

Dirençli Nişasta: Tipleri, Kaynakları, Fizyolojik Etkileri ve Fonksiyonel Özellikleri

Burcu Türker, Nazlı Yeyinli Savlak ✉

Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 45140 Manisa

Geliş Tarihi (Received): 09.04.2015, Kabul Tarihi (Accepted): 04.07.2015

✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): nazli.yeyinli@cbu.edu.tr (N. Yeyinli Savlak)*

☎ 0 236 201 22 68 📠 0 236 241 21 43

ÖZ

Nişasta, diyetle önemli bir enerji kaynağıdır. Nişastalar, enzim inkübasyonu sonrasındaki davranışlarına göre hızlı sindirilebilen nişasta, yavaş sindirilebilen nişasta ve dirençli nişasta (DN) şeklinde sınıflandırılmaktadır. Dirençli nişasta DN1, DN2, DN3 ve DN4 olmak üzere dört alt tipe ayrılmıştır. DN, birçok tanımda diyet lifi olarak sınıflandırılmaktadır. Daha çok nişasta-olmayan polisakkaritler gibi kalın bağırsakta fermente edilen bir polisakkarittir. Bu derlemede, dirençli nişasta tipleri, gıda kaynakları, dirençli nişastanın sağlık üzerine yararları ve gıda uygulamaları irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dirençli nişasta, Tip, Kaynak, Yararlı fizyolojik etki, Fonksiyonel özellik

Resistant Starch: Types, Sources, Beneficial Physiological Effects and Functional Properties

ABSTRACT

Starch is an important source of dietary energy. It is classified as rapidly digestible starch, slowly digestible starch and resistant starch (RS) according to the starch behavior after the enzyme incubation. Resistant starch has been classified into four subtypes called RS1, RS2, RS3 and RS4. Resistant starch is now classified in most definitions as dietary fibre. Indeed, being mostly a polysaccharide, it is fermented in large intestines as they are mostly non-starch polysaccharides. In this review, different types of resistant starch, food sources, and beneficial effects of resistant starch on human health and the use of RS in food applications are discussed.

Keywords: Resistant starch, Type, Source, Beneficial physiological effect, Functional property

GİRİŞ

Nişasta fotosentez sonucunda elde edilen son üründür ve bir D-Glukoz polimeridir. Amiloz ve amilopektin olarak iki bileşenden meydana gelmiştir. Amiloz, düz zincirli yapıda olup çeşitli uzunlukta glukoz moleküllerinin (100-2000 adet) α -(1-4) glikozidik bağları ile meydana gelirken; dallanmış yapıdaki amilopektinin ana zincirini α -(1-4) glikozidik bağı ile bağlanmış glukoz molekülleri oluşturmakla beraber yaklaşık 10-20 glukoz ünitesi içeren yan zincirler α -(1-6) glikozidik bağları ile bağlıdır

[1]. Bitkilerde (buğdayda %60-70; pirinçte %70-80; mısırdaki %65-75) depo karbonhidrat olarak bulunur [1] ve insan beslenmesinde önemli bir karbonhidrat kaynağıdır [2]. Birçok bitki dokusunda, bitki kaynağına bağlı olarak genellikle 1 ile 100 μ m çapında granül olarak meydana gelmektedir [3].

Nişastanın enzim inkübasyonu sonrasındaki davranışlarına göre sınıflandırılması Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Nişastanın enzim inkübasyonu sonrasındaki davranışlarına göre sınıflandırılması [4, 5]

Nişasta Sınıfı	Özelliği
Hızlı sindirilebilen nişasta	Amorf ve dispers haldeki nişasta olup nemli ısıda pişirilmiş ekmek ve patates gibi nişastalı gıdalarda yüksek miktarda bulunur.
Yavaş sindirilebilen nişasta	Tamamen ancak çok yavaş sindirilebilen nişastadır. Hububat nişastaları gibi pişmiş gıdalarda granüler ya da retrograde halde bulunan, fiziksel olarak erişilemez amorf nişastaları kapsar.
Dirençli nişasta	Amilaz ve pullulanaz enzimleri ile hidrolize direnç gösteren nişasta

Dirençli nişasta (DN) amilaz ve pullulanaz enzimleri ile hidrolize dirençli nişasta fraksiyonu [4] olup sağlıklı bireylerin ince bağırsağında sindirilemeyen nişasta ve nişasta parçalanma ürünleridir [6]. Kalın bağırsaklara ulaşabilmekte ve bağırsak mikrobiyotası tarafından fermente edilmektedir. Bu nedenle ince bağırsakta sindirilemeyen besinsel lifin bir fraksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Toplam nişasta miktarından hızlı ve yavaş sindirilebilen nişasta miktarları çıkarılarak hesaplanabilmektedir [7].

