

BİDGE Yayınları

Gıda Teknolojilerinde Yenilikler ve Araştırmalar

Editör: Prof. Dr. Hikmet Yeter Coğun

ISBN: 978-625-6645-50-9

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 25.12.2023

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	3
Prebiyotiklerin Biyokimyasal Özellikleri ve Metabolizmaya Etkileri.....	4
Dilek KIRIMER	4
Mert PEKCAN	4
Peynir Olgunlaştırma ve Olgunlaşmayı Hızlandırma Yöntemleri .	19
Sezen HARMANKAYA	19
Ahmet HARMANKAYA.....	19
Fonksiyonel Gıda Bileşeni Psyllium (Plantago ovata) ve Sağlık Etkileri.....	37
Tülay ELAL MUŞ.....	37

BÖLÜM I

Prebiyotiklerin Biyokimyasal Özellikleri ve Metabolizmaya Etkileri

Dilek KIRIMER¹
Mert PEKCAN²

Giriş

Prebiyotik kavramından ilk olarak 1954 yılında bahsedilmiştir. György, insan sütünün bir bileşeni olan N-asetil-glukozaminin Bifidobakterium suşunun sayıca artmasını teşvik ettiğini bildirdi (György & ark.,1954). 1957 yılında Petuely bifidus faktörü olarak laktulozu tanıdı (Petuely, 1957). Birkaç yıl sonra, Japon araştırmacılar fermente edilebilir oligosakkaritlerin olduğunu bildirdiler. Bu bağırsak mikrobiyotası çalışmasında yeni bir yaklaşıma yol açtı (Tymczyszyn & ark., 2014). Bununla birlikte,

¹ Doktora Öğrencisi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Veterinerlik Biyokimyası, dilekhzarc@gmail.com

² Doç. Dr., Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Biyokimya Anabilim Dalı, pekcan@ankara.edu.tr

prebiyotikler ilk olarak 1995 yılında Gibson ve Roberfroid tarafından kolondaki konakçıya faydalı bir veya daha fazla mikroorganizmanın çoğalmasını ve/veya aktivitesini seçici olarak artıran sindirilmeyen besinler olarak tanımladı (Gibson ve Raberfroid 1995). Bu nedenle, iyi bilinen prebiyotik özelliklere sahip gıda maddelerinin alımı bağırsak mikrobiyotasını olumlu bir şekilde etkileyebildiği gözlemlenmiştir (Şimşek & Bilgili 2014). Bu kapsamda prebiyotiklerin kaynakları, biyokimyasal özellikleri ve hayvanlarda metabolizmaya etkileri hakkında bilgi verilmiştir.

Prebiyotiklerin biyokimyasal özellikleri

Prebiyotikler üç yolla endüstriyel üretim sürecine girerler: Doğal kaynaklardan doğrudan ekstraksiyon, polisakkaritlerin veya disakkaritlerin enzimatik ve kimyasal sentezi yoluyla elde edilebilirler. Bitkilerden ekstraksiyonla elde edilen prebiyotiklerin örnekleri arasında hindiba, soğan, pırasa ve sarımsaktan elde edilen inülin, anne sütünden galaktooligosakkaritler ve soya fasulyesinden soya oligosakkaritler yer alır. Polisakkaritlerden enzimatik hidroliz ile elde edilenler inülin, oligofruktoz, ksilooligosakkarit ve izomaltooligosakkaritlerdir. Monosakkaritler veya disakkaritlerden sentez yoluyla elde edilenler arasında sakarozdan fruktooligosakkaritler ve laktozdan galaktooligosakkaritler örnek verilebilir (Sako, Matsumoto ve Tanaka, 1999).

Rafinoz oligosakkaritler, su veya sulu metanol veya etanol çözeltileri kullanılarak bitki materyalinden doğrudan ekstrakte edilebilir (Johansen ve diğerleri, 1996).

