

Tip 2 Diabetes Mellitus ve Beta Glukan

Type 2 Diabetes Mellitus and Beta Glukan

Merve Şeyda Karaçil¹, Gamze Akbulut¹

¹ Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara, Türkiye

ÖZET

Tip 2 diabetes mellitus (DM) en yaygın diyabet türü olup nüfus artışı, yaşlanma, sağlıksız beslenme, obezite ve sekonder yaşam biçimi nedeniyle gittikçe prevalansı artmaktadır. Yeterli ve dengeli beslenme, düzenli fiziksel aktivite ve normal ağırlığın korunması ile Tip 2 DM önlenbilir veya başlangıç yaşı ertelenebilir. Yapılan epidemiyolojik ve kısa dönemli müdahale çalışmalarında yüksek glisemik yükü ve düşük tahıl lifi içeren besinleri tüketen bireylerde Tip 2 DM riskinin arttığı gösterilmiş, yüksek posa alımının lipid profili, açlık ve tokluk glisemik kontrollerinde iyileşme ile ilişkili olduğu vurgulanmıştır. Besinlerde doğal olarak bulunanlar diyet posası olarak, besinlere eklenen veya besinlerden izole edilenler ise işlevsel posa olarak sınıflandırılmaktadır. İşlevsel besinler alanında, β -glukan sağlığa olan ilgili potansiyel katkılarından dolayı ilgi kazanmıştır. Çözünür posa β -glukanın insulin ve glukoz düşürücü etkilerini açıklayacak çeşitli mekanizmalar öne sürülmüştür. β -glukanın miktarı ve eklendiği besinin formu glisemik kontrol üzerinde etkili olan etmenlerindedir. Yüksek viskoziteye sahip posa kaynakları (β -glukan) ile bu posa kaynaklarının eklenmiş olduğu ürünlerin tüketiminin, diyabet riskinin potansiyel olarak azaltılmasında ve diyabetik komplikasyonların iyileştirilmesinde etkili olarak, diyabet yönetiminde önemli bir rol oynayabileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Tip 2 diabetes mellitus, posa, beta glukan

ABSTRACT

Type 2 diabetes mellitus (DM) is the most common type of diabetes and its prevalence is progressively increasing due to population growth, aging, unhealthy diet, obesity and secondarily lifestyle. Type 2 DM can be prevented and its age of onset can be delayed with adequate and balanced diet, regular physical activity and normal weight maintenance. The epidemiological and short-term intervention studies has shown that consumption of foods with a high glycemic load and poor cereal fiber content is associated/correlated with an increased risk of type 2 DM. Also they emphasized that high fiber intake is associated with improvement in lipid profile, fasting and postprandial glycemic controls. Fiber is found naturally in foods as dietary fiber and added to or isolated from foods are classified as functional dietary fiber. β -glukan has gained attention for its potential contribution to the health in the field of functional foods. Various mechanisms have been suggested to explain insulin and glucose lowering effects of soluble fiber β -glukan. The amount of β -glukan and added in the form of food are factors which are effective on glycemic control. High viscous dietary fiber sources (β -glukan) and the consumption of their products which are added as β -glukan is considered to play an important role in management of diabetes by reducing as potential risk of diabetes and comprising its positive results on diabetic complications

Keywords: Type 2 diabetes mellitus, fiber, beta glukan

GİRİŞ

Diabetes mellitus (DM), insülin eksikliği ya da insülin etkisindeki defektler nedeniyle organizmanın karbonhidrat, yağ ve proteinlerden yeterince yararlanamadığı, sürekli tıbbi bakım gerektiren, kronik bir metabolizma hastalığıdır (1). Dünyada diyabetli birey sayısı gittikçe artmakta olup Uluslararası Diyabet Federasyonu (International Diabetes Federation: IDF) - 2011 yılı verilerine göre 371 milyon diyabetli insan

bulunmaktadır. Dünyada diyabet görülme sıklığı %8.3 olup, yarısı diyabet tanısı almamıştır (2). Ülkemizde 2010 yılında yapılmış olan ‘Türkiye Diyabet, Hipertansiyon, Obezite ve Endokrinolojik Hastalıklar Prevalans Çalışması-II’ (TURDEP-II) sonuçlarına göre Türkiye’de 20 yaş üstü yetişkinlerde diyabet prevalansı %13.7’dir. Bilinen ve yeni tanı almış diyabetlilerin oranı birbirine çok yakındır (sırasıyla %45 ve %55) (3).