DN kalın bağırsaklarda fermente olabilen ve patojen olmayan bakterilerin besin kaynağı olan prebiyotik etkili oligosakkarit (inülin), β -glukan, pektin gibi besinsel bir lifdir [8, 9]. Amiloz ve amilopektinden oluşan nişastayla aynı yapıda olan ancak vücutta sindirilemeyen dirençli nişasta diyet lifi kapsamında yer almaktadır [10].

DİRENÇLİ NİŞASTA'NIN TİPLERİ ve KAYNAKLARI

Diyet liflerinin bitkisel, hayvansal ve sentetik olmak üzere üç kökeni vardır [3]. DN, hemiselüloz, lignin, β -glukan, pektin, gamlar, müsilağlar ve oligosakkaritler gibi bitkisel kökenli bir besinsel lif olarak kabul edilmektedir [8, 9].

Bitkisel kökenli diyet lifi kaynakları selüloz, meyveler, sebzeler, tahıl daneleri, baklagiller, odunsu bileşenli gıdalar (kereviz), tahıl dış katmanları, şeker pancarı ve patates, pirinç, olgunlaşmamış muz, pişirilmiş ve soğutulmuş makarna, tam tahıllar, arpa ve yulaf hücre çeperi, meyve sebze hücre içi doku ve hücre çeperleri, bitki ekstratları, bakliyat, soğan ve sarımsaktır [3].

Hayvansal kökenli diyet lif kaynaklarına ise doğada selülozdan sonra en çok bulunan doğal polimer olan deniz kabukluları örnek verilebilir. Dirençli maltodekstrinler ise sentetik kökenli diyet lif kaynağıdır. Sentetik DN, tipik olarak nişasta ya da hidrolize edilmiş nişastanın normal α -1,4-glukozidik bağlarının bir kısmının rastgele 1,2-, 1,3- ve 1,4- α ya da beta (β) bağlarına dönüştürme amaçlı yeniden düzenlenmesi yoluyla üretilir [11-16].

DN; DN1, DN2, DN3 ve DN4 olarak adlandırılan dört genel alt gruba ayrılmıştır. Tip DN1 sindirilemeyen bir matris içinde tutuklu halde bulunan nişastalar, Tip DN2 α tip kristal özellikli, granül formdaki jelatinize olmamış nişastalar, Tip DN3 nişasta içeren gıdalar pişirilip soğutulduğu zaman oluşan retrograde nişastalar ve Tip DN4 kimyasal olarak modifiye edilmiş dirençli nişastalar ve endüstriyel olarak işlenmiş gıda katkı maddeleridir [17].

Tamamen ya da kısmen öğütülmüş tahıl taneleri ve tohumlar (susam vb.), baklagiller ve makarna Tip

DN1'in, çiğ patates, yeşil muz, bazı baklagiller, yüksek-amiloz içeren mısır nişastası Tip DN2'nin, pişirilmiş ve soğutulmuş patates, kahvaltılık hububat ürünleri (gevrekler), ekmek Tip DN3'ün ve modifiye nişastaların kullanıldığı bazı yiyecekler (bazı ekmekler, kekler ve içecekler) Tip DN4'ün (Asetat Nişastaları, Fosfat Nişastaları, Sitrat Nişastaları, Çapraz Bağlı Nişastalar) önemli gıda kaynaklarıdır [17]. Bazı gıdaların DN miktarları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Bazı gıdaların dirençli nişasta (DN) miktarları

Gıda	DN miktarı (%)
Ekmek(beyaz ekmek)	1.2
Çavdar ekmeği	3.2
Kek	0.5-1.8
Tortilla (mısır)	3.0
Pizza hamuru (pişmiş)	2.8
Mısır gevreği	3.2
Patlamış buğday	6.2
Muz	4.0

