

TAHILLARDA ARABİNOKSİLANLAR

Hüseyin Boz*

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

Geliş tarihi / *Received*: 30.01.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / *Received in revised form*: 06.05.2015

Kabul tarihi / *Accepted*: 19.05.2015

Özet

Arabinoksilanlar tahılların aleuron ve endosperm hücre duvarlarının majör nişasta içermeyen polisakkaritleridir. Onlar tahıl tanelerinde diyet lifinin ana bileşenleridir ve suda-çözünebilen arabinoksilanlar ve suda-çözünmeyen arabinoksilanlar olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Suda-çözünebilir arabinoksilanlar solüsyonlarda viskoz yapı oluşturabilme kabiliyetlerinin yanı sıra oksidatif ajanlarla muamele edildiklerinde jel oluşturabilme kapasiteleri de mevcuttur. Onlar yüksek düzeydeki su bağlama kapasiteleriyle ekmek yapım kalitesi, nişasta retrogradasyonu ve hamur reolojik özelliklerinde önemli rol oynarlar. Ayrıca arabinoksilanlar gastrointestinal sistemdeki mikroorganizmalar için prebiyotik olarak görev yaparlar.

Anahtar kelimeler: Nişasta içermeyen polisakkarit, arabinoksilan, diyet lifi, prebiyotik

ARABINOXYLANS IN CEREALS

Abstract

Arabinoxylans are the major non-starch polysaccharides of the aleurone and starchy endosperm cell walls of cereals. They are further categorized into water-soluble arabinoxylan, and water-unsoluble arabinoxylan and are the major component of the dietary fiber fraction of cereal grains. Water soluble arabinoxylans are known not only for their ability to form viscous solutions, but also their gelling capacity when treated with an oxidizing agent. Due to their high water binding capacity water soluble arabinoxylans are known to play an important role in rheological properties of dough, retrogradation of starch and breadmaking quality. Additionally, they act as prebiotics for microorganisms in the gastrointestinal tract.

Keywords: Non-starch polysaccharide, arabinoxylan, dietary fiber, prebiotic

*Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ huseyinboz@atauni.edu.tr,

☎ (+90) 442 231 5042,

☎ (+90) 442 231 5348

GİRİŞ

Arabinoksilanlar nişasta içermeyen polisakkaritlerin bir grubudurlar ve pentozan olarak da bilinen arabinoksilanlar tahıl hücre duvarı polisakkaritlerinin temelidirler (1-9). Arabinoksilanlar ticari olarak üretimi yapılan buğday, çavdar, arpa, yulaf ve sorgum gibi tahılların majör diyet lifi bileşenlerinden biridir (1, 10-13). Bu polisakkaritler, tüm tahıl tanelerinde minör bileşenler olarak bulunsalar da bitki hücre duvarlarının önemli unsurlarıdır (1). Endosperm hücre duvarlarının buğdayda yaklaşık %72 (w/w)'si, arpada ise %20 (w/w)'si arabinoksilandan ibarettir (14, 15).

Arabinoksilanlar tahıllarda bulunan majör diyet lifidirler (16, 17) ve fizikokimyasal özellikleri nedeniyle yiyeceklerin fonksiyonlarını da etkileyebilirler (18). Çünkü pentozanlar ve proteinlerin gıdalarda dokusal ve fonksiyonel özellikleri etkileyen önemli bileşenler olduğu belirtilmektedir (6, 19).

Gerek suda çözünebilir arabinoksilanlar gerekse suda çözünmeyen arabinoksilanların su tutma kapasitelerinin oldukça yüksek olduğu belirtilmektedir. Özellikle suda çözünmeyen arabinoksilanların kendi ağırlıklarının yaklaşık 6.7-9.9 katı suyu tutabildikleri ifade edilmektedir. Suda çözünebilir arabinoksilanların çözünmeyenlere kıyasla su tutma kapasitelerinin biraz düşük olmakla birlikte kendi ağırlıklarının yaklaşık 3.5-6.9 katı suyu tutabildikleri (20) ve çok iyi bir fekal kitle artırıcı oldukları belirtilmektedir (4, 21, 22).

