

TAHILLARDA SİNAPİK ASİT

Hüseyin Boz*

Atatürk Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Erzurum

Geliş tarihi / Received: 20.05.2014

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 01.07.2014

Kabul tarihi / Accepted: 08.07.2014

Özet

Tam tane tahıllar diyet lifi, vitaminler, mineraller ve birçok biyoaktif bileşenler için iyi bir kaynaktır. Biyoaktif bileşenler tahıllar ve tahıl ürünleri gibi birçok gıdada küçük miktarlarda bulunan ekstra beslenme bileşenleridir. Bu maddeler insan sağlığına oldukça faydalıdır ancak insan vücudu için esansiyel değildir. Ferulik asit, sinapik asit ve p-koumarik asit tahıllarda en yaygın olarak bulunan fenolik asitlerdir. Sinapik asit tahıl tanesinin dış tabakalarında lokalize olmuş bir sinnamik asit türevidir. Antioksidan, antimikrobiyel, antiinflamatuvar ve antikanser etkiye sahip olan sinapik asit tahıllarda önemli biyoaktif bileşenlerden biridir. Sinapik asit ve türevlerinin güçlü antioksidan özellikleri nedeniyle gıda işleme, kozmetik sanayi ve ilaç endüstrisinde kullanımı önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Tam tane tahıllar, biyoaktif bileşen, sinapik asit, antioksidan aktivite

SINAPIC ACID IN CEREALS

Abstract

Whole grain cereals are a good source of dietary fiber, vitamins, minerals and bioactive compounds. Bioactive compounds are extra nutritional compounds that typically occur in small quantities in many foods such as cereals and cereal products. These substances are very beneficial to human health but are not essential for the human body. Common phenolic acids found in the grain products were ferulic acid, sinapic acid, and p-coumaric acid. Sinapic acid is a cinnamic acid derivative and is concentrated in the outer layers of the grain. Sinapic acid is one of important bioactive compounds in cereals and shows antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory and anticancer activity. Mainly due to sinapic acid and its derivatives antioxidative activity, these compounds have been suggested for potential use in food processing, cosmetics, and the pharmaceutical industry.

Keywords: Whole-grains, bioactive compound, sinapic acid, antioxidant activity

*Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author;*

✉ huseyinboz@atauni.edu.tr,

© (+90) 442 231 5187,

☎ (+90) 442 231 5348

GİRİŞ

Son yıllarda yapılan çalışmalar tahılların tam un olarak tüketiminin insan sağlığı açısından çok daha faydalı olduğunu göstermektedir. Tam tahıl tüketiminin özellikle kardiovasküler hastalıklar, tip-II diyabet, metabolik sendrom ve kolon kanseri riskini önemli düzeyde düşürdüğü vurgulanmaktadır.

Sağlıklı diyetler için tam tahıl içeren gıdaların tüketimi tavsiye edilmektedir. Tam tahıl ürünlerinin sağlığa faydalı özelliklerinin yüksek düzeyde diyet lifi, vitamin, mineral ve antioksidan içermelerine ek olarak düşük kaloriye sahip olmalarıyla ilişkilendirilmektedir. Tam tahıl ürünleri fenolik maddeler içeren çeşitli fitokimyasallara da sahiptirler ve bu fenolik maddelerin tahıl ürünlerinin antioksidan aktiviteye sahip ana bileşenleri olduğu belirtilmektedir (1, 2). Tahıl tanelerinde büyük oranda perikarp tabakasında lokalize olan fenolik maddeler (3-5), bir veya daha fazla hidroksil grubu ile bir benzen halkası içeren bileşenler olarak tanımlanmaktadır. (6). Tahıl tanelerinde en yaygın olarak bulunan fenolik maddeler fenolik asitler ve flovonoidlerdir (7).