İletişim/Correspondence:

Arş. Gör. Merve Şeyda Karaçil
Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Muammer Yaşar Bostancı Cad.
No:16 Beşevler, Ankara, Türkiye

E-posta: merveseydakaracil@gazi.edu.tr

Geliş tarihi/received: 30.01.2013

Kabul tarihi/accepted: 25.11.2013

Nüfus artışı, yaşlanma, sağlıksız beslenme, obezite ve sekonder yaşam biçimi nedeniyle Tip 2 DM görülme sıklığı artmaktadır (2,4). Tip 2 DM yeterli ve dengeli beslenme, normal ağırlığın korunması ve düzenli fiziksel aktivite ile önlenabilir veya başlangıç yaşı ertelenebilir. Yapılan epidemiyolojik ve kısa dönemli müdahale çalışmalarında yüksek glisemik yüklü ve düşük tahıl lifi içeren besinleri tüketen bireylerde Tip 2 DM riskinin arttığı gösterilmiş, yüksek posa alımının lipit profili, açlık ve tokluk glisemik kontrollerinde iyileşme ile ilişkili olduğu vurgulanmıştır (5,6). Bu derlemede çözünür posa olan β -glukanın tokluk kan şekeri, insülin cevabı üzerine ve Tip 2 DM önlenmesi ve tedavisindeki rolleri ele alınacaktır.

Diyet Posa Türleri ve Özellikleri

Diyet posası, besinlerin bir bileşeni olarak insan vücudunun sindiremediği veya kan dolaşımında emilimini yapamadığı kompleks karbonhidratlar olarak tanımlanmaktadır. Fizyolojik etkilerine göre suda çözünür ve çözünmez posa olarak ikiye ayrılmaktadır. Besinler hem çözünür hem de çözünmez posa içerebilir. Çözünen posanın iyi kaynağı olan bir besin, bir miktar çözünmeyen posa da içerebilir. Selüloz, hemisellüloz ve lignin gibi diyet posasının büyük kısmını oluşturan suda çözünmez posa türleri olup buğday kepeği, tam tahıl ekmeği, kahvaltılık gevreklerde ve lahana, havuç ve brüksel lahanası gibi sebzelerde bulunmaktadır. Pektik ögeler, sakızlar, β -glukan yapıdaki polisakaritler, yulafda daha çok bulunan musilajlar ve kurubaklagilde daha çok bulunan dirençli nişasta suda çözünür posa türleridir (7,8).

Diyet posasının diyetle yeterli düzeyde olması sağlıklı yaşamın sürdürülmesi ve bazı hastalıklardan korunmak için önemlidir. Posa mide boşalmasını geciktirir, yeme isteğini azaltır, doyumunu artırır, ve ince bağırsakta viskoziteyi artırarak basit karbonhidratların emilimini azaltır ve fermente edilebilirliği yüksek çözünür posalar kalın bağırsakta bakteriler tarafından daha fazla oranda kısa zincirli yağ asitleri oluşturur. Bunun yanında diyet posasının Tip 2 DM önlenmesinde ve beslenme tedavisinde katkısı bulunmaktadır (7,9,10).

Diyabetik hastaların posa alımları ile glukoz emilimleri gecikebilir ve insülin düzeyleri düşer. Bu nedenle diyabetik hastalarda günlük 30-50 g posa alınması önerilmektedir (11). Diyet posasının özellikle çözünür posanın serum glukozunu düşürücü etkisi bulunmaktadır. Çözünür posalardan biri olan β -glukan insülin direnci oluşumu, glisemik etkileri, dislipidemi, hipertansiyon ve obezite ile ilişkilendirilmiştir (8,9).