BAZI TAHILLARIN ARABİNOKSİLAN İÇERİĞİ

Yaygın olarak tüketilen tahılların arabinoksilan içeriğinin tahıl fraksiyonlarında farklılık gösterdiği belirtilmektedir. Buğday kepeğinde arabinoksilanlar nişasta içermeyen polisakkaritlerin yaklaşık %60-69'nu temsil ederken buğday endosperminde bu oranın %88 olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca tanenin faklı kısımlarından elde edilen arabinoksilanların farklı kimyasal özelliklere sahip oldukları da vurgulanmaktadır (23). Örneğin buğday endosperminden elde edilen arabinoksilanların suda daha fazla oranda çözüldüğü ve nötral özellikte olduğu oysa buğday kepeği arabinoksilanlarının büyük çoğunluğunun suda çözünmediği ve asidik özellik gösterdiği aktarılmaktadır (23, 24). Arpa, buğday ve yulafın hemen hemen eşit düzeyde arabinoksilan içerdiği belirtilirken en yüksek arabinoksilan içeriğine

çavdar, en düşük arabinoksilan içeriğine ise sorgumun sahip olduğu aktarılmaktadır (Çizelge 1) (25). Ayrıca arabinoksilanların tahıl tanelerinin dış tabakalarında daha yüksek düzeyde bulunduğu belirtilmektedir (26).

Çizelge 1: Bazı tahılların arabinoksilan içeriği (25).

Tahıllar	Arabinoksilan (%)
Buğday	6.6
Arpa	6.6
Yulaf	5.8
Çavdar	6.5-12.2
Mısır	4.3
Sorgum	2.8

ARABİNOKSİLANLARIN HAMUR VE EKMEK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

Yüksek su tutma kapasiteleriyle suda çözünebilir arabinoksilanların hamur reolojik özelliklerinde, nişastanın retrogradasyonunda ve ekmeğin kalitesinde önemli rol oynadığı ifade edilmektedir (27). Suda çözünen arabinoksilanların kullanıldığı bir çalışmada 5g/kg konsantrasyonda arabinoksilanın una ilavesinde gluten kalitesini negatif olarak etkilediği ancak ekmeğin hacmini önemli düzeyde artırdığı belirlenmiştir. Aynı çalışmada suda çözünen arabinoksilan ilavesinin ekmeğin tekstürünü pozitif olarak etkilediği, ekmeğin rengi ve aromasında önemli düzeyde bir değişiklik oluşturmadığı gözlemlenmiştir (28). Hamur yapısını geliştirdikleri ve sertliğini düşürdükleri için yoğurma süresini düşürdükleri ifade edilen arabinoksilanların (3, 29) bazı fenolik asitlerle de bağlantı oluşturabildikleri ve özellikle arabinoksilanlarla bağlı halde bulunan ferulik asidin gluten kalitesini düşürdüğü vurgulanmaktadır. Ancak arabinoksilanlardan kaynaklanan ve arzu edilmeyen bu olumsuz etkinin yoğurma öncesinde formülasyona ksilanaz ilave edilerek veya yoğurmada kullanılacak su miktarının artırılmasıyla düzeltilebileceği belirtilmektedir (3). Suda çözünebilir arabinoksilanların çavdar hamurunun işleme özelliklerini pozitif etkilediği, hamur viskozitesini ve ekmeğin hacmini artırdığı bildirilmektedir (30-32).

Fırın ürünlerinde nişasta retrogradasyonu ve bayatlama üzerine arabinoksilanların etkilerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmalarda yedi günlük depolama süresinde hem bayatlamanın hem de ekmeğin içi yapısının çok fazla değişmediği, kontrol ekmeğe kıyasla bayatlamanın sınırlı düzeyde kaldığı belirlenmiştir (1, 31, 33). Diğer

tarafından Courtin and Delcour (20) arabinoksilanların fırın ürünlerinin bayatlamasına depolamanın birinci gününde herhangi bir pozitif etkilerinin olmadığını ancak sonraki günlerde önemli düzeyde stabilite sağlayarak bayatlamayı geciktirdiğini belirtmişlerdir.

Arabinoksilanların ekmek içi tekstüründe pozitif bir etki oluşturduğu bu etkinin bünyelerinde çok iyi su tutmalarından kaynaklandığı, arabinoksilanlar sayesinde ekmek içi nem kaybının sınırlı düzeyde kaldığı vurgulanmaktadır (1). Arabinoksilanların bir başka fonksiyonel özelliği de hamurda gaz tutma kabiliyetleri olarak belirtilmektedir (18). Özellikle termal yıkıma karşı proteinleri koruyucu etki gösterdiği ayrıca nişasta-gluten filmlerinin etrafını sararak pişirme sırasında CO₂ difüzyon oranını düşürdüğü üzerinde durulmaktadır (1). Yine pişirme sırasında arabinoksilanlarda gerçekleşen enzimatik hidroliz ve fiziksel değişimlerin hamurda yumuşamaya neden olduğu bildirilmektedir (32, 34).

