştur [13, 14].

Başta sulforofan olmak üzere glukozinolatların parçalanma ürünleri, insanlarda bağışıklık sistemi enzimlerini (ör: glutathione transferase gibi) harekete geçirerek, zararlı maddelerin tutulması ve idrar yolu ile vücuttan atılmasını sağlamaktadır [5]. Böylece potansiyel kanserojenlerin DNA'yı hedef alarak zarar vermesi ve ilerde kontrolsüz hücre bölünmesi yani kansere dönüşmesinin engellenmesi sağlanmaktadır.

Bu bilgiler ışığında, bitki türlerinin yararlı metabolitlere dönüşebilecek yapıdaki glukozinolatlar bakımından zengin olması tercih edilen bir durumdur. Ancak, bitkilerin glukozinolat içeriği genetik ve çevresel faktörlere bağlı olarak büyük oranda farklılıklar göstermektedir.

Bitkilerin Glukozinolat içeriğini etkileyen faktörler

Genetik Faktörler

Bitkinin genetik yapısı glukozinolat içeriğini belirlemektedir. Bu nedenle, aynı familya içerisinde yer almalarına rağmen, lahana grubu sebzeler arasında sentezledikleri glukozinolatlar ve miktarları bakımından farklılıklar bulunmakta yine çeşitler arasında da farklılıklar gözlemlenmektedir. Lahana grubu sebzeler arasında brokkoli diğer pek çok türe göre yararlı glukozinolatlarca ön plana çıkmakta, öte yandan, kültür çeşitlerindeki miktarlar düşük düzeylerde kalmaktadır [15]. Yüksek düzeylerde glukozinolat içeren yeni brokkoli çeşitleri geliştirmek amacıyla yürütülen bir ıslah çalışmasında, brokkoliye akraba yabancı bir tür ile bir kültür çeşidi melezlenerek daha fazla glukozinolat içeren yeni hatlar geliştirilmiştir [5, 15, 16]. Ayrıca söz konusu brokkoli ıslah hatları kullanılarak, genetik ve moleküler yaklaşımlarla, bitki genomu üzerinde glukozinolat senteziyle ilişkili bölgeler ve bu bölgeler üzerinde yer alan moleküler markerlar belirlenmiştir [15]. Brokkolideki yararlı glukozinolatların artırılmasını hedefleyen bu çalışmaların tersine, brassica cinsine dahil başka bir tür olan kolza (*Brassica napus*) bitkisinde sentezlenen ve kolzanın yağ çıkartıldıktan sonra kalan kısmının hayvan yemi olarak tüketildiği durumda hayvanlarda guatr ve benzeri sağlık sorunları oluşturan 2-hidroxy-3-butenyl glukozinolatının ve bunun parçalanması sonucu oluşan 5-vinyloxazolidine-2-thione adlı metabolitin miktarını azaltmaya yönelik yürütülen bir ıslah

çalışmasıyla da ilk kez glukozinolat miktarı belirgin şekilde azaltılmış kolza çeşidi geliştirilmiştir [17]. Yukarıda açıklanan örnekler, genetik faktörlerin glukozinolat sentezi üzerine belirleyici etkisini ortaya koymaktadır.

Çevresel Faktörler

Bitkilerin glukozinolat içeriğini genetik faktörlerin yanı sıra yetiştiricilik sırasındaki iklim ve toprak faktörleri de etkilemektedir [18,19,20,21] Bu etki daha çok sentezlenen glukozinolat tipinden çok, glukozinolat miktarlarındaki değişimler şeklinde kendini göstermektedir. Bu alanda yürütülen araştırmalar, yetiştiricilik sırasında toprağın mineral madde içeriğinin glukozinolat miktarını etkilediğini göstermektedir [20,22,23] Özellikle glukozinolatların yapısında yer alan kükürt ve azotun, yetiştiricilik yapılan topraktaki miktarları ile glukozinolat miktarları arasında yakın bir ilişki bulunduğu düşünülmektedir. Yapılan bir araştırmada, düşük azot ve yüksek kükürt dozları uygulanan baş lahanalarda toplam glukozinolat miktarlarının yüksek düzeylere çıktığını ortaya koymuştur [24]. Diğer bir bulgu ise düşük azot ve yüksek kükürt dozları uygulandığında bitkilerde alifatik ve aromatik glukozinolat birikiminin meydana geldiği öte yandan yüksek azot uygulamalarıyla indol glukozinolat miktarlarında artış olduğudur [25,26].