Galaktooligosakkaritler (GOS), değişen sayıda galaktoz biriminden (genellikle 2 ila 10) oluşan, sindirilmeyen oligosakkaritlerdir ve sıklıkla $\beta(1-4)$ ve $\beta(1-6)$ bağ ünitesiyle bağlanan terminal glikoz içerir (Casci, Tamara ve Rastall, 2006) .

Laktitol laktozun kimyasal hidrojenasyonu ile elde edilen bir şeker alkolüdür. Laktitol çoğu kolon mikroorganizmaları tarafından kısa zincirli yağ asitlerine metabolize edilir ve bu anlamda bir prebiyotik olarak kabul edilir (Als-Nielsen & ark., 2004).

Laktobiyonik asit laktozun kimyasal oksidasyonu ile elde edilen bir şeker asidi olmasına rağmen glikoz-fruktoz oksidoredüktaz ile de sentezlenebilir (Satory & ark., 1997). Sindirim enzimlerine karşı dirençli olması, ince bağırsaklarda emilmeyip kolonda fermente olmasına rağmen prebiyotik etkisi henüz kesin olarak kanıtlanmamıştır (Saarela & ark., 2003).

Laktosükroz transfruktosilasyon ile laktozdan elde edilen bir trisakkarittir. Transfruktosilasyon, bakteriyel veya fungal fruktosiltransferazlar ile sakkaroz veya rafinozu kullanan hücreler ile gerçekleştirilebilir. Bifidojenik etkisi ve clostridia üzerindeki inhibitör etkisi iyi belgelenmiş olmasına rağmen, hala prebiyotik tanımlamasına tam uymadığı düşünülmektedir (Gänzle & ark., 2008).

Tagatoz hidroliz ve glikoz ayrılmasından sonra laktozdan elde edilen bir galaktoz izomeridir. Büyük ölçüde ince bağırsakta sindirilmez, kolonda fermente edilir (Levin & Gilbert, 2002).

Laktuloz içeren gıdaların ısıtılması sırasında laktozun izomerizasyonu ile elde edilmesine rağmen doğada bulunmayan bir disakkarittir. Alkali koşullarda kimyasal izomerizasyon ile laktozdan elde edilir (Villamiel & ark., 2002).

Fruktooligosakkaritlerin eldesi için endüstriyel süreçler iki sınıfa ayrılabilir: İlki, enzim-fruktofuranosidazın transfruktosilasyon aktivitesi kullanılarak disakkarit sukrozdan eldesidir (Park & Almeida, 1991). Fruktooligosakkaritlerin eldesi için kullanılan ikinci yöntem, örneğin hindiba köklerinden çıkarılan inülin polisakkaritinin (inülin oligofruktoz) kontrollü enzimatik hidrolizidir (Crittenden & Playne, 1996). Bu nedenle fruktooligosakkaritler, zincirin sonunda bir D-glikozil kalıntısı taşıyan $\beta(2\rightarrow1)$ bağlarıyla bağlanmış D-fruktozun inülin tipi oligosakkaritleri olduğu kolayca anlaşılmaktadır (Yun, 1996).

Palatinoz olarak da bilinen izomaltuloz, sükrozun bir glikozidik bağ yoluyla $\alpha(1,2)$ fruktozdan $\beta(1,6)$ fruktoza enzimatik

olarak yeniden düzenlenmesiyle elde edilen doğal bir disakkarittir (Lina ve diğerleri, 2002).

Glikosükroz, siklomaltodekstrin glikoltransferaz tarafından katalize edilen transglikolasyon yoluyla maltoz ve sükroz disakkaritlerinden elde edilen bir trisakarittir (Crittenden & Playne, 1996).

Maltooligosakkaritler, $\alpha(1\rightarrow4)$ glikozidik olarak bağlı α -D-glikoz kalıntılarını içerir. Ticari olarak nişastadan, pullulanaz ve izoamilaz gibi enzimler ile ayrılarak α -amilazın hidrolizi yoluyla elde edilir (Lina ve diğerleri, 2002).