DN özellikle, α -(1-4) D-Glukan birimlerinin doğrusal parçalarından oluşmaktadır [13]. DN tohumlarda, tahıl tanelerinde ve pişirilip soğutulmuş nişastalı gıdalarda doğal olarak oluşmaktadır [15]. Çiğ patatesten toplam nişastanın %75'ini DN oluşturmaktadır. Bu nedenle, çiğ patates en yüksek miktarda DN içeren gıdalar arasındadır [3]. Ayrıca yeşil muz unu, diyet lif (%14.5) kapsamına giren DN (%17.5) ve nişasta olmayan polisakkaritler gibi sindirilemeyen bileşenleri yüksek oranda içeren nişastalı bir gıdadır [19]. Bununla birlikte, hasat sonrası depolama sırasında muzda olgunlaşmaya bağlı olarak DN içeriğinin azaldığı bildirilmiştir [20]. Termal stabilitesi nedeniyle bu dört grup içinde en çok ilgi çeken Tip DN3'tür [21, 22]. Bu özelliği Tip DN3'ün normal pişirme işlemlerinde stabil olmasını ve besinsel özelliğini korumasını, dolayısıyla birçok gıdada ingrediven olarak kullanılabilmesini sağlamaktadır [21]. Bu nedenle gıdanın Tip DN3 içeriğinin farklı proseslerle artırılması ile ilgili çalışmalar giderek önem kazanmaktadır. Bu tip dirençli nişasta genel olarak nişasta granüllerinin retrogradasyonu esnasında oluşmaktadırlar [23]. Kimyasal yöntemlerle Tip DN4 oluşumunda ise, nişasta sodyum trimetafosfat, fosfor oksiklorit, sitrik asit, asetik asit/dikarboksilik asit karışımı gibi kimyasallarla çapraz bağ oluşturularak modifiye edilmektedir [24].

DİRENÇLİ NİŞASTANIN YARARLI FİZYOLOJİK ETKİLERİ

Dirençli nişastanın sağlık üzerine faydaları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Dirençli nişastanın sağlık üzerine faydaları

Sağlık Etkisi	Açıklama/Muhtemel Mekanizma
Diyabeti önleme	Yemek sonrası daha düşük insülin tepkisi, artan insülin duyarlılığı, yemek sonrası daha düşük glikoz tepkisi, insülin direncinin geç başlaması [25, 26]
Toplam karaciğer kolesterolünü azaltma Kolorektal (kalın bağırsak) kanseri önleme	Kolesterol ve safra asitlerinin yüksek oranda salgılanması [27-29] DN'nin anaerobik bakteriler tarafından fermente edilmesi ile kısa zincirli yağ asitlerinin oluşması; asetik, propiyonik ve bütirik asidin kalın bağırsak boşluğunda pH'ı azaltması; kanserli tümörlerin oluşumuna daha az eğilimli bir ortam yaratma
Mineral emilimi İshali önleme	Kalsiyum ve magnezyum emilimi artırmak [30, 31] DN tarafından teşvik edilen probiyotikler yoluyla rotavirüs ishal süresinin kısalması [32, 33]
Obeziteyi önleme	Düşük kalori değeri nedeniyle azalan enerjinin, iştahta azalma ile sonuçlanması [34, 35]
Prebiyotik ajan	Seçilerek bifidobakteriler tarafından kullanılma; Laktobasillerin ve bifidobakterilerin büyümesini teşvik etme; mikroenkapsülasyon içindeki probiyotiklerin canlılığını artırma [36-39]
Diyabeti önleme	Yemek sonrası daha düşük insülin tepkisi, artan insülin duyarlılığı, yemek sonrası daha düşük glikoz tepkisi, insülin direncinin geç başlaması [25, 26]

DN'nin kolon kanserini önleme [40], hipo-glisemik etki [7, 13, 41], safra taşı oluşumunu önleme [7], prebiyotik etki [7, 42], hipo-kolesterolemik etki [29], yağ birikiminin inhibisyonu [43, 44] mineral absorpsiyonu [45] gibi birçok yararlı fizyolojik etkisi çeşitli araştırmacılar tarafından belirlenmiştir.

İnce bağırsaktan sindirilmeden geçen DN'nin kalın bağırsakta fermente edilmesiyle birlikte karbondioksit, metan, hidrojen, organik asitler ve bütirat, asetat ve propiyonat, kısa zincirli yağ asitleri gibi bazı fermentasyon ürünlerinin meydana geldiği ve DN'nin olumlu fizyolojik etkisinin özellikle bu kısa zincirli yağ asitlerinden ileri geldiği belirtilmiştir [46, 47].