Beta Glukan Tanımı

β -Glukanlar, β -glukozidik bağlarla birbirine bağlanmış D glukoz monomerlerinden oluşan nişasta olmayan polisakaritlerdir. Doğal olarak bitkilerin hücre duvarında, tahıl tohumlarında, bazı fungus, mantar ve bakterilerde bulunur (12). Tahıllar arasında en çok arpada (2-20 g/100g) ve yulafda (3-8 g/100g) bulunmaktadır. Yulaf ve arpada bulunan β -glukanlar molekül kütleleri, viskoziteleri ve çözünürlükleri bakımından çeşitlilik gösterirler. Yararlı fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı besin sanayisinde yağ ikame maddeleri, kıvam arttırıcı, sertleştirici olarak kullanılmaktadır. Belirli yöntemlerle besinlerde doğal olarak bulunan ve besinlere eklenmiş β -glukanlar ölçülebilmektedir (4,13,14). Besinlerde doğal olarak bulunanlar diyet posası olarak, besinlere eklenen veya besinlerden izole edilenler ise işlevsel posa olarak sınıflandırılmaktadır. Son yıllarda, sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle işlevsel bir besin olan β -glukana olan ilgi giderek artmıştır (4).

Beta Glukan ve Sağlık Üzerine Etkileri

Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (United States Food and Drug Association: FDA) 1997 yılında besin ürün ambalajları üzerinde 'çözünür posa ve tam yulaf (yulaf kepeği, yulaf ezmesi ve yulaf unu) zengin, doymuş yağdan ve kolesterolden düşük gıda kalp hastalığı riskini azaltabilir' ifadesinin kullanılmasını onaylar iken (15), 2005 yılında ise arpa (tam buğday ve bazı kuru öğütülmüş arpa ürünleri) çözünür posa kaynağı olarak sağlık beyanına dahil edilmiştir (16). Son zamanlarda Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi

(European Food Safety Authority: EFSA) yulaf β -glukanı içeren besinler için “yulaf β -glukanın düzenli tüketimi etkin bir şekilde serum düşük dansiteli lipoprotein kolesterol (LDL-K) ve total kolesterolü (TK) azaltır” sağlık iddiası üzerine olumlu görüş vermiştir (17). Bu sağlık yararlarını sağlayabilmek adına FDA tarafından günlük en az 3 g çözünür yulaf veya arpa β -glukanı önerilmektedir. β -glukanın kolesterol düşürücü özellikleri ve kardiyovasküler hastalıkların önlenmesinde oynadığı rolü iyi belgelenmiştir (5). β -glukanın kan glukozu ve insülin düzeyleri ile kan basıncını düşürücü etkisi, prebiyotik olma özelliği ve ağırlık kaybı üzerindeki etkileri daha az tanımlanmış olmasına rağmen mantar ve alglerde bulunan β -glukanın çözünmez formunun antitümör, immün baskılayıcı ve antiviral aktiviteler sergilediği gösterilmiştir (5,17,18).

Beta Glukan ve Tip 2 DM

Tip 2 DM tedavisinde 1913’lü yıllarda yulaf alımının yararlı olabileceği bildirilmiş olup 1913’den beri yapılan çalışmalarla birlikte yulafın sağlık üzerindeki etkileri doğrulanmış ve bu etkilerin yulafta çözünür posa olarak bulunan β -glukan ile ilişkili olduğu ileri sürülmüştür (19).

Çözünürposa β -glukanının insülin ve glukoz düşürücü etkilerini açıklayacak çeşitli mekanizmalar öne sürülmüştür. Bu mekanizmalardan biri çözünür posanın viskoz solüsyon yapı oluşturma yeteneğini kapsamaktadır. Bu özelliği ile gastrik boşalmanın gecikmesini, sindirim ve emilim işlevlerinin yavaşlamasını sağlamaktadır. Yüksek sindirim viskozitesi enzim difüzyonunu azaltır ve enterositlere glukoz transportunu azaltır. β -glukan tüketimini takiben mide boşalmasının gecikmesi klinik çalışmalarda ortaya çıkarılmıştır (20). Yulaf β -glukanı (5 g) içeren öğün tüketen fazla kilolu bireylerde kontrol grubuna göre 120 dakika boyunca plazma içinde görülen eksojen glukoz miktarının %18 daha düşük bulunmuştur (21).