ARABİNOKSİLANLARIN YAPISI

Arabinoksilan bir ksiloz gövdesi ve arabinoz yan zincirlerinden oluşan nişasta içermeyen polisakkarittir (23, 35). Arabinoksilanlar genel olarak suda çözünebilir arabinoksilanlar ve suda çözünmeyen arabinoksilanlar olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Arabinoksilanların tanede buldukları fraksiyonlar da farklıdır. Suda çözünebilir arabinoksilanların hücre duvarının dışında, suda çözünmeyen arabinoksilanların ise hücre duvarı içerisinde lokalize oldukları belirtilmektedir (36).

Yapılarında arabinoz ve ksilozdan başka glukuronik asit ve galaktoz gibi monosakkaritler ve çoğunlukla ferulik asit olmak üzere değişen oranlarda fenolik asitleri de içerebilirler (37, 38). Arabinoksilan yapısında ferulik asit küçük miktarlarda bulunsa da onların fonksiyonlarını önemli düzeyde etkileyebilirler. Arabinoksilan ile çapraz bağlantılı ferulik asit dimer ve polimerleri çoğunlukla hücre duvarlarında bulunmakta ve suda çözünmeyen arabinoksilanların en önemli çözünmeme nedenlerinden biri olarak gösterilmektedir. (39). Suda çözünebilir arabinoksilanlar çözeltilerin viskozitesini artırabilme kabiliyetlerine ilaveten oksidatif ajanlarla muamele edildiklerinde çok iyi jel oluşturabildikleri belirtilmektedir (38, 40).

PREBİYOTİK OLARAK ARABİNOKSİLANLAR

Tahıl kaynaklı diyet lifin önemli bir kısmını oluşturan arabinoksilanların potansiyel prebiyotik oldukları aktarılmaktadır (4, 41, 42). Diyet lifinin insan sağlığına birçok faydası olan bir bileşen olduğu bilinmektedir. Sağlığa faydalı bu etkilerin çoğu diyet lifin bağırsaklardaki fermantasyonuyla ilişkilendirilmektedir (4, 43). Kolondaki mevcut mikroorganizmaların baskın bir grubu olan bifidobakterlerin kolonda mevcut mikarorganizmaların yaklaşık %25'ini oluşturdukları belirtilmektedir (4, 44). Bifidobakterlerin bağırsakta fermantasyon sırasında diyet liflerinden kısa zincirli yağ asitleri oluşturarak bağırsak ortamının pH'sını düşürdüğü ve pH'daki bu düşüşün de ortamdaki patojen mikroorganizmaların faaliyetlerini olumsuz etkilediği bildirilmektedir (45). Molist ve ark. (46) yaptıkları çalışmada on iki gün boyunca düzenli olarak buğday kepeği verilen domuzların kısa zincirli yağ asidi, propiyonat ve bütirat fekal konsantrasyonlarının kontrole kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Buğday kepeğinin bu pozitif etkisinin önemli bir kısmı arabinoksilanlara atfedilebilir. Çünkü arabinoksilanlar buğday kepeğindeki nişasta içermeyen polisakkaritlerin en büyük kısmını temsil eder (47). Ayrıca bifidobakterlerin kolesterol düşürücü, bağırsaktan transit geçiş süresini geciktirici etkilerinin yanı sıra vitamin üretme gibi insan sağlığına faydaları olduğu vurgulanmaktadır (4). İnsan sağlığına çok önemli faydaları olan bifidobakterlerin bağırsak florasındaki sayısını artırmanın en kolay ve sağlıklı yolu diyetle birlikte prebiyotik tüketiminden geçmektedir. Arabinoksilanlar ve onların hidroliz ürünleri olan arabino-ksilo oligosakkaritlerin laktobasiller ve bifidobakterler gibi probiyotikler için prebiyotik etkiye sahip oldukları ifade edilmektedir (9, 48-52). Arabinoksilanların ince bağırsağa geçiş sırasında mikrobiyal degradasyona karşı β -glukana kıyasla daha dirençli olduğu ve su tutma kapasitelerinin yüksekliği nedeniyle bağırsak viskozitesini artırdığı ifade edilmektedir (47, 53).