DN preparatları ile beslenen farelerin kalın bağırsağında yapılan çalışmalarda, dışkı kütleindeki artış ve dışkı pH'sının azalmasının yanı sıra daha fazla kısa zincirli yağ asidinin oluşması, kolon kanseri oranının düşük olması ile ilişkilendirilmiştir [48, 49]. Farklı bir çalışmada tahin ve Tip DN2 ile beslenen farelerde DMH (1,2 Dimetilhidrazin)'nin kolon kanserinden koruyucu etkisi araştırılmış ve olumlu etkisi bildirilmiştir [50]. İnsanlar üzerinde yapılan çalışmada, özellikle Tip DN3 tüketiminin kan glikoz ve insülin seviyesini düşürdüğü rapor edilmiştir [51]. Birçok çalışmada, DN içeren gıdaların yemek sonrası kan şekerini azalttığı ve Tip 2 diyabetin (insülin bağımlılığı olmayan) metabolik kontrolünde rol oynayabileceği bildirilmiştir [7, 51].

Ticari Tip DN3 kullanan insanlar üzerinde yapılan bir çalışmada, kan glukoz seviyesinin, diğer karbonhidratlar ile beslenenlerinkinden anlamlı şekilde daha düşük olduğu belirlenmiştir [51]. Reader ve ark. [52] Tip 2 diyabet hastası deneklerde yemek sonrası kan glikoz ve insülin seviyeleri üzerine, üç farklı ticari atıştırmalık üründe eş değer miktarda bulunan dirençli nişasta ve tamamen sindirilebilir nişastanın akut etkilerini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Tüketimden 60 dakika sonra, şekerleme bar (3.66 ± 0.24 mmol/L) ve enerji barının (3.63 ± 0.25 mmol/L) kan glikoz seviyesindeki ortalama artışları benzerken, dirençli

nişasta barınınkinden (1.89 ± 0.25 mmol/L) önemli şekilde yüksek bulunmuştur [52].

Bazı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda dirençli nişasta içeriği artırılmış gıdalarla beslenen farelerde kalsiyum, magnezyum, çinko, demir ve bakırın absorpsiyonunda bir artış olduğunu rapor edilmiştir [45, 53].

Bir başka çalışmada, safra taşı oluşumunun, undan ziyade tam tahıl danelerinin tüketildiği Hindistan'da daha seyrek olduğu belirlenmiştir. Diyetlerinde DN'nin daha az yer aldığı Birleşmiş Milletler, Avrupa ve Avustralya gibi milletler; diyetlerinde DN'nin yüksek oranda yer aldığı Çin (pirinç vb.) ve Hindistan gibi ülkelerle karşılaştırıldığında; bu iki grup arasındaki safra taşı vaka sayı farkı DN tüketimi ile ilişkilendirilmiştir [7].

DİRENÇLİ NİŞASTANIN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ

Tip DN2 ve Tip DN3'ün doğal kaynaklı, düşük su tutma kapasiteli, lezzetli, beyaz renkli, ince partikül boyutlu ve laksatif etkili olmasının yanı sıra jelatinizasyon sıcaklığının yüksek olması gibi fonksiyonel özellikleri kullanıldığı gıdada olumlu gelişmeler sağlamaktadır. Yapılan çalışmalarda dirençli nişasta kullanımının kaplamalı ürünlerin gevrekliğini artırma, hamur reolojik özelliklerini olumsuz etkilememe, kahvaltılık tahıllarda gevrekliği artırma, fonksiyonel bileşen olarak kullanılabilme, iyi ekstrüzyon ve film oluşturma özellikleri ve geleneksel lifli ürünlerden daha düşük su tutma kapasitesi sağlama gibi avantajlara sahip olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir [7, 13, 17, 54].

DN, yağ ikame edici maddeler arasında kabul edilmektedir. Mısır, buğday, patates, pirinç ve baklagil gibi kaynaklardan elde edilen nişasta doğal halde ya da modifiye edilerek (hidroliz, çapraz bağlama, substitüsyon vb.) bu amaçla kullanılmaktadır [55]. Nişasta bazlı yağ ikame edicilerin kullanımının başlıca avantajı nişastanın suda disperse olarak jel

oluşturmasıdır. Yağ yerine dirençli nişasta kullanılarak hem gıdanın yağ içeriği azaltılmakta hem de yağların gıdaya kazandırdıkları karakteristik özelliklerden taviz verilmemektedir [56].