β -glukan yüksek viskoziteli yapı oluşturabilme yeteneğine sahiptir ve viskozitesi molekül ağırlığına, düzeyine ve çözünürlüğüne bağlıdır. Yüksek molekül ağırlıklı β -glukanlar daha yüksek viskoziteli yapı oluştururlar. β -glukana

özgü sağlık üzerindeki bu etki diğer çözünebilir ve fermente olan posalar ile karşılaştırıldığında daha az araştırılmıştır. β -glukanın molekül ağırlığı glisemi durumunu ayarlamaktadır (20). Yapılan bir çalışmada, molekül ağırlığı 70000 Dalton (Da) olan yulaf β -glukanı (5 g) içeren bir içecek, molekül ağırlığı 40000 Da olan arpa β -glukanı (5 g) içeren içeceğe göre daha düşük tokluk glukoz ve insülin düzeyleri sağlamıştır (22).

Çözünür posanın glukoz ve insülin homeostazında koruyucu etkileri için bir başka açıklayıcı mekanizma ise, kolonda β -glukan gibi çözünür posaların anaerobik fermentasyon sonucu kısa zincirli yağ asitleri oluşturmalarıdır. Oluşan kısa zincirli bütirik asit, propiyonik asit peroksizom proliferatör reseptörü aktive ederek (PPAR) insüline duyarlı glukoz taşıyıcının (GLUT 4) ekspresyonunu arttırdığı saptanmıştır (4,20).

β -glukanın miktarı ve eklendiği besinin formu glisemik kontrol üzerinde etkili olan etmenlerdir (20). Diğer posalar ile karşılaştırıldığında, az miktarda β -glukanın Tip 2 DM’li bireylerde ve orta hiperkolesterolemik erkekler ve kadınlarda tokluk glukoz ve insülin yanıtlarını azalttığı gösterilmiştir (4,20,23). Tip 2 DM’li bireylerde yapılan bir çalışmada 6.5 g ve 8.1 g β -glukan içeren bir kahvaltılık gevreği ve bar tüketimi ile, 4.4 g β -glukan içeren yulaf kepekli kahvaltılık gevreğine göre daha düşük tokluk glukoz yanıtı saptanmıştır (24). Bu sonuçlara paralel olarak 0 g, 2.5 g, 5 g, 7.5 g, 10 g β -glukan içeren kahvaltılık gevrekleri Tip 2 DM’li bireyler tarafından tüketildiğinde, 10 g β -glukan tüketen bireylerde kan glukoz düzeylerinin anlamlı olarak azaldığı belirlenmiştir (25).

Sağlıklı bireylerde yapılan çalışmalarda β -glukanın kan glukoz düzeylerine olan etkileri değişmektedir. β -glukan ile zenginleştirilmiş makarna ve normal makarna tüketen 62 sağlıklı bireyde insülin salınımı ve kan glukoz düzeyleri azalmış yapılan bir başka çalışmada ise normal beslenme programı ile 4 hafta süresince diyetlerine arpa eklenerek beslenen 20 kişinin kan glukoz düzeylerinde herhangi bir değişme gözlenmemiştir (9,26).

Sağlıklı bireylerde glisemik homeostazını değiştirmek için β -glukanın yüksek dozlarda alınması gereklidir. Diyabetik hastalarda yapılan bir çalışmada, kahvaltılarında 3 g β -glukan eklenmiş bireylerin glukoz düzeyleri azalmıştır (27). Fakat diyabetik bireylerin aksine 3 g yulaf β -glukanı tüketen sağlıklı bireylerde tokluk glisemik yanıtı etkilenmemiştir (27,28). Yapılan bir başka çalışmada ise sağlıklı bireylerde 4 g yulaf β -glukan eklenmiş müsli tüketen ve tüketmeyen bireyler karşılaştırıldığında, tüketen bireylerin tokluk kan glukoz yanıtlarının daha düşük olduğu saptanmıştır (28,29). Glisemi durumunda olduğu gibi, β -glukanın miktarı insülin yanıtların şekillenmesinde de çok önemlidir. Kilolu bireylerde yulaftaki β -glukan miktarına bağlı olarak insülin salınımda sürekli bir azalma olduğu gözlenmiş ve günlük 3.8 g'lık β -glukanın önemli etkileri bulunmaktadır (30).