İzomaltooligosakkaritler, $\alpha(1-6)$ glikozidik bağlarla bağlanan glikoz monomerlerinden oluşan oligosakkaritlerdir. IMO'lara verilebilecek en iyi örnekler; isomaltoz, isomaltotetraoz ve isomaltotrioz'dur. Maltooligosakkaritler gibi izomaltooligosakkaritler de hammadde olarak nişasta kullanılarak elde edilir. İlk olarak nişasta α -amilaz kullanılarak çözünür hale getirilir. Çözünmüş nişasta daha sonra hem α -glikosidaz hem de β -amilaz ile katalize edilmiş reaksiyonları içeren ikinci bir aşamada işlenir. β -amilaz önce çözünmüş nişastayı maltoza hidrolize eder ve daha sonra izomaltooligosakkarit elde etmek için α -glikosidazın transglikosidaz aktivitesini kullanır (Kaneko ve diğerleri, 1994). IMO'nun asidik çözeltilere karşı direnci, bu bileşiği diğer oligosakkaritlerden ayırmaktadır (Özyurt ve Ötleş, 2014).

Siklodekstrin, $\alpha(1\rightarrow4)$ glikozidik bağa sahip, indirgeyici olmayan siklik yapıya sahip bir maltooligosakkarit olup, siklodekstrin glukotransferazın etkisiyle nişasta ve türevlerinden üretilir. En yaygın üç siklodekstrin türü sırasıyla α, β, γ ve 6,7,8 glikoz birimlerinden oluşur. Siklodekstrinler hidroksil grubu içerdikleri için suda çözünmektedir. En fazla suda çözünen γ -siklodekstrinlerdir (Hamilton, Kelly & Fogarty, 2000).

Gentiooligosakkaritler, $\beta(1\rightarrow6)$ glikozidik sınırlarla birbirine bağlanan çoklu glikoz kalıntılarından oluşur. Nişastanın asit veya enzimatik hidrolizi ve ardından β -glikosidazlar tarafından

katalize edilen glikozun transglikozilasyonu ile elde edilirler (Crittenden & Playne, 1996).

Soyaoligosakkaritler doğrudan soya sütünden elde edilir enzimatik üretim süreçlerine gerek yoktur (Grizard & Barthomeuf, 1999).

Ksilo-oligosakkaritler, ksiloz moleküllerinin $\beta(1\rightarrow4)$ bağlarından oluşur. Endüstriyel ölçekte ksilo-oligosakkaritler, lignoselülozik malzemelerden ekstrakte edilen polisakkarit ksilandan elde edilir. Meyve, sebze, bal ve sütte doğal olarak bulunur (Vazquez ve diğerleri, 2000).

İnülin, düz zincirli $\beta(2\rightarrow1)$ bağlarıyla bağlanan ve uçta sükroz molekülleri ile fruktoz moleküllerinden oluşan bir polifruktandır (Edelman ve Jefford, 1964).

Mineral madde emilimine etkileri

Prebiyotiklerin kalsiyum, magnezyum, çinko ve demir mevcudiyetini arttırdığına dair birçok bilimsel kanıt mevcuttur. Yapılan bir çalışmada ovariektomize ratların diyetlerine 16 hafta boyunca kalsiyuma ek fruktooligosakkarit/kg ilave edilmiş. İdrarla kalsiyum atılımının önemli ölçüde artmış olmasına rağmen 4, 8 ve 16. hafta sonunda artan fruktooligosakkarit tüketimi ile kalsiyum tutulması arasında pozitif bir eğilim olduğu gözlemlenmiştir (Scholz-Ahrens & ark., 2001). Chonan ve Watanuki ratların diyetlerine galaktooligosakkarit eklendiğinde kalsiyum emilimi üzerinde uyarıcı bir etkisi olduğunu bildirmişlerdir (Chonan & Watanuki, 1996). Chen yumurtacı tavuklarda yeme inülin ve fruktooligosakkarit katkısının serum kalsiyum seviyesini arttırdığını bildirmiştir (Chen & Chen, 2004). Prebiyotikler bağırsaktaki sindirim enzimlerine karşı dirençli oldukları için neredeyse kolona kadar bozulmadan ulaşır. Bu kolon fermentasyonu sonucunda kalın bağırsakta daha düşük lümen pH'sına neden olan kısa zincirli yağ asitleri (SCFA) ve diğer organik asitler elde edilir. SCFA'lar katyon değişim mekanizması yoluyla Ca emiliminin artması üzerinde doğrudan etkilidir. Aynı zamanda kalsiyumun kolonda emilimi