Tip DN2 ve DN3'ün sağladığı tüm bu fonksiyonel özellikleri nedeniyle gıda endüstrisinde inovatif ürünlerde çölyak hastaları için üretilen ürünlerde, düşük karbonhidratlı ticari gıdalarda, fermente gıdalarda (sosis vb.) ekmek, kek ve kahvaltılık gevrekler, fırınlanmış ürünler, makarna ürünleri ve içkilerde, diyabet hastalarının diyetlerinde kullanım alanı bulmuştur [7, 13, 17, 54]. Farklı DN tipleri, fırınlanmış (makarna, ekmek, bisküvi, kek, kahvaltılık gevrekler) ürünler gibi tüm düşük nemli ürünlerde, dondurma, sütlü tatlı ve peynir gibi orta nemli ürünlerde, ve yoğurt ve fermente yoğurt içeceği (doogh) gibi yüksek nemli ürünlerde kullanılmıştır [57, 58].

DN'nin belirli ürünlerde gevrekliği ve kabarmayı geliştirdiği ve DN içeren ürünlerin geleneksel çözünmez lif içeren ürünlerden daha iyi renk, lezzet ve ağız hissine sahip olduğu bildirilmiştir [3]. DN'nin bir gıda bileşeni olarak kullanılmasına yönelik çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Fonksiyonel diyet lifi özelliğine sahip olması, beyaz renkli, kabul edilebilir tat-koku ve boyut özelliği gibi nedenlerle pek çok besinsel lif kaynağına göre rahatlıkla kullanılabilir [15]. Proses koşullarına daha fazla uyumlu olduğu için, DN kullanıldığında üretim koşulları ve ürün formülasyonunda daha az modifikasyon yapılmaktadır [59]. Bisküvi [60], kek [61], kaplamalı ürünler [62], ekstrüde ürünler [21, 63-66], makarna [67], ekmek [24, 68] üretiminde çeşitli dirençli nişasta kaynakları kullanılmış duyuşal açıdan kabul edilebilir nitelikte ve DN içeriği yükseltmiş ürünler elde edildiği bildirilmiştir.

SONUÇ

Sonuç olarak, dirençli nişasta; gerek sağlık üzerine olumlu etkileri, gerekse fonksiyonel özellikleri sayesinde ürün özelliklerini iyileştirici etkilerinden dolayı tercih edilen önemli bir diyet lifidir. Dirençli nişasta, yeşil muz gibi doğal kaynaklardan, pişirilip soğutulmuş patates, kızarmış ekmek gibi retrograde formda ya da farklı tiplerinin ilave edildiği kek, makarna, kahvaltılık gevrek, ekmek gibi ürünlerin tüketimiyle çeşitli yollarla vücuda alınabilmektedir. Çeşitli bitkisel kaynaklardan dirençli nişasta elde edilmesine yönelik çalışmalar her ne kadar mevcutsa da, doğal kaynakların dirençli nişastaca zengin ürün eldesinde kullanımına dair çalışmaların artırılmasına ihtiyaç vardır. Bununla birlikte dirençli nişastanın insan sağlığı üzerindeki yararlı fizyolojik etkileri göz önünde bulundurulduğunda, gıda endüstrisinde kullanımının ürün çeşidi açısından yaygınlaştırılmasının ve gıda pazarında daha çok insan tarafından ulaşılabilir olmasının son derece faydalı ve yenilikçi bir yaklaşım olacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Anonim, 2015. 'http://www2.bayar.edu.tr/muhendislik/gida/docs/databank/oligove%20polisak karitler.pdf' Erişim Tarihi: 06.04.2015
- [2] Ratnayake, W.S., Jackson, D.S., 2008. Thermal behavior of resistant starches RS2, RS 3, and RS 4. *Journal of Food Science* 73(5): 356-366.
- [3] Fuentes-Zaragoza, E., Riquelme-Navarrete, M.J., Sánchez-Zapata, E., Pérez-Álvarez, J.A., 2010. Resistant starch as functional ingredient: A review. *Food Research International* 43: 931-942.
- [4] Englyst, H.N., Wiggins, H.S., Cummings, J.H., 1982. Determination of the nonstarch polysaccharides in planty foods by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. *Analyst* 107: 307-318.
- [5] Berry, C.S., 1986. Resistant starch: Formation and measurement of starch that survives exhaustive digestion with amylolytic enzymes during the determination of dietary fibre. *Journal of Cereal Science* 4: 301-304.
- [6] Jiang, G., Liu, Q., 2002. Characterization of residues from partially hydrolyzed potato and high amylose corn starches by pancreatic α -amylase. *Starch/Stärke* 54: 527-533.
- [7] Sajilata, M.G., Singhal, R.S., Kulkarni, P.R., 2006. Resistant starch-a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 5: 1-17.
- [8] Bengmark, S., 2000. Gut and the immune system: Enteral nutrition and immunonutrients. In A.E. Baue, E. Faist, D. Fry eds. SIRS, MODS and MOF - systemic inflammatory response syndrome, multiple organ dysfunction syndrome, multiple organ failure - pathophysiology, prevention and therapy. New York: Springer. pp. 408-424.
- [9] İlkül, Ö., 2005. Modern tipta prebiyotikler ve probiyotikler. *Ulusal Cerrahi Dergisi* 21(1): 47-50.
- [10] Burdurlu, H.S., Karadeniz, F., 2003. Gıdalarda Diyet Lifinin Önemi. *Gıda Mühendisliği Dergisi* 7(15): 18-25.
- [11] Dutta, P.K., Tripathi, S., Mehrotra, G.K., Dutta, J., 2009. Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food Chemistry* 114: 1173-1182.
- [12] Mermelstein, N.H., 2009. Analyzing for resistant starch. *Food Technology* 4: 80-84.
- [13] Mikulíková, D., Masár, S., Kraic, J., 2008. Biodiversity of legume health-promoting starch. *Starch* 60: 426-432.
- [14] Sharma, A., Yadav, B.S., Ritika, 2008. Resistant starch: Physiological roles and food applications. *Food Reviews International* 24: 193-234.
- [15] Lunn, J., Buttriss, J.L., 2007. Carbohydrates and dietary fibre. *Nutrition Bulletin* 32: 21-64.
- [16] Charalampopoulos, D., Wang, R., Pandiella, S.S., Webb, C., 2002. Application of cereals and cereal components in functional foods: A review. *International Journal of Food Microbiology* 79: 131-141.
- [17] Tharanathan, R.N., 2002. Food-derived carbohydrates: Structural complexity and functional diversity. *Critical Reviews in Biotechnology* 22(1): 65-84.