SONUÇ

İnsan beslenmesinde diyet lifi ve prebiyotiklerin büyük öneme sahip olduğu yıllardır yapılan oldukça pahalı ve kapsamlı araştırmalarla gösterilmiş ve gıda ürünlerinin bu bileşenler

bakımından zenginleştirilmesi önerilmiştir. Oldukça geniş bir popülasyona hitap eden fırın ürünlerinin diyet lifi bakımından zenginleştirilmesinde aynı kaynaktan bir bileşen olan arabinoksilanların kullanılabilmesi yâda bu ürünlerin üretiminde rafine beyaz un yerine tam tahıl unlarının kullanılmasının beslenme açısından daha faydalı olabileceği bir kez daha anlaşılmıştır. Ayrıca yüksek su tutma kapasiteleri ve viskozite artırma kabiliyetleri olduğu anlaşılan arabinoksilanların fırın ürünlerine ilaveten et ürünleri ve özellikle diyabetik ürünlerde kullanılabilirliklerinin araştırılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Izydorczyk MS, Biliaderi CG. 1995. Cereal arabinoxylans: Advances in structure and physicochemical properties. *Carbohydr Polym*, 28, 33-48.
2. Vries DJW, Prosky L, Li B, Cho S. 1999. A historical perspective on defining dietary fiber. *Cereal Foods World*, 44, 367-369.
3. Saeed F, Pasha I, Anjum FM, Sultan MT. 2011. Arabinoxylans and Arabinogalactans: A comprehensive treatise. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 51(5), 467-476.
4. Mendis M, and Simsek S. 2014. Arabinoxylans and human health. *Food Hydrocoll*, 42, 239-243.
5. Buksa K, Zioboro R, Nowotna A, Adamczyk G, Sikora M, Zylewski M. 2014. Water binding capacity of rye flours with the addition of native and modified arabinoxylan preparations. *J Agric Sci Technol*, 16, 1083-1095.
6. Reanappa SB, Salimath NPV. 2015. Structural variations of arabinoxylans extracted from different wheat (*Triticum aestivum*) cultivars in relation to chapati-quality. *Food Hydrocoll*, 43, 736-742.
7. Ying R, Saulnier L, Rondeau-Mouro C. 2011. Films of arabinoxylans and β -glucans extracted from cereal grains: Molecular motions by TD-NMR. *Carbohydr Polym*, 86, 812-822.
8. Revanappa SB, Nandini CD, Salimath PV. 2015. Structural variations of arabinoxylans extracted from different wheat (*Triticum aestivum*) cultivars in relation to chapatti-quality. *Food Hydrocoll*, 43, 736-742.
9. Ayala-Soto F, Serna-Saldar SO, Pérez-Carrillo E, García-Lara S. 2014. Relationship between hydroxycinnamic profile with gelation capacity and rheological properties of arabinoxylans extracted from different maize fiber sources. *Food Hydrocoll*, 39, 280-285.
10. Fincher GB, Stone BA. 1986. Cell walls and their components in cereal grain technology. *Advances Cereal Chem*, 8, 207-295.
11. Stone B, Morell M. K. 2009. Carbohydrates. In K. Khan, and P. R. Shewry (Eds.), *Wheat chemistry and technology* (4th ed.). (pp. 299-362) Minnesota: AACC International.
12. Zhou S, Liu X, Guo Y, Wang Q, Peng D, Cao L. 2010. Comparison of the immunological activities of arabinoxylans from wheat bran with alkali and xylanase-aided extraction. *Carbohydr Polym*, 81(4), 784-789.
13. Broekaert WF, Courtin CM, Verbeke K, Van de Wiele T, Verstraete W, Delcour JA. 2011. Prebiotic and other health-related effects of cereal-derived arabinoxylans, arabinoxylan-oligosaccharides, and xylooligosaccharides. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 51(2), 178-194.
14. Basic A, Stone BA. 1980. A (1-3)- and (1-4)-Linked β -D-glucan the endosperm cell walls of wheat. *Carbohydr Res*, 82, 372-377.
15. Pastell H, Virkki L, Harju E, Tuomainen P, Tenkanen M. 2009. Presence of 1-3-linked 2-O- β -D-xylopyranosyl- α -L-arabinofuranosyl side chains in cereal arabinoxylans. *Carbohydr Res*, 344, 2480-2488.
16. Saulnier, L., Robert, P., Grintchenko, M., Jamme, F., Bouchet, B., Guillon, F. 2009. Wheat endosperm cell walls: spatial heterogeneity of polysaccharide structure and composition using micro-scale enzymatic fingerprinting and FT-IR microspectroscopy. *J Cereal Sci*, 50, 312-317.
17. Li W, Zhang S, Smith C. 2015. The molecular structure features-immune stimulatory activity of arabinoxylans derived from the pentosan fraction of wheat flour. *J Cereal Sci*, 62, 81-85.
18. Foschia M, Peressini D, Sensidoni A, Brennan CS. 2013. The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products. *J Cereal Sci*, 58, 216-227.