İklimsel faktörlerin glukozinolatlar üzerine etkisi konusundaki araştırmalar ise oldukça sınırlıdır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, yetiştiricilik sırasındaki yüksek sıcaklıkların glukozinolat miktarlarında artışa neden olduğu yönündedir [18,19,20].

Glukozinolatların Bitkinin Farklı Organ ve Dokularındaki Dağılımı

Bitkinin farklı gelişme dönemlerinde ve farklı kısımlarında glukozinolat miktarları değişiklik göstermektedir. En fazla glukozinolat birikiminin tohumlarda gerçekleştiği, ardından genç fide döneminde miktarların fazla olduğu belirlenmiştir [27]. Brokkoli ile aynı familyada yer alan ve bilim dünyasında model bitki olarak adından söz ettiren *Arabidopsiste* yürütülen bir ontogenik çalışmada, alifatik glukozinolatların çiçeklenmeye doğru önemli düzeyde azaldığını, buna karşın çiçek tomurcuklarında miktarların artış gösterdiğini belirtmektedir [28].

Hasat sonrası depolama ve ürünlerin işlenmesine bağlı olarak glukozinolat miktarlarındaki değişimler

Hasat edilen ürünlerin tüketiciye ulaşıncaya değin geçirdiği süreçte, glukozinolat miktarlarında değişimler olabilmektedir. Olası değişimleri belirlemek amacıyla yürütülen bir çalışmada +4°C'de 7 gün boyunca depolanan brokkolilerin glukozinolat miktarında önemli bir düşüşün olmadığı belirlenmiştir [29]. Ancak, ürünlerin özellikle kesme, doğrama vb. işlemler uygulandıktan sonra depolanmasının özellikle indol glukozinolatların miktarında artış yarattığını göstermiştir [30]. Indol glukozinolatlar, özellikle stres şartlarında artış gösterdiği bilinen bir gruptur. O nedenle, kesme işlemi sonrasında indol glukozinolatlardaki artış, mekanik bir etkiyle yaratılan strese bağlı olarak gelişmiş bir tepki olarak değerlendirilebilir. Ürünler, tüketiciye ulaştıktan sonra, seçilen pişirme yönteminin de glukozinolat miktarını etkilediği, buharda ve mikrodalgada pişirilen brokkolide glukozinolat miktarında önemli bir değişim olmadığı, öte yandan, suda haşlama ile önemli düzeyde kayıplar olduğu bildirilmektedir [29]. Diğer bir bulgu ise,

mikrodalgada pişirmenin glukozinolat miktarını az da olsa düşürdüğü, fakat buharda pişirmenin glukozinolat miktarını etkilemediğini vurgulamaktadır [31]. Pişirme yönteminin yanı sıra pişirme süresinin etkisini de ele alan araştırmacılar kısa süreli pişirmenin önemini de belirtmektedirler [32]. Büyük olasılıkla, kısa süreli ısı uygulamasıyla mirozinaz enzimi aktif olmakta, glukozinolatları yararlı metabolitlere dönüştürmekte ve tüketen bireylerin yararlanmasına olanak sağlamaktadır. Diğer taraftan, yüksek derecede ve uzun süreli ısı uygulamalarına bağlı olarak mirozinaz enzimi doğrudan inaktif duruma geçmekte ve glukozinolatlar parçalanmamakta, bu durumda glukozinolatların yararlı bileşiklere dönüşümü gerçekleşmemektedir.