- [18] Nugent, A.P., 2005. Health properties of resistant starch. *Nutrition Bulletin* 30: 27–54.
- [19] Murphy, M.M., Douglass, J.S., Birkett, A., 2008. Resistant starch intakes in the United States. *Journal of American Diet Association* 108: 67-78.
- [20] Juárez-García, E., Agama-Acevedo, E., Sáyago-Ayerdi, S.G., Rodríguez-Ambriz, S.L., & Bello-Pérez, L.A. 2006. Composition, digestibility and application in breadmaking of banana flour. *Plant Food for Human Nutrition* 61: 131– 137.
- [21] Wang, J., Tang, X.J., Chen, P.S., Huang, H.H., 2014. Changes in resistant starch from two banana cultivars during postharvest storage. *Food Chemistry* 156: 319–325.
- [22] Haralampu, S.G., 2000. Resistant starch: A review of the physical properties and biological impact of RS3. *Carbohydrate Polymers* 41: 285–292.
- [23] Shamai, K., Bianco-Peled, H., Shimoni, E., 2003. Polymorphism of resistant starch type III. *Carbohydrate Polymers* 54: 363-369.
- [24] Mikulíková, D., Masár, S., Kraic, J., 2008. Biodiversity of legume health-promoting starch. *Starch* 60: 426-432.
- [25] Öztürk S., 2008. Farklı nişasta kaynaklarından enzime dirençli nişasta üretimi ve karakterizasyonu. Doktora Tezi. *Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.*
- [26] Nestel, P.J., Noakes, M., Clifton, P., McIntosh, G., 1996. High amylose starch on bowel function, insulin sensitivity and lipids. *FASEB J.* 10:1-5.
- [27] Torres-Zapata, A.E., Aparicio-Trápala, M.A., Blé-Castillo, J.L., Corzo-Sosa, C.A., 2012. Glycemic and insulinic response of patients with type 2 diabetes to the consumption of pumpkin soup creole (*Cucúrbita pepo* L.) enriched with banana starch. *Inf. Tecnol.* 23: 71–86.
- [28] Fuentes-Zaragoza, E., Sánchez-Zapata, E., Sendra, E., Sayas, E., 2011. Resistant starch as prebiotic: A review. *Starch/Stärke* 63: 406–415.
- [29] Wong, J.M.W., De Souza, R., Kendall, C.W. C., Emam, A., 2006. Colonic health: Fermentation and short chain fatty acids. *J. Clin. Gastroenterol.* 40: 235–243.
- [30] Hashimoto, N., Ito, Y., Han, K. H., Shimada, K., Sekikawa, M., Topping, D. L., 2006. Potato pulps lowered the serum cholesterol and triglyceride levels in rats. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology* 52: 445–450.
- [31] Younes, H., Coudray, C., Bellanger, J., Demigné, C., 2001. Effects of two fermentable carbohydrates (inulin and resistant starch) and their combination on calcium and magnesium balance in rats. *Br. J. Nutr.* 86: 479– 485.
- [32] Scholz-Ahrens, K. E., Ade, P., Marten, B., Weber, P., 2007. Prebiotics, probiotics, and synbiotics affect mineral absorption, bone mineral content, and bone structure. *J. Nutr.* 137: 838S–846.
- [33] Raghupathy, P., Ramakrishna, B.S., Oommen, S.P., Ahmed, M.S., 2006. Amylase-resistant starch as adjunct to oral rehydration therapy in children with diarrhea. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 42: 362–368.
- [34] Ramakrishna, B.S., Venkataraman, S., Srinivasan, P., Dash, P., 2000. Amylase-resistant starch plus oral rehydration solution for cholera. *New Engl. J. Med.* 342: 308–313.