Tip 2 DM'li hastalar kardiyovasküler hastalıklar açısından yüksek risk altındadır. Genelde tip 2 DM'li bireyler obez olup, buna dislipidemi ve hipertansiyon eşlik etmektedir. Diyabetik bireylerde LDL-K düzeyi 100 mg/dL altında olmalıdır. Yapılan bir çalışmanın sonucuna göre, β -glukanın kolesterol düzeylerini azalttığı ve lipit profilinde iyileşmeler sağladığı saptanmıştır (31). Bu parametreleri geliştirmek için çözünür posa desteği tedavi edici olarak kabul edilmiştir (6).

Beta Glukan Alımının Glikolize Hemoglobin (HbA1c) Üzerine Etkileri

HbA1c diyabet tanısında ve izleminde alternatif bir parametredir. HbA1c değerleri önceki 2-3 ay boyunca ortalama kan glukoz düzeyi ile orantılı olup uzun süreli kan şekeri kontrolü için kullanılan bir ölçüdür (4). Tip 2 DM'li bireylerde yapılan randomize, paralel, çift kör bir çalışmada 3 g yulaf β -glukan ile zenginleştirilmiş ekmeğin 3 hafta tüketimi sonucunda HbA1c düzeylerinde anlamlı bir azalma gözlenmiştir (31). Diyabetli 16 erkek bireyde yapılan bir başka çalışmada, bir gruba Amerika Diyabet Birliği'nin (American Diabetes Association: ADA) önerdiği beslenme gereksinimlerini karşılayan bir diyet, diğer gruba ise düşük enerjili diyet verilmiştir. Düşük enerjili diyetle β -glukan yağ değişimi yerine

kullanılmış ve 4 hafta sonunda düşük enerjili diyet tüketenlerin HbA1c düzeyleri diğer gruba göre daha fazla azalmıştır (32). Ancak uzun dönem müdahale çalışmalarında β -glukan tüketen Tip 2 DM'li bireylerin HbA1c değerlerinde anlamlı bir değişiklik rapor edilmemiştir (6,33). Beslenme ile alınan β -glukan ve HbA1c üzerine düşürücü etkilerini değerlendirmek amacıyla daha fazla çalışmaya gereksinim vardır (4).

β -glukan ile zenginleştirilmiş ürünlerin sayısı giderek artmaktadır. Bu ürünler porsiyon başına ürünün lezzetinde en az kayıp ile daha küçük hacim içinde daha çok miktarda β -glukan sağlamaktadır (34). Fırın ürünleri (ekmek), kekler, pastalar, makarna, şehriye, müsli tahıllar, süt ürünleri, çorba, salata gibi çeşitli ürünlere eklenmektedir (20). Fakat posa olarak karışık bir öğüne eklenen β -glukanın glukoz metabolizması üzerine etkilerini araştırmak oldukça zordur (21).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan çalışmaların sonucu olarak, viskoz yapı oluşturabilen çözünebilir posa olan β -glukan HbA1c, tokluk kan şekeri, insülin salınımı ve kardiyovasküler hastalık riskinde azalma sağlayarak akut ve uzun dönemde metabolik iyileşmeler göstermiştir. Doygunluk hissini arttırarak vücut ağırlığının kontrolünde de yararlı olmaktadır. β -glukanın ayrıca diyabetin potansiyel olarak azaltılmasının yanında diyabetin komplikasyonlarında da olumlu sonuçlar doğurarak diyabet yönetiminde önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir. Önerilen miktarlarda diyet posa alımının yanında, FDA'nın önerileri doğrultusunda günlük 3 g β -glukan alımına ulaşmak için yüksek viskoz posa kaynaklarının, β -glukan ile yeterince zenginleştirilmiş lezzetli ürünlerin tüketimi sağlanmalıdır.