enterosite girdikten sonra sitozol içinde veya kalsiyum bağlayıcı proteinlerden kalbindin D9K'ya bağlı olarak lizozomal vezikül içinde taşınarak gerçekleşir. Prebiyotikler bu D vitamini bağımlı kalsiyum bağlayıcı proteinler olarak tanımlanan kalbindin D9K ekspresyonunu arttırarak transsellüler aktif Ca taşınımını sağladığı gözlemlenmiştir (Roberfroid & ark., 2010). Kalsiyum emilimine katkıda bulunmanın bir başka yolu, prebiyotiklerin bağırsak üzerindeki trofik etkisidir. Yani hücre büyümesi ve proliferasyon söz konusudur. Prebiyotikler bütirat veya bazı poliaminlerin üretiminin artmasına aracılık ettiği ve mineral absorbsiyon alanının kalın bağırsağa doğru uzayarak Ca biyoyararlanımını arttırmaya yardımcı olduğu düşünülmektedir (Remesy & ark., 1993).

Genç ratların fruktooligosakkarit ile beslenme sonrası magnezyum emiliminin önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir (Ohta & ark., 1994). Prebiyotiklerin Mg'nin emilimi üzerine olan etkisinin çoğu Ca için tarif edilenlere benzemektedir.

Diyetlerine %10 oranında fruktooligosakkarit eklenen ratların demir emilimi üzerine uyarıcı etkisi olduğu sonucuna varılmıştır (Delzenne & ark., 1995). Ayrıca, oligofruktozun diyet kaynaklı anemi tablosunu da iyileştirdiği gözlemlenmiştir. (Ohta & ark., 1995). Gastrektomi sonrası oluşan anemi tablosunda ise fruktooligosakkarit ile beslenme sonrası birinci ve ikinci hafta sonunda demir emiliminde önemli bir artış olduğu saptanmıştır. Ohta ve arkadaşları hematokrit, hemoglobin konsantrasyonu ve hemoglobin sentezinde geçici fakat anlamlı bir artış olduğunu gözlemlemişlerdir (Ohta & ark., 1998).

Diyetlerine prebiyotik ilave edilmiş ratlarda çinko emiliminin etkisi kalsiyum, magnezyum veya demir emilimine oranla daha az olmasına rağmen arttığı sonucuna varılmıştır (Delzenne & ark., 1995).

Glikoz metabolizmasına etkileri

Prebiyotiklerin glikoz metabolizmasına nasıl etki ettiği ile ilgili önerilen çeşitli mekanizmalar vardır. Bunlar arasında sistemik

lipopolisakkaritlerin (LPS) emiliminin azalması, safra asidi metabolizmasındaki değişiklikler, kısa zincirli yağ asidi (SCFA) üretiminin artması ve bağırsak hormonu sekresyonundaki değişiklikler olarak sayılabilir (Utzschneider & ark., 2016).

Gram-negatif bakterilerin dış duvarından kaynaklanan lipopolisakkaritler bağırsak duvarını geçer ve Toll benzeri reseptör 4'e bağlanarak proinflamatuvar sitokinlerin (tümör nekroz faktörü α , interlökin-6 ve interlökin-1) salgılanmasına neden olur ve endotel hasara, düşük dereceli inflamasyona ve azalmış inülin duyarlılığına neden olur (Utzschneider ve ark., 2016). Cani ve arkadaşlarının fareler üzerinde yaptığı araştırma, farelere prebiyotik verildikten sonra bağırsaktaki bifidobakteri oranının arttığını, bunun sonucunda bağırsak epitelinin geçirgenliğinde bir azalmaya yol açtığını ve böylece lipopolisakkaritlerin bağırsaktan emiliminin azaldığını göstermiştir (Cani ve ark., 2009).