Fenolik asitler hidroksibenzoik asit ve hidroksisinnamik asit türevleri olmak üzere iki grup altında değerlendirilirler ve hem serbest hem de bağlı formda bulunabilirler (7-9). Hidroksisinnamik asitler sinamik asitlerin hidroksi ve metoksi türevleri olan koumarik, kafeik, ferulik ve sinapik asitlerdir. Meyveler, sebzeler ve tahıl ürünleri zengin hidrosisinnamik asit kaynaklarıdır (10-12). Sinapik asit 3,5-dimetoksi-4-hidroksisinnamik asittir ve hem serbest olarak hem de ester formda bitkisel ürünlerde rastlayabilmek mümkündür (13). Hidroksisinnamik esterleri ya şeker esterleri olarak ya da çeşitli organik bileşenlerin esteri olarak bulunabilirler (14, 15).

Antioksidan özelliği ferulik asitten daha yüksek olan sinapik asit (16), bitki ve bitkisel ürünlerin çoğunda bulunabilen gıda, içecek ve kozmetik sanayinde oldukça geniş kullanım alanına sahip olan bir asittir. Özellikle son yıllarda sinapik asit ve türevlerinin (sinapin, 4-vinilsyringol, sinapol esterleri, syringaldehid) çeşitli biyolojik aktivitelere sahip olduklarına dikkat çekilmektedir. Sinapik asidin antimikrobiyel, antikanser ve anti-inflamatuar etki gösterdiği vurgulanırken, 4-vinilsyringolün

güçlü bir antimitojenik ajan, sinapin'in ise asetilkolinesteraz inhibitörü oldukları bildirilmektedir (15).

Bu çalışmanın amacı konu ile ilgili yapılan bilimsel çalışmaları derleyerek sinapik asidin yararları üzerinde durmaktır.

Tahıllar ve Tahıl Ürünlerinde Sinapik Asit

Tahılların önemli düzeyde sinapik asit içerdiği bildirilmektedir. Çavdarda ferulik asitten sonra en fazla bulunan hidroksisinnamik asidin sinapik asit olduğu ve toplam fenolik asit miktarının yaklaşık %10'a tekabül ettiği belirtilmektedir (17). Yulaf çeşitlerinde sinapik asit içeriğinin 56.05 µg/g (18), tam buğday ununda yaklaşık 63 mg/kg düzeyinde olduğu belirlenmiştir (8). Çizelge 1'de bazı tahıl ve ürünlerinin sinapik asit miktarı verilmiştir.

Çizelge 1: Bazı tahıl ve ürünlerinin sinapik asit içerikleri (8)

Tahıllar ve ürünleri	Sinapik asit (mg/kg)
Çavdar unu	120±12
Tam çavdar unu	130±13
Çavdar kepeği	480±30
Çavdar ekmeği	74±5.1
Tam buğday unu	63±3.6
Rafine buğday unu	8.0±0.01
Buğday kepeği	200±32
Rafine buğday ekmeği	6.9±0.88
Arpa unu	11±1.7
Yulaf kepeği	90±18
Yulaf gevreği	55±2.4
Mısır unu	57±2.9

Çizelge 1 incelendiğinde tahılların kepek kısmının sinapik asit bakımından diğer kısımlara kıyasla daha zengin olduğu görülmektedir. Tahılların endosperm kısmının diğer biyoaktif bileşenlerde olduğu gibi sinapik asit bakımından da oldukça fakir olduğu, sinapik asitçe zengin bir diyet için tahılların kepeği ile birlikte tüketilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

Tahıl Fraksiyonlarında Sinapik Asit

Tahıl tanelerinin farklı fraksiyonlarının bileşiminin de farklı olduğu bilinmektedir. Örneğin tanenin endosperm kısmı nişasta bakımından zengin iken, kepek kısmı ise diyet lifi ve mineral bakımından öne çıkmaktadır. Tahıl tanelerinde sinapik asidin tanenin merkezinde değil de kabuğa yakın kısımlarında lokalize olduğu belirtilmektedir (Çizelge 2). Tahıl çeşidi olarak değerlendirildiğinde arpada perikarp, buğdayda

germ, yulaf ve mısırdaki ise aleuron fraksiyonlarının sinapik asit bakımından zengin oldukları görülmektedir. Çalışmada kullanılan dört farklı tahıl (arpa, buğday, yulaf ve mısır) çeşidi içerisinde mısırın en yüksek düzeyde sinapik asit içerdiği görülmektedir.