Çıkar çatışması/Conflict of interest: Yazarlar ya da yazı ile ilgili bildirilen herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR

1. Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği (TEMED) Çalışma ve Eğitim Grubu. Diabetes Mellitus ve Komplikasyonlarının Tanı, Tedavi ve İzlem Kılavuzu. 5. Baskı. Ankara; 2011.

2. International Diabetes Federation. International Diabetes Federation Diabetes Atlas (update).5th Edition. Belgium; 2012.
3. Türkiye Diyabet, Hipertansiyon, Obezite ve Endokrinolojik Hastalıklar Prevalans Çalışması-II (TURDEP-II Çalışması) . Erişim: http://www.istanbul.edu.tr/itf/attachments/021_turdep.2.sonuclarinin.aciklamasi.pdf Erişim tarihi: 9 Aralık 2012.
4. Chen J, Raymond K. β -glucans in the treatment of diabetes and associated cardiovascular risks. *Vasc Health Risk Manag* 2008;4(6):1265-1272.
5. Cloetens L, Ulmius M, Persson AJ, Akesson B, Önning G. Role of dietary β -glucans in the prevention of the metabolic sendrom. *Nutr Rev* 2012;70(8):444-458.
6. Anceau CC, Nazare JA, Biorklund M, Le-Coquil E, Sassolas A, Sothier M, et al. A controlled study of consumption of β -glucan-enriched soups for 2 months by type 2 diabetic free-living subjects. *Br J Nutr* 2010;103(3):422-428.
7. De-Mello VD, Laaksonen DE. Dietary fibers: current trends and health benefits in the metabolic syndrome and type 2 diabetes. *Arq Bras Endocrinol Metab* 2009;53(5):509-518.
8. Vuksan V, Rogovik LA, Jovanovski E, Jenkins A. Fiber facts: Benefits and recommendations for individuals with type 2 diabetes. *Curr Diab Rep* 2009;9:405-411.
9. Kim SY, Song HJ, Lee YY, Cho KH, Roh YK. Biomedical issues of dietary fiber β -glucan, *J Korean Med Sci* 2006; 21(5):781-789.
10. Salvado SJ, Gonzalez MAM, Bullo M, Ros E. The role of diet in the prevention of type 2 diabetes. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2011;21:32-48.
11. American Diabetes Association. Position of the American Dietetic Association: Health Implications of Dietary Fiber. *J Am Diet Assoc* 2008;108:1716-1731.
12. Tominac VP, Krpan VZ, Grba S, Srecec S, Krbavcic IP, Vidovic L. Biological effects of yeast β -glucans. *Agric Conspec Sci* 2010;4:149-158.
13. Stone BA. Chemistry of β -glucans. In: Bacic A, Fincher GB, Stone BA, editors. *Chemistry, Biochemistry, and Biology of (1-3)- β -Glucans and Related Polysaccharides*. 1st ed. Amsterdam: Macmillan Publishing; 2009. p. 5-47.
14. European Food Safety Authority (EFSA). EFSA panel on dietetic products, nutrition and allergies (NDA). *EFSA Journal* 2011;9(6):2207.
15. U.S. Food and Drug Administration (FAO). Food labelling: health claims; oats and coronary heart disease. Final rule. *Fed Regist* 1997;62:3584-3601.
16. U.S. Food and Drug Administration (FAO). Food Labelling: health claims; soluble dietary fiber from certain foods and coronary heart disease. *Fed Regist* 2005; 70:76150-76162. Available at: <http://www.fda.gov/food/labelingnutrition/labelclaims/healthclaimsmeeingsignificantscientificagreementssa/ucm074306.htm> Accessed December 10, 2012.
17. European Food Safety Authority (EFSA). Panel on dietetic products, nutrition and allergies. Scientific opinion on dietary reference values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA Journal* 2010;8(2):1482.
18. Akbulut G, Yıldız A. Likenlere genel bir bakış: Bazı türlerinin besin ögesi içeriği. *Kafkas Üniv Fen Bil Enst Derg* 2010; 3(2):79-86.