19. Manu B T, Prasada Rao, UJS. 2008. Influence of size distribution of proteins, thiol and disulfide content in whole wheat flour on rheological and chapati texture of Indian wheat varieties. *Food Chem*, 110, 88-95.
20. Courtin CM, Delcour JA. 2002. Arabinoxylans and endoxylanases in wheat flour bread-making. *J Cereal Sci*, 35, 225-243.
21. Wang J, Smits E, Boom RM, Schutyse MAI. 2015. Arabinoxylans concentrates from wheat bran by electrostatic separation. *J Food Eng*, 155, 29-36.
22. Cao L, Liu X, Qian T, Sun G, Guo Y, Chang F, Zhou S, Sun X. 2011. Antitumor and immunomodulatory activity of arabinoxylans: a major constituent of wheat bran. *Int J Biol Macromol*, 48 (1), 160-164.
23. Lu ZX, Gibson PR, Muir JG, Fielding M, O'Dea K. 2000. Arabinoxylan fiber from a by-product of wheat flour processing behaves physiologically like a soluble, fermentable fiber in the large bowel of rats. *J Nutr*, 130, 1984-1990.
24. Ring SR, Selvendran RR. 1980. Isolation and analysis of cell wall material from beeswing wheat bran (*Triticum aestivum*). *Phytochemistry*, 19, 1723-1730.
25. Hübner F, Elke K, Arendt EK. 2013. Germination of cereal grains as a way to improve the nutritional value: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 53(8), 853-861.
26. Kale MS, Yadav Mp, Hicks KB, Hanah K. 2015. Concentration and shear rate dependence of solution viscosity for arabinoxylans from different sources. *Food Hydrocoll*, 47, 178-183.
27. Hemalatha MS, Manohar RS, Salimath PV, Prasad Rao UJS. 2013. Effect of added arabinoxylans isolated from good and poor chapati making wheat varieties on rheological properties of dough and chapati making quality. *Food and Nutr Sci*, 4, 884-892.
28. Saeed F, Pasha I, Anjum FM, Sultan JI. 2011. Water-extractable arabinoxylan content in milling fractions of spring wheats. *CyTA - J Food*, 9, No. 1, May 2011, 43-48.
29. Jelaca SL, Hlynca I. 1972. Effect of wheat-flour pentosans in dough, gluten and bread. *Cereal Chem*, 49, 489-495.
30. Vinkx CJ, Delcour JA. 1996. Rye (*Secale cereale* L.) arabinoxylans: A critical review. *J Cereal Sci*, 24, 1-14.
31. Rasmussen CV, Hansen, HB, Hansen A, Larsen LM. 2001. pH, temperature and time-dependent activities of endogenous endo- β -D-Xylanase, β -D-Xylosidase and α -L Arabinofuranosidase in extracts from ungerminated rye (*Secale cereale* L.) grain. *J Cereal Sci*, 34, 49-60.
32. Banu I, Vasilean I, Constantin OE, Aprodu I. 2011. Prediction of rye dough behaviour and bread quality using response surface methodology. *Irish J Agr Food Res*, 50, 239-247.
33. Biliaderis CG, Izydorczyk MS, Rattan O. 1995. Effect of arabinoxylans on bread-making quality of wheat flours. *Food Chem*, 5, 165-171.
34. Autio K, Flander L, Heinonen R, Kinnunen A. 1999. Comparison of small and large deformation measurements of whole meal rye doughs. *Cereal Chem*, 76, 912-914.
35. Zhang Z, Smith C, Li W. 2014. Extraction and modification technology of arabinoxylans from cereal by-products: A critical review. *Food Res Int*, 65, 423-436.
36. Finnie SM, Bettge AD, Norris CF. 2006. Influence of cultivar and environment on water-soluble and water-insoluble arabinoxylans in soft wheat. *Cereal Chem*, 83(6), 617-623.
37. Yadav MP, Nunez A, Hicks K B. 2011. Isolation, purification, and identification of protein associated with corn fiber gum. *J Agr Food Chem*, 59, 13289-13294.
38. Kale MS, Hamaker BR, Campanella OH. 2013. Alkaline extraction conditions determine gelling properties of corn bran arabinoxylans. *Food Hydrocoll*, 31, 121-126.
39. Geissman T, Neukom H. 1973. On the composition of the water soluble wheat flour pentosans and their oxidative gelation. *Lebensm -Wiss Technol*, 6, 59-62.
40. Vansteenkiste E, Babot C, Rouau X, Micard V. 2004. Oxidative gelation of feruloylated arabinoxylan as affected by protein. Influence on protein enzymatic hydrolysis. *Food Hydrocoll*, 18, 557-564.
41. Hughes SA, Shewry PR, Li L, Gibson GR, Sanz ML, Rastall RA. 2007. In vitro fermentation by human fecal microflora of wheat arabinoxylans. *J Agr Food Chem*, 55, 4589-4595.