- [35] Brown, I.L., 2004. Applications and uses of resistant starch. *J. AOAC Int.* 87: 727–732.
- [36] Bodinham, C.L., Frost, G.S., Robertson, M.D., 2010. Acute ingestion of resistant starch reduces food intake in healthy adults. *Br. J. Nutr.* 103: 917–922.
- [37] Gustaw, W., Kordowska-Wiater, M., Koziol, J., 2011. The influence of selected prebiotics on the growth of lactic acid bacteria for bio-yoghurt production. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* 10: 455–466.
- [38] Mirzaei, H., Pourjafar, H., Homayouni, A., 2012. Effect of calcium alginate and resistant starch microencapsulation on the survival rate of *Lactobacillus acidophilus* La5 and sensory properties in Iranian white brined cheese. *Food Chem.* 132: 1966–1970.
- [39] Ziar, H., Gérard, P., Riazi, A., 2012. Calcium alginate-resistant starch mixed gel improved the survival of *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* Bb12 and *Lactobacillus rhamnosus* LBRE-LSAS in yogurt and simulated gastrointestinal conditions. *Int. J. Food Sci. Technol.* 47: 1421– 1429.
- [40] Zhou, Z., Gao, X., Zhou, J. Y. H., 2013. Effect of resistant starch structure on short-chain fatty acids production by human gut microbiota fermentation in vitro. *Starch/Stärke* 65(5-6): 509-516.
- [41] Liu, R., Xu, G. 2008. Effects of resistant starch on colonic preneoplastic aberrant crypt foci in rats. *Food and Chemical Toxicology* 46: 2672–2679.
- [42] Roben, A., Andersen, K., Karberg, M.A., 1997. Acetylation of of or beta-cyclodextrin addition to potato starch: Beneficial effect on glucose metabolism and appetite sensations. *American Journal of Clinical Nutrition* 66: 304–314.
- [43] Buttriss, J.L., Stokes, C.S., 2008. Dietary fibre and health: An overview. *Nutrition Bulletin* 33: 186–200.
- [44] Keenan, M.J., Zhou, J., Mccutcheon, K.L., Raggio, A.M., Bateman, H.G., Todd, E., 2006. Effects of resistant starch, a non-digestible fermentable fiber, on reducing body fat. *Obesity* 14: 1523–1534.
- [45] Mikušová, L., Šturdík, E., Mošovská, S., Brindzová, L., Mikulajová, A., 2009. Development of new bakery products with high dietary fibre content and antioxidant activity for obesity prevention. In Proceedings of 4th international dietary fibre conference (p. 185). Vienna, Austria: International association for cereal science and technology (ICC).
- [46] Lopez, H.W., Levrat-Verny, M.A., Coudray, C., Besson, C., Krespine, V., Messenger, A., 2001. Class 2 resistant starches lower plasma and liver lipids and improve mineral retention in rats. *Journal of Nutrition* 131: 1283–1289.
- [47] Boyacıoğlu, D., Nilüfer, D., 2003. Süt Ürünlerinde Diyet Liflerinin İngrediyen Olarak Kullanımı. Süt Ürünlerinde Yeni Eğilimler Sempozyumu, 22–23 Mayıs 2003, İzmir.
- [48] Rahman, S., Bird, A., Regina, A., Li, Z., Ral, J.P., McMaugh, S., Topping, D., Morell, M., 2007. Resistant starch in cereals: Exploiting genetic