Prebiyotik fermentasyonla salınan kısa zincirli yağ asitleri bütirat, asetat ve propiyonat, entero-endokrin-L hücreleri tarafından sentezlenen inkretin hormonlarından biri olan GLP-1'in salgılanmasına neden olur. Bu hormon glukagon sentezini inhibe eder, insülin sekresyonunu uyarır ve hepatik glukoneogenezi azaltır (Aliasgharzadeh ve ark., 2015).

Lipid metabolizmasına etkileri

Oligofruktozun triasilgliserolün intrahepatik konsantrasyonunda bir azalmaya neden olduğu görölmüş ve hipotrigliseridemik etkinin triasilgliserolün hepatik sentezindeki azalmadan ziyade triasilgliserolden zengin lipoproteinin uzaklaştırılmasından kaynaklandığı düşünölmektedir (Delzenne & ark., 2002). Yapılan diğer bir çalışmada da fruktooligosakkaritin hepatik ekspresyonunda ve asetil-CoA karboksilaz, malik enzim, ATP sitrat liyaz ve yağ asidi sentazın aktivitesinde eř zamanlı bir azalmaya neden olduğu gözlemlenmiştir (Agheli & ark., 1998). Prebiyotiklerin, kalın bağırsakta SCFA'nın üretiminin artması yoluyla da karaciğer lipogenezini azalttığı düşünölmektedir. Kolondaki sindirilmeyen karbonhidratların fermentasyonu

sonucunda SCFA'lar elde edilir. Asetatın ve daha belirgin bir şekilde propiyonatın portal konsantrasyonlarının arttığı bunun da hepatik TAG sentezini azalttığı gözlemlenmiştir (Daubioul & ark., 2000).

Hayvanlarda prebiyotiklerin kolesterol metabolizmasına etkileri üzerine yapılan çalışmalarda çelişkili sonuçlar ortaya çıkmıştır. Ratların diyetlerine %10 oligofruktoz ilavesi plazma kolesterol düzeyinde ılımlı bir azalmaya (%15) neden olurken, (Fiordaliso & ark., 1995) bir başka çalışmada diyetle oligofruktoz ilavesi, plazma kolesterolünü azaltmadığını göstermiştir (Flickinger, Loo & Fahey, 2003). Hipokolesterolemik etkiyi açıklamak için çeşitli mekanizmalar önerilmiştir. Plazma kolesterolünün azalmasında, karaciğerde üretilen kolesterolün ve diğer lipitlerin vücuttaki diğer organlara ulaştırılması için çok düşük yoğunluktaki lipoproteinlerden olan VLDL'nin, sentezinin ve sekresyonunun azalmasının önemli bir rolü olduğudur. Bir diğer görüşte inulin tipi fruktanların verilmesi ile bağırsak üretiminde artan propiyonatın hepatik kolesterol sentezini inhibe edebileceğidir. Prebiyotiklerin serum kolesterolünü düşürücü etkisine ilişkin en yaygın kabul gören görüş, prebiyotiklerin safra tuzlarını serbest asitlere parçalayarak intestinal sistemden safra tuzlarını hızla uzaklaştırmasıdır. Bu serbest safra tuzları vücuttan atılırken, kolesterolden yeni safra asitleri sentezlendiğinden vücuttaki toplam kolesterol seviyeleri düşebilir. Diğer bir görüş ise laktik asit bakterilerinin asit üreterek pH'da bir düşüşe neden olduğu ve bunun sonucunda dekonjuge safra tuzlarının ve kolesterolün presipitasyonuna yol açtığıdır (Demigné ve diğerleri, 1995).