19. Önning G. The use of cereal β -glucans to control diabetes and cardiovascular disease. *Functional Foods*. In Arnoldi A editor. *Functional Foods, cardiovascular disease and diabetes*. 1st. ed. Cambridge: Woodhead Publishing; 2004. p. 403-405.
20. Khoury DE, Cuda C, Luhovyy BL, Anderson GH. β -Glucan: Health benefits in obesity and metabolic syndrome. *J Nutr Metab* 2012;851362:1-28.
21. Nazare JA, Normand S, Triantafyllou AO, De La Perrière AB, Desage M, Laville M. Modulation of the postprandial phase by β -glucan in overweight subjects: Effects on glucose and insulin kinetics. *Mol Nutr Food Res* 2009;53(3):361-369.
22. Biörklund M, Rees AV, Mensink RP, Önning G. Changes in serum lipids and postprandial glucose and insulin concentrations after consumption of beverages with β -glucans from oats or barley: a randomised dose-controlled trial. *Eur J Clin Nutr* 2005;59(11):1272-1281.
23. Hallfrisch J, Scholfield DJ, Behall KM. Diets containing soluble oat extracts improve glucose and insulin responses of moderately hypercholesterolemic men and women. *Am J Clin Nutr* 1995;61(2):379-384.
24. Jenkins AL, Jenkins DJ, Zdravkovic U, Würsch P, Vuksan V. Depression of the glycemic index by high levels of β -glucan fiber in two functional foods tested in type 2 diabetes. *Eur J Clin Nutr* 2002;56(7):622-628.
25. Kim H, Stote KS, Behall KM, Spears K, Vinyard B, Conway JM. Glucose and insulin responses to whole grain breakfasts varying in soluble fiber, β -glucan. *Eur J Nutr* 2009;48:170-175.
26. Li J, Kaneko T, Qin LQ, Wang J, Wang Y. Effects of barley intake on glucose tolerance, lipid metabolism, and bowel function in women. *Nutrition* 2003;19:926-929.
27. Granfeldt Y, Nyberg L, Björck I. Muesli with 4 g oat β -glucans lowers glucose and insulin responses after a bread meal in healthy subjects. *Eur J Clin Nutr* 2008;62(5):600-607.
28. Tapola N, Karvonen H, Niskanen L, Mikola M, Sarkkinen E. Glycemic responses of oat bran products in type 2 diabetic patients. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2005;15(4):255-261.
29. Lebowicz H, Darwiche G, Björgell O, Almér LO. Effect of muesli with 4 g oat β -glucan on postprandial blood glucose, gastric emptying and satiety in healthy subjects: A randomized cross over trial. *J Am Coll Nutr* 2008;27(4):470-475.
30. Beck EJ, Tosh SM, Batterham MJ, Tapsell LC, Huang XF. Oat β -glucan increases postprandial cholecystokinin levels, decreases insulin response and extends subjective satiety in overweight subjects. *Mol Nutr Food Res* 2009;53(10):1343-1351.
31. Liatis S, Tsapogas P, Chala E, Dimosthenopoulos C, Kyriakopoulos K, Kapantais E. The consumption of bread enriched with β -glucan reduces LDL-cholesterol and improves insulin resistance in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Metab* 2009;35:115-120.
32. Reyna NY, Cano C, Bermúdez VJ, Medina MT, Souki AJ, Ambard M, et. al. Sweeteners and β -glucans improve metabolic and anthropometrics variables in well controlled type 2 diabetic patients. *Am J Ther* 2003;10(6):438-443.
33. Kabir M, Oppert JM, Vidal H, Bruzzo F, Fiquet C, Würsch P. Four-week low-glycemic index breakfast with modest amount of soluble fibers in type 2 diabetic men. *Metabolism* 2002;51:819-826.
34. Asif A, Munir B, Abrar M, Bashi S, Adnan M, Tabassum T. Perspective of β glucan as functional ingredient for food industry. *T J Nutr Food Sci* 2012;2(2):1-8.