SONUÇ

Brokkoli içerdiği glukozinolatlar ve bunların parçalanmasıyla oluşan sulforofan sayesinde kansere karşı koruyucu etki gösterdiği bildirilen önemli bir sebze türüdür. Ancak gerek kültür çeşitlerindeki glukozinolat miktarlarının genellikle düşük düzeylerde bulunması, gerekse yetiştiricilik sırasındaki ve sonrasındaki şartlara bağlı olarak değişiklik göstermesi gibi nedenlerle tüketicilerin sağlayacağı yarar düzeyi önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Ayrıca, tüketen bireylerin genetik yapısına (fonksiyonel Glutathione-S-transferase M1; GSTM1 allel taşınmasına) bağlı olarak yarar düzeyi değişebilmektedir [33]. Bu nedenle, sağlık açısından beklenen yararları sağlayabilmek için öncelikle glukozinolat içeriğini etkileyen faktörlerin bilinmesi ve ardından glukozinolat içeriğini artırmaya yönelik hedefler oluşturulması önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Li Y, Zhang T, Korkaya H, Liu S, Lee HF, Newman B, Yu Y, Clouthier SG, Schwartz SJ, Wicha MS, Sun D. 2010. Sulforaphane, a dietary component of broccoli/broccoli sprouts, inhibits breast cancer stem cells. *Clinical Cancer Research*. 16(9): 2580-2590.
- [2] Priya DK, Gayathri R, Gunassekaran G, Murugan S, Sakthisekaran D. 2011. Chemopreventive role of sulforaphane by upholding the GSH redox cycle in pre- and post-initiation phases of experimental lung carcinogenesis. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*. 12(1):103-110.
- [3] Kurilich AC, Tsau GJ, Brown A, Howard L, Klein BP, Jeffery EH, Kushad M, Wallig MA, Juvik JA. 1999. Carotene, tocopherol, and ascorbate contents in subspecies of Brassica oleracea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47(4): 1576-1581.
- [4] Martin H, Comeskey D, Simpson RM, Laing WA, McGhie TK. 2010. Quantification of folate in fruits and vegetables: A fluorescence-based homogeneous assay. *Analytical Biochemistry*. 402 (2): 137-145.
- [5] Mithen R, Faulkner K, Magrath R, Rose P, Williamson G, Marquez J. 2003. Development of isothiocyanate enriched broccoli, and its enhanced ability to induce phase 2 detoxification enzymes in mammalian cells. *Theoretical and Applied Genetics*. 106: 727-734.
- [6] Mithen R. 2001. Glucosinolates and their degradation products. *Advances in Botanical Research*. 35: 213-262.
- [7] Traka MH, Spinks CA, Doleman JF, Melchini A, Ball RY,