Tartışma ve sonuç

Prebiyotiklerin hayvan sağlığı üzerinde bağırsak mikroflorasını düzenlemek, minerallerin emilimi ve biyoyararlanımını arttırmak, kan kolesterol ve trigliserid düzeyleri ile glikoz metabolizmasını düzenleme gibi etkileri vardır. Metabolizma üzerindeki bu olumlu etkileri nedeniyle veteriner hekimlikte kullanım alanı her geçen yıl artmaktadır. Artan bu yoğun ilgiyle birlikte açıklığa kavuşturulması beklenen pek çok soru

bulunmaktadır bu nedenle alanımızda daha da fazla çalışma yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Prebiyotiklerin hayvanlar üzerindeki etkilerinin daha net ortaya konması, anlaşılması ve açıklanması için prebiyotiklerin sınıflandırılması da dikkate alınarak farklı çalışmalar yapılması gelecekte daha geniş bir kapsamda uygulanabilme olanağı sağlayacaktır.

Kaynakça

Agheli, N., Kabir, M., Berni-Canani, S., Petitjean, E., Boussairi, A., Luo, J., ... & Rizkalla, S. W. (1998). Plasma lipids and fatty acid synthase activity are regulated by short-chain fructooligosaccharides in sucrose-fed insulin-resistant rats. *The Journal of nutrition*, 128(8), 1283-1288.

Aliasgharzadeh, A., Dehghan, P., Gargari, B. P., & Asghari-Jafarabadi, M. (2015). Resistant dextrin, as a prebiotic, improves insulin resistance and inflammation in women with type 2 diabetes: a randomised controlled clinical trial. *British Journal of Nutrition*, 113(2), 321-330.

Als-Nielsen, B., Gluud, L. L., & Gluud, C. (2004). Non-absorbable disaccharides for hepatic encephalopathy: systematic review of randomised trials. *Bmj*, 328(7447), 1046.

Cani, P. D., Possemiers, S., Van de Wiele, T., Guiot, Y., Everard, A., Rottier, O., ... & Delzenne, N. M. (2009). Changes in gut microbiota control inflammation in obese mice through a mechanism involving GLP-2-driven improvement of gut permeability. *Gut*, 58(8), 1091-1103.

Casci, T., & Rastall, R. A. (2006). *Prebiotics: Development & Application*. New York: Jhon Wiley

Chen, Y. C., & Chen, T. C. (2004). Mineral utilization in layers as influenced by dietary oligofructose and inulin. *International Journal of Poultry Science*, 3(7), 442-445.

Chonan, O., & Watanuki, M. (1996). The effect of 6'-galactooligosaccharides on bone mineralization of rats adapted to different levels of dietary calcium. *International journal for vitamin and nutrition research. Internationale Zeitschrift fur Vitamin-und Ernährungsforschung. Journal international de vitaminologie et de nutrition*, 66(3), 244-249.

Crittenden, R. A., & Playne, M. (1996). Production, properties and applications of food-grade oligosaccharides. *Trends in food science & technology*, 7(11), 353-361.

Daubioul, C. A., Taper, H. S., De Wispelaere, L. D., & Delzenne, N. M. (2000). Dietary oligofructose lessens hepatic steatosis, but does not prevent hypertriglyceridemia in obese Zucker rats. *The Journal of Nutrition*, 130(5), 1314-1319.

Delzenne, N., Aertssens, J., Verplaetse, H., Roccato, M., & Roberfroid, M. (1995). Effect of fermentable fructo-oligosaccharides on mineral, nitrogen and energy digestive balance in the rat. *Life sciences*, 57(17), 1579-1587. Doi: 10.1016/0024-3205(95)02133-4

Delzenne, N. M., Daubioul, C., Neyrinck, A., Lasa, M., & Taper, H. S. (2002). Inulin and oligofructose modulate lipid metabolism in animals: review of biochemical events and future prospects. *British Journal of Nutrition*, 87(S2), S255-S259.