Çizelge 2. Tahıl fraksiyonlarının ortalama sinapik asit içeriği ($\mu\text{g/g}$) (19)

	A	B	Y	M
Tam tane	51	66	57	133
Perikarp	125	200	124	465
Aleuron	113	245	178	1956
Germ	-	403	-	146

A: Arpa, B: Buğday, Y:Yulaf, M: Mısır

Antioksidan Etkisi

Günümüzde fenolik bileşenler gibi doğal antioksidanların fonksiyonel gıda bileşeni olarak kullanımı oldukça yaygındır (20, 21). Doğal antioksidanların reaktif oksijen türlerinden kaynaklanan oksidatif zararı önleme veya erteleme gibi özelliklerinin olduğu bilinmektedir (22). Tahıl tanelerinde perikarp, testa gibi dış tabakaların antioksidan bakımından daha zengin olduğu tespit edilmiş, yüksek düzeyde doğal antioksidan içeren tanenin bu kısımlarının gıdaların üretiminde fonksiyonel bileşen olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir (5). Gıdaların işlenmesi sırasında uygulanan ısıl işlem, pastörizasyon, fermentasyon ve dondurma gibi işlemlerin bağlı olarak bulunan fenolik asitlerin serbest hale geçmesine yardımcı olduğu bildirilmiştir (23).

Sinapik asidin ferulik asitten daha güçlü bir antioksidan olduğu bildirilmektedir. Materska and Perucka (24) yaptıkları çalışmada ferulik ve sinapik asitlerin antioksidan aktivitelerinde karboksil grubundaki hidrojenin önemli role sahip olduğunu belirtmişlerdir. Hidroksisinnamik asitlerin antioksidan etkinliğinin aromatik yapıdaki hidroksil fonksiyonlara ve yapısal özelliklerine bağlı olduğu bildirilmiştir. Ayçiçeği yağının triaçilgliserollerinde (0.02–0.2 g/kg) sinapik asidin 90 °C'de 22 °C'den daha yüksek antioksidan aktivitesine sahip olduğu (25), 90 °C ile 130 °C sıcaklık aralığında sinapik asidin antioksidan aktivitesinin protokatesüik asitten daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (26, 27). Ayrıca sinapik asit ve esterlerinin antioksidan aktivitelerinin ferulik asitten yüksek olmasını sinapik asidin daha fazla metoksi grup içermesine bağlamışlardır.

İşleme Şartlarına Dayanıklılığı

Gıdaların işlenmesi sırasında uygulanan işlemlerin gıda bileşenlerini etkilediği bilinmektedir. Fenolik bileşenlerin işleme sırasında stabil olmadığı bildirilmektedir (28). Özellikle enzimatik aktivite ve sıcaklıktaki artış gibi faktörlerin fenolik antioksidanlarda yıkıma neden olduğu belirtilmektedir (29, 30).

Genel olarak fenolik asitlerin gıda işleme şartlarına dayanıklı olduğu ancak yüksek sıcaklık ve pH'nın aktivitelerini olumsuz etkileyen en önemli faktörler arasında yer aldığı ifade edilmektedir (31). Tahılların malt haline getirilmesinin serbest fenolik asit içeriğinde artışa neden olduğu belirlenmiştir (32). Tam buğday unu içeren fırın ürünlerinde yapılan bir çalışmada serbest fenolik asit miktarı yüksek, bağlı fenolik asit miktarı ise düşük olarak tespit edilmiş, bu değişikliğin nedeni olarak bağlı formda bulunan fenolik asitlerin ısıl işlemin etkisi ile serbest hale geçmeleri gösterilmiştir (33). Kek ve bisküvi gibi tahıl ürünlerinde fenolik asitlerin, yağ içermeyen ve su içeriği daha yüksek olan ekmeklere kıyasla daha dayanıklı olduğu belirlenmiş ve fenolik asitlerin bu dayanıklılığı, yağ içeren fırın ürünlerinde daha sınırlı düzeyde oksidasyona maruz kalmaları ile ilişkilendirilmiştir (33, 34). Diğer taraftan bütün fenolik asitlerin antioksidan aktivitelerinin sıcaklıktaki artışla azaldığı ve 150 °C'de fenolik asitlerin aktivite gösteremediği belirlenmiştir (35).