- Mills RD, Mithen RF. 2010. The dietary isothiocyanate sulforaphane modulates gene expression and alternative gene splicing in a PTEN null preclinical murine model of prostate cancer. *Molecular Cancer*. 9:189.
- [8] Egner PA, Chen JG, Wang JB, Wu Y, Sun Y, Lu JH, Zhu J, Zhang YH, Chen YS, Friesen MD, Jacobson LP, Muñoz A, Ng D, Qian GS, Zhu YR, Chen TY, Botting NP, Zhang Q, Fahey JW, Talalay P, Groopman JD, Kensler TW. 2011. Bioavailability of Sulforaphane from two broccoli sprout beverages: results of a short-term, cross-over clinical trial in Qidong, China. *Cancer Preventive Research*. 4(3):384-395.
- [9] Melchini A., Costa C, Traka M., Miceli N., Mithen R, De Pasquale R, Trovato A. 2009. Erucin, a new promising cancer chemopreventive agent from rocket salads, shows anti-proliferative activity on human lung carcinoma A549 cells. *Food Chemical Toxicology* 47: (7) 1430-1436.
- [10] Moon JK, Kim JR, Ahn YJ, Shibamoto T. 2010. Analysis and anti-Helicobacter activity of sulforaphane and related compounds present in broccoli (*Brassica oleracea* L.) sprouts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58 (11):6672-7.
- [11] Traka M, Gasper AV, Melchini A, Bacon JR, Needs PW, Frost V, Chantry A, Jones A ME, Ortori CA, Barrett DA, Ball RY, Mills RD, Mithen RF. 2008. Broccoli consumption interacts with GSTM1 to perturb oncogenic signalling pathways in the prostate. *PLoS ONE* 3:e2568.
- [12] Verkerk R, Schreiner M, Krumbein A, Ciska E, Holst B, Rowland I, De Schrijver R, Hansen M, Gerhäuser C, Mithen R, Dekker M. 2009. Glucosinolates in Brassica vegetables: the influence of the food supply chain on intake, bioavailability and human health. *Molecular Nutrition and Food Research*. 53, Suppl 2:S219.
- [13] Sarıkamış G, Balkaya A, Yanmaz R. 2008. Glucosinolates in kale genotypes from the blacksea region of Turkey. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*. 22(4), 942-946.
- [14] Sarıkamış G, A. Balkaya, R. Yanmaz. 2009. Glucosinolates within a collection of white head cabbages (*Brassica oleracea* var. *capitata* sub.var. *alba*) from Turkey. *African Journal of Biotechnology*. 8(19): 5046-5052
- [15] Sarıkamış G, Marquez J, McCormack A, Bennett R, Roberts J, Mithen R. 2006. High glucosinolate broccoli-A delivery system for sulforaphane. *Molecular Breeding*. 18: 219-228.
- [16] Faulkner K, Mithen R, Williamson G. 1998. Selective increase of the potential anticarcinogen 4-methylsulphinylbutyl glucosinolate in broccoli. *Carcinogenesis*. 19:605-609.
- [17] Toroser D, Thormann CE, Osborn TC, Mithen R. 1995. RFLP mapping of quantitative trait loci controlling seed aliphatic glucosinolate content in oilseed rape (*B. napus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 91: 802-808.
- [18] Cartea M E, Velasco P, Obregon S, Padilla G, De Haro A. 2008. Seasonal variation in glucosinolate content in Brassica oleracea crops grown in northwestern Spain. *Phytochemistry*. 69: 403-410.
- [19] Pereira FM, Rosa E, Fahey JW, Stephenson KK, Carvalho R, Aires A. 2002. Influence of temperature and ontogeny on the levels of glucosinolates in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) sprouts and their effect on the induction of mammalian phase 2 enzymes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50: 6239-6244.
- [20] Schonhof I, Blankenburg D, Müller S, Krumbein A. 2007. Sulfur and nitrogen supply influence growth, product appearance, and glucosinolate concentration of broccoli. *Journal of Plant Nutrition and Soil Sciences*. 170: 65-72.
- [21] Velasco P, Cartea ME, Gonzalez C, Vilar M, Ordas A. 2007. Factors affecting the glucosinolate content of kale (*Brassica oleracea acephala* Group). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55: 955-962.
- [22] Aries A, Rosa E, Carvalho R. 2006. Effect of nitrogen and sulfur fertilization on glucosinolates in the leaves and roots of broccoli sprouts (*Brassica oleracea* var *italica*) *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 86: 1512-1516.
- [23] Kopsell DA, Kopsell DE, Lefsrud MG, Curran-Celentano J, Dukach LE. 2004. Variation in lutein, β -carotene, and chlorophyll concentrations among *Brassica oleracea* cultivars and seasons. *HortScience*. 39: 361-364.
- [24] Rosen CJ, Fritz VA, Gardner GM, Hecht SS, Carmella SG, Kenney PM. 2005. Cabbage yield and glucosinolate concentrations as affected by nitrogen and sulphur fertility. *HortScience*. 40: 1493-1498.
- [25] Chen X, Zhu Z, Ni X, Qian Q. 2006. Effect of nitrogen and sulphur supply on glucosinolates in *Brassica campestris* ssp. *Chinensis*. *Agricultural Sciences in China*. 5(8): 603-608.
- [26] Li S, Schonhof I, Krumbein A, Li L, Stutzel H, Schreiner M. 2007. Glucosinolate concentration in Turnip (*Brassica rapa* ssp. *rapifera* L.) roots as affected by nitrogen and sulfur supply. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55: 8452-8457.
- [27] Sarıkamış G, Demir D. 2010. Glucosinolates in seeds and seedlings of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). 28th International Horticultural Congress. 22-27 August 2010, Lisbon, Portugal, p. 630.
- [28] Brown PD, Tokuhisa JG, Reichelt M, Gershenzon J. 2003. Variation of glucosinolate accumulation among different organs and developmental stages of *Arabidopsis thaliana*. *Phytochemistry*. 62:471-481.
- [29] Song L, Thornalley PJ. 2007. Effect of storage, processing and cooking on glucosinolate content of Brassica vegetables. *Food and Chemical Toxicology*. 45: 216-224.
- [30] Verkerk R, Dekker, M, Jongen WMF. 2001. Post-harvest increase of indolyl glucosinolates in response to chopping and storage of *Brassica* vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 81(9):953-958.
- [31] Rungapamestry V, Duncan AJ, Fuller Z, Ratcliffe B. 2006. Changes in glucosinolate concentrations, myrosinase activity, and production of metabolites of glucosinolates in cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) cooked for different durations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54: 7628-7634.
- [32] Lopez-Berenguer C, Carvajal M, Moreno DA, Viguera ACG. 2007. Effects of microwave cooking conditions on bioactive compounds present in Broccoli inflorescences. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55: 10001-10007.
- [33] Joseph MA, Moysich KB, Freudenheim JL, Shields PG, Bowman ED, Zhang Y, Marshall JR, Ambrosone CB. 2004. Cruciferous vegetables, genetic polymorphisms in glutathione S-transferases M1 and T1, and prostate cancer risk. *Nutrition and Cancer*. 50: 206-213.