42. Damen B, Verspreet J, Pollet A, Broekaert WF, Delcour JA, Courtin C.M. 2011. Prebiotic effects and intestinal fermentation of cereal arabinoxylans and arabinoxylan oligosaccharides in rats depend strongly on their structural properties and joint presence. *Mol Nutr Food Res*, 55, 1862-1874.
43. Wang J, Sun B, Cao Y, Wang C. 2010. In vitro fermentation of xylooligosaccharides from wheat bran insoluble dietary fiber by Bifidobacteria. *Carbohydr Polym*, 82, 419-423.
44. Pedreschi R, Campos D, Noratto G, Chirinos R, Cisneros-Zevallos L. 2003. Andean yacon root (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. Endl) fructooligosaccharides as a potential novel source of prebiotics. *J Agr Food Chem*, 51, 5278-5284.
45. Van der Meulen R, Avonts L, De Vuyst L. 2004. Short fractions of oligofructose are preferentially metabolized by Bifidobacterium animalis DN-173 010. *Appl Environ Microbiol*, 70, 1923-1930.
46. Molist F, Hermes RG, deSegura AG, Mart n-Or e SM, Gasa J, Manzanilla EG, Pérez JF. 2011. Effect and interaction between wheat bran and zinc oxide on productive performance and intestinal health in post-weaning piglets. *Br J Nutr*, 105, 1592-1600.
47. Aumiller T, Mosenthin R, Weiss E. 2014. Potential of cereal grains and grain legumes in modulating pigs' intestinal microbiota - A review. *Livest Sci*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2014.11.016>
48. Grootaert C, Van den Abbeele P, Marzorati M, Broekaert WF, Courtin CM, Delcour JA, Verstraete W, Van de Wiele T. 2009. Comparison of prebiotic effects of arabinoxylan oligosaccharides and insulin in a simulator of the human intestinal microbial ecosystem. *Fems Microbiol Ecol*, 69, 231-242.
49. Fernando WMADB, Brennan CS, Flint S, Ranaweera KKDS, Bamunuarachchi A, Morton H. 2010. Enhancement of short chain fatty acid formation by pure cultures of probiotics on rice fibre. *Int J Food Sci Technol*, 45, 690-696.
50. Dodevska MS, Djordjevic BI, Sobajic SS, Miletic ID, Djordjevic PB, Dimitrijevic-Sreckovic VS. 2013. Characterisation of dietary fibre components in cereals and legumes used in Serbian diet. *Food Chem*, 141, 1624-1629.
51. Neyrinck AM, Van Hee VF, Piront N, De Backer F, Toussaint O, Cani PD, Delzenne NM. 2012. Wheat-derived arabinoxylan oligosaccharides with prebiotic effect increase satietogenic gut peptides and reduce metabolic endotoxemia in diet-induced obese mice. *Nutr Diabet*, 2, e28.
52. Costa MJ, Cerqueira MA, Ruiz HA, Fougnes C, Richel A, Vicente AA, Teixeira JA, Aguedo M. 2015. Use of wheat bran arabinoxylans in chitosan-based films: Effect on physicochemical properties. *Ind Crop Prod*, 66, 305-311.
53. Kasprzak MM, L rke HN, Knudsen KEB. 2012. Effects of isolated and complex dietary fiber matrices in breads on carbohydrate digestibility and physicochemical properties of ileal effluent from pigs. *J Agr Food Chem*, 60, 12469-12476.