180 °C'de ısıtma sırasında fitosterollerin korunmasında doğal ve sentetik antioksidanların etkileri araştırılmış ve sinapik asidin yağ esaslı gıdalarda oldukça geniş kullanım alanına sahip sentetik antioksidan olan BHT'den daha etkili olduğu belirlenmiştir (36).

Sağlık Açısından Önemi

Tahılların içerdiği serbest fenolik asitlerin perikarp tabakasının dış kısmında (8, 37), bağlı fenolik asitlerin ise hücre duvarlarında ester olarak bulunduğu bildirilmektedir (38, 39). Tam tahıl tanelerinin sağlığa faydalı etkileri serbest ve bağlı formda içerdiği fitokimyasallardan kaynaklandığı ve bu fitokimyasalların çoğunun hücre duvarı materyallerine bağlı, çözünmez formda oldukları için sindirimlerinin oldukça zor olduğu belirtilmektedir. Sindirimi oldukça zor olan hücre duvarı materyallerinin üst gastrointestinal sistemden geçerek kolona ulaşabileceği ve antioksidan içeren

bir ortam sağlayabileceği bildirilmektedir. Örneğin tahıl kepeğinden elde edilmiş hidrokisisinnamik asitler sayesinde instestinal mukoza ve mikroflora kaynaklı gastroinstestinal esterazın serbest kalabileceği düşünülmektedir. Bu yüzden tam tahıl ve ürünlerinin tüketiminin kolon kanseri riskini önemli düzeyde düşürebileceği ifade edilmektedir (9).

Tip-2 diyabetin bütün dünyada en büyük sağlık problemlerinden biri olduğu bildirilmektedir. Gelecek on yıl içerisinde mevcut 336 milyon tip-2 diyabet hastası sayısının 552 milyona yükseleceği tahmin edilmektedir. Yapılan araştırmalar tam tahıl içeren ürünlerin tüketiminin tip-2 diyabet riskini %20-30 oranında düşürdüğünü göstermektedir (40). Diyabetik hayvanlarda yapılan çalışmalarda sinapik asidin antihiperlipidemik etkisinin olduğu ve kan glikoz seviyesini düşürdüğü belirtilmektedir (41). Diyabetik farelerde yapılan bir çalışmada sinapik asidin kan üre, serum kreatinin ve ürik asit değerlerinde azalmaya, toplam protein ve albümin değerlerinde ise artışa neden olduğu belirlenmiştir (42).

Bitkilerde hücre membranlarının bileşenleri olarak fitosterollerin kolesterol absorpsiyonuna etkileri nedeniyle toplam serum ve LDL kolesterol seviyelerinde azalmaya neden oldukları, fenolik bileşiklerin ise fitosterollerini koruyucu etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (15).

Fenolik bileşiklerin, lipid peroksidasyon zincir reaksiyonunun radikal süpürücüleri olarak çalıştığı, vücutta reaktif serbest radikal türlerine bir elektron vererek onların hücredeki potansiyel zararlı zincir reaksiyonlarını nötralize ettikleri bildirilmektedir (43).