- engineering and genetic variation. *J. Cereal Sci.* 46: 251-260.
- [49] Ferguson, L.R., Tasman-Jones, C., Englyst, H., Harris, P.J., 2000. Comparative effects of three resistant starch preparations on transit time and short-chain fatty acid production in rats. *Nutrition & Cancer* 36: 230-237.
- [50] Tharanathan, R.N., Mahadevamma, S., 2003. Grain legumes: A boon to human nutrition. *Trends in Food Science & Technology* 14: 507-518.
- [51] Prado-Silva L., Azavedo L., 2014. Sesame and resistant starch reduce the colon carcinogenesis and oxidative stress in 1,2-dimethylhydrazine-induced cancer in Wistar rats. *Food Research International* 62: 609-617.
- [52] Reader, D., Johnson, M.L., Hollander, P., Franz, M., 1997. Response of resistant starch in a food bar vs. two commercially available bars in persons with type II diabetes mellitus. *Diabetes* 46(1): 254.
- [53] Reader, D., O'connell, B., Johnson, M., Franz, M., 2002. Glysmic and insulinemic response of subjects with type 2 diabetes after consumption of three energy bars. *Journal of the American Dietetic Association* 102(8): 1139-1142.
- [54] Younes, H., Levrat, M.A., Demige, C., Remesy, C., 1995. Resistant starch is more effective than cholestyramine as a lipid-lowering agent in the rat. *Lipids* 30: 847-853.
- [55] Augustin, M.A., Sanguansri, P., Htoon, A., 2008. Functional performance of a resistant starch ingredient modified using a microfluidiser. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 9: 224-231.
- [56] Akoh, C.C., 1998, Fat replacers. *Food Technology* 52: 47-53.
- [57] Kahraman, K., Köksel, H., 2006. Enzime dirençli nişasta üretimi ve fonksiyonel özelliklerinin incelenmesi. Hububat Ürünleri Tekn. Kong., 7-8 Eylül, Gaziantep.
- [58] Heydari, S., Mortazavian, A.M., Ehsani, M.R., Mohammadifar, M.A., 2011. Biochemical, microbiological and sensory characteristics of probiotic yogurt containing various prebiotic compounds. *Italian J. Food Sci.* 23. 153-163.
- [59] Pereira, K.D., 2007. Resistant starch, the latest generation of energy control and healthy digestion. *Amido Resistente, a Última Geração no Controle de Energia e Digestão Saudável* 27: 88-92.
- [60] Sakharam, K.P., 2004. Resistant starches as low-carb ingredients – current applications and issues. *Cereal Foods World* 49: 292-294.
- [61] Şeker, İ.T., Gökbulut, İ., Öztürk, S., Özbaş, Ö.Ö., Köksel, H., 2006. Enzime dirençli nişastanın bisküvi üretiminde kullanımı. Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs 2006, Bolu.
- [62] Baixauli, R., Sanz, T., Salvador, A., Fiszman, S.M., 2008. Muffins with resistant starch: Baking performance in relation to the rheological properties of the batter. *Journal of Cereal Science* 47: 502-509.
- [63] Sanz, T., Salvador, A., Fiszman, S.M., 2008. Resistant starch (RS) in battered fried products: Functionality and high-fibre benefit. *Food Hydrocolloids* 22: 543-549.
- [64] Sözer, N., Dalgıç, A.C., Kaya, A., 2007. Thermal, textural and cooking properties of spaghetti enriched with resistant starch. *Journal of Food Engineering* 81: 476-484.
- [65] Bustos, M.C., Perez, G.T., León, A.E., 2011. Sensory and nutritional attributes of fibre-enriched pasta. *LWT – Food Sci. Technol.* 44: 1429-1434.
- [66] Bustos, M.C., Pérez, G.T., León, A.E., 2011. Effect of four types of dietary fiber on the technological quality of pasta. *Food Sci. Technol. Int.* 17: 213-221.
- [67] Aravind, N., Sissons, M., Fellows, M.J., Blazek, J., Gilbert, E.B., 2013. Optimisation of resistant starch II and III levels in durum wheat pasta to reduce in vitro digestibility while maintaining processing and sensory characteristics. *Food Chem.* 136(2): 1100-11009.
- [68] Gelencsér, T., Gál, V., Hódsági, M., Salgó, A., 2008. Evaluation of quality and digestibility characteristics of resistant starch-enriched pasta. *Food Bioprocess Technol.* 1: 171-179.
- [69] Sanz-Penella, J.M., Wronkowska, M., Soral-Smietana, M., Collar, C., 2010. Impact of the addition of resistant starch from modified pea starch on dough and bread performance. *Eur. Food Res. Technol.* 231: 499-508.