Antimikrobiyel Etkisi

Gıdalarda mikrobiyel kontaminasyon gıdanın sadece raf ömrünün kısılmasına ve bozulmasına neden olmaz aynı zamanda insanlarda hastalıklara ve büyük ekonomik kayıplara da neden olabilmektedir (22, 44). Hidrokisisinnamik asitlerin gıda kaynaklı patojenlere ve bütün dünyada önemli sağlık sorunlarına ve ölümlere neden olan metisilin dirençli *Staphylococcus aureus*'a karşı yüksek düzeyde antimikrobiyel etkiye sahip oldukları bildirilmektedir (22).

Mikroorganizmaların konvansiyonel antibiyotiklere karşı dirençli hale gelmeleri halk sağlığı açısından

önemli bir sorun olduğu ve bu sorunun çözülebilmesi yeni antimikrobiyel özelliğe sahip maddelerin bulunabilmesiyle mümkün olabileceği düşünülmektedir (15, 22, 45). Sinapik asidin hem de hayvansal patojenlere karşı antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu belirtilmektedir. Sinapik asidin birçok ürün çeşidinde bozulmaya sebep olan *Xylella fastidiosa*'ya; depolanmış meyvelerde çürümelere neden olabilen *Erwinia carotovora*'ya; *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogens*, *Pseudomonas fluorescens* gibi Gram negatif bakterilere, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Streptococcus lactis* ve *Streptococcus cremoris* gibi Gram pozitif bakterilere karşı antimikrobiyel aktivite gösterdiği gözlemlenmiştir. Özellikle sıvı kültürlerde % 0.6'lık sinapik asidin 48 saatlik inkübasyondan sonra canlı hücre sayısında %97.7 - 99.1 düzeyinde bir azalmaya neden olduğu belirtilmektedir (15). Bitkilerden elde edilen sinapik asit ekstraktlarının *Salmonella enterica*'ya karşı bakterisidal etki gösterdiği bildirilmektedir (46).

SONUÇ

Tam tahıl ürünlerinin düzenli olarak tüketilmesinin kardiovasküler hastalıklar, diyabetler ve kanser gibi birçok kronik hastalık riskini düşürdüğü bildirilmektedir. Tam tahılların insan sağlığına faydalı bu etkilerinin tahılların kepek ve germ fraksiyonlarında yoğunlaşmış sinapik asit gibi birçok biyoaktif maddeden kaynaklandığı belirtilmektedir. Bu nedenle ülkemizde beslenmede önemli bir yere sahip olan tahılların tam tahıl ürünü olarak tüketilmelerinin sağlık açısından büyük öneme sahip olduğu, antioksidan ve antimikrobiyel özelliklere sahip sinapik asidin çeşitli gıdalarda doğal koruyucu madde olarak kullanılabilmesi anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Abdel-Aal ESM, Choo TM, Dhillon S, Rabalski I. 2012. Free and bound phenolic acids and total phenolic in black, blue, and yellow barley and their contribution to free radical scavenging capacity, *Cereal Chem*, 89, 198-204.
2. Abdel-Aal ESM, Rabalski I. 2013. Effect of baking on free and bound phenolic acids in wholegrain bakery products. *J Cereal Sci*, 57, 312-318.

3. Manach C, Scalbert A, Morand C, Rémésy C, Jiménez J. 2004. Polyphenols: Food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr*, 79, 727-747.
4. Kim HJ, Hyun JN, Park JC, Kim JG, Lee SJ, Chun SC, Chung IM. 2007. Relation between phenolic compounds, anthocyanins content and antioxidant activity in colored barley germplasm. *J Agr Food Chem*, 55, 4802-4809.
5. Gamel TH, Abdel-Aal ESM. 2012. Phenolic acids and antioxidant properties of barley wholegrain and pearling fractions. *Agr Food Sci*, 21,118-131.
6. Dykes L, Rooney LW. 2007. Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits. *Cereal Food World*, 52(3):105-111.
7. Ragaee S, Seetharaman K, Abdel-Aal ESM. 2014. The impact of milling and thermal processing on phenolic compounds in cereal grains. *Crit Rev Food Sci*, 54, 837-849.
8. Mattila P, Pihlava JM, Hellström J. 2005. Contents of phenolic acids, alkyl- and alkenylresorcinols, and avenanthramides in commercial grain products. *J Agr Food Sci*, 53, 8290-8295.
9. Liu RH. 2007. Whole grain phytochemicals and health. *J Cereal Sci*, 46, 207-219.
10. Manach C, Scalbert A, Morand C, Rémésy C, Jimenez L. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr*, 9:727-47.
11. Budryn G, Rachwal-Rosiak D. 2013. Interactions of hydroxycinnamic acids with proteins and their technological and nutritional implications. *Food Rev Int*, 29, 217-230.
12. Gani A, Wani SM, Masoodi FA, Hameed G. 2012. Whole-grain cereal bioactive compounds and their health benefits. *J Food Process Technol*, 3,146. doi:10.4172/2157-7110.1000146
13. Thiyama U, Stöckmann H, Feldeb TZ, Schwarza K. 2006. Antioxidative effect of the main sinapic acid derivatives from rapeseed and mustard oil by-products. *Eur J Lipid Sci Tech*, 108, 239-248.
14. Li L, Shewry PR, Ward JL. 2008. Phenolic acids in wheat varieties in the health grain diversity screen. *J Agr Food Chem*, 56(21), 9732-9739.
15. Niciforovic N, Abramovic H. 2014. Sinapic acid and its derivatives: natural sources and bioactivity. *Compr Rev Food Sci F*, 13, 34-51.
16. Gaspar A, Martines M, Silva P, Garrido EM, Garrido J, Firuzi O, Miri R, Saso L, Borges F. 2010. Dietary phenolic acids and derivatives. Evaluation of the antioxidant activity of sinapic acid and its alkyl esters. *J Agr Food Chem*, 58, 11273-11280.
17. Bondia-Pons I, Aura AM, Vuorela S, Kolehmainen M, Mykkanen H, Poutanen K. 2009. Rye phenolics in nutrition and health. *J Cereal Sci*, 49, 323-36.
18. Chen CY, Milbury PE, Kwak HK, Collins FW, Samuel P, Blumberg JB. 2004. Avenanthramides and phenolic acids from oats are bioavailable and act synergistically with vitamin C to enhance hamster and human LDL resistance to oxidation. *J Nutr*, 134, 1459-66.
19. Ndolo VU, Beta T. 2013. Comparative studies on composition and distribution of phenolic acids in cereal grain botanical fractions. *J Cereal Chem*, <http://dx.doi.org/10.1094/CCHEM-10-13-0225-R>
20. Bengmark S, Mesa MD, Gil A. 2009. Plant-derived health: The effects of turmeric and curcuminoids. *Nutr Hosp*, 24, 273-281.
21. Soory M. 2009. Relevance of nutritional antioxidant in metabolic syndrome, ageing and cancer: potential for therapeutic targeting. *Infect Disord Drug Targets*, 9, 400-414.
22. Lee DS, Woo JY, Ahn CB, Je JY. 2014. Chitosan-hydroxycinnamic acid conjugates: Preparation, antioxidant and antimicrobial activity. *Food Chem*, 148, 97-104.
23. Dewanto V, Wu X, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agr Food Chem*, 50, 4959-4964.
24. Materska M, Perucka I. 2005. Antioxidant activity of the main phenolic compounds isolated from hot pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). *J Agr Food Chem*, 53,1750-1756.
25. Marinova EM, Yanishlieva NV. 2003. Antioxidant activity and mechanism of action of some phenolic acids at ambient and high temperatures. *Food Chem*, 81, 189-197.

26. Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. 1996. Structure antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Bio Med*, 20(7), 933- 956.
27. Razzaghi-Asl N, Garrido J, Khazraei H, Borges F, Firuzi O. 2013. Antioxidant properties of hydroxycinnamic acids: a review of structure-activity relationships. *Curr Med Chem*, 15, 4436-4450.
28. Talcott ST, Howard LR, Brenes C. H. 2000. Contribution of periderm material and blanching time to the quality of pasteurized peach puree. *J Agr Food Chem*, 48, 4590-4596.
29. Rossi M, Giussani E, Morelli R, Lo Scalzo R, Nani R C, Torreggiani D. 2003. Effect of fruit blanching on phenolics and radical scavenging activity of highbush blueberry juice. *Food Res Int*, 36, 999-1005.
30. Nayak B, Liu RH, Tang J. 2013. Effect of processing on phenolic antioxidants of fruits, vegetables and grains - A review. *Crit Rev Food Sci*, <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2011.654142>
31. Dimberg LH, Sunnerheim K, Sundberg B, Walsh K. 2001. Stability of oat avenanthramides. *Cereal Chem*, 78, 278-281.
32. Hübner F, Arendt EK. 2013. Germination of cereal grains as a way to improve the nutritional value: a review. *Crit Rev Food Sci*, 53, 853-861.
33. Andersson AAM, Dimberg L, Åman P, Landberg R. 2014. Recent findings on certain bioactive components in whole grain wheat and rye. *J Cereal Sci*, 59, 294-311.
34. El-Sayed MAA, Rabalski I. 2013. Effect of baking on free and bound phenolic acids in wholegrain bakery products. *J Cereal Sci*, 57, 312-318.
35. Réblová Z. 2012. Effect of temperature on the antioxidant activity of phenolic acids. *Czech J Food Sci*, 30, 171-177.
36. Kmiecik D, Korczak J, Rudzinska M, Kobus-Cisowska J, Gramza-Michalowska A, Hes M. 2011. β -Sitosterol and campesterol stabilisation by natural and synthetic antioxidants during heating. *Food Chem*, 128,937-42.
37. Subba Rao, MV, Muralikrishna G. 2002. Evaluation of the antioxidant properties of free and bound phenolic acids from native and malted finger millet (Ragi, Eleusine coracana Indaf-15). *J Agr Food Chem*, 50, 889-892.
38. Robbins RJ. 2003. Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *J Agr Food Chem*, 51, 2866-2887.
39. Kim, KH, Tsao R, Yang R, Cui SW. 2006. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions. *Food Chem*, 95, 466-473.
40. Belobrajdic DP, Bird AR. 2013. The potential role of phytochemicals in wholegrain cereals for the prevention of type-2 diabetes. *Nutr J*, 12, 62. <http://www.nutritionj.com/content/12/1/62>
41. Cherng YG, Tsai CC, Chung HH, Lai YW, Kuo SC, Cheng JT. 2013. Antihyperglycemic action of sinapic acid in diabetic rats. *J Agr Food Chem*, 61, 12053-12059.
42. Wilson JS, Ganesan K, Palanisamy M. 2011. Effect of sinapic acid on biochemical markers and histopathological studies in normal and streptozotocin induced diabetes in wistar rats. *Int J Pharm Pharm Sci*, 3(4), 115-120.
43. Voung QV, Hirun S, Philips PA, Chuen TLK, Bowyer MC, Goldsmith CD, Scarlett, CJ. 2014. Fruit-derived phenolic compounds and pancreatic cancer: Perspectives from Australian native fruits. *J Ethnopharmacol*, 152, 227-242.
44. Zeng WC, Zhu RX, Jia LR, Gao H, Zheng Y, Sun Q. 2011. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of essential oil from *Gnaphlium affine*. *Food Chem Toxicol*, 49, 1322-1328.
45. Gibbons S. 2005. Plants as a source of bacterial resistance modulators and anti-infective agents. *Phytochem Rev*, 4, 63-78.
46. Johnson ML, Dahiya JP, Olkowski AA, Classe HL. 2008. The effect of dietary sinapic acid (4-hydroxy-3, 5-dimethoxy-cinnamic acid) on gastrointestinal tract microbial fermentation, nutrient utilization, and egg quality in laying hens. *Poultry Sci*, 87, 958-963.