Demigné, C., Morand, C., Levrat, M. A., Besson, C., Moundras, C., & Rémésy, C. (1995). Effect of propionate on fatty acid and cholesterol synthesis and on acetate metabolism in isolated rat hepatocytes. *British journal of nutrition*, 74(2), 209-219. Doi: 10.1079/BJN19950124

Edelman, J., & Jefford, T. G. (1964). The metabolism of fructose polymers in plants. 4. β -Fructofuranosidases of tubers of *Helianthus tuberosus* L. *Biochemical Journal*, 93(1), 148. Doi: 10.1042/bj0930148

Fiordaliso, M., Kok, N., Desager, J. P., Goethals, F., Deboyser, D., Roberfroid, M., & Delzenne, N. (1995). Dietary oligofructose lowers triglycerides, phospholipids and cholesterol in serum and very low density lipoproteins of rats. *Lipids*, 30(2), 163-167. Doi: 10.1007/BF02538270

Flickinger, E. A., Loo, J. V., & Fahey, G. C. (2003). Nutritional responses to the presence of inulin and oligofructose in

the diets of domesticated animals: a review. Doi: 10.1080/10408690390826446

Gänzle, M. G., Haase, G., & Jelen, P. (2008). Lactose: crystallization, hydrolysis and value-added derivatives. *International Dairy Journal*, 18(7), 685-694. Doi: 10.1016/j.idairyj.2008.03.003

Gibson, G. R., & Roberfroid, M. B. (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *The Journal of nutrition*, 125(6), 1401-1412.

Grizard, D., & Barthomeuf, C. (1999). Non-digestible oligosaccharides used as prebiotic agents: mode of production and beneficial effects on animal and human health. *Reproduction Nutrition Development*, 39(5-6), 563-588.

György, P., Kuhn, R., Rose, C. S., & Zilliken, F. (1954). Bifidus factor. II. Its occurrence in milk from different species and in other natural products. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 48(1), 202-208. Doi: 10.1016/0003-9861(54)90324-0

Hamilton, L. M., Kelly, C. T., & Fogarty, W. M. (2000). cyclodextrins and their interaction with amylolytic enzymes. *Enzyme and Microbial Technology*, 26(8), 561-567. Doi: 10.1016/S0141-0229(00)00141-1

Johansen, H. N., Glitsø, V., & Bach Knudsen, K. E. (1996). Influence of extraction solvent and temperature on the quantitative determination of oligosaccharides from plant materials by high-performance liquid chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(6), 1470-1474. Doi: 10.1021/jf950482b

Kaneko, T., Kohmoto, T., Kikuchi, H., Shiota, M., Iino, H., & Mitsuoka, T. (1994). Effects of isomaltooligosaccharides with different degrees of polymerization on human fecal bifidobacteria. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 58(12), 2288-2290. Doi: 10.1271/bbb.58.2288

Levin, G. V. (2002). Tagatose, the new GRAS sweetener and health product. *Journal of medicinal food*, 5(1), 23-36. Doi: 10.1089/109662002753723197

Lina, B. A. R., Jonker, D., & Kozianowski, G. (2002). Isomaltulose (Palatinose®): a review of biological and toxicological studies. *Food and Chemical Toxicology*, 40(10), 1375-1381. Doi: 10.1016/S0278-6915(02)00105-9

Ohta, A., Baba, S., Takizawa, T., & Adachi, T. (1994). Effects of fructooligosaccharides on the absorption of magnesium in the magnesium-deficient rat model. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 40(2), 171-180. Doi: 10.3177/jnsv.40.171

Ohta, A., Ohtsuki, M., Baba, S., Takizawa, T., Adachi, T., & Kimura, S. (1995). Effects of fructooligosaccharides on the absorption of iron, calcium and magnesium in iron-deficient anemic rats. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 41(3), 281-291. Doi: 10.3177/jnsv.41.281

Ohta, A., Ohtsuki, M., Uehara, M., Hosono, A., Hirayama, M., Adachi, T., & Hara, H. (1998). Dietary fructooligosaccharides prevent postgastrectomy anemia and osteopenia in rats. *The Journal of nutrition*, 128(3), 485-490.

Özyurt, V. H., & Ötleş, S. (2014). Prebiyotikler: metabolizma için önemli bir gıda bileşeni. *Akademik Gıda*, 12(1), 115-123.

Park, Y. K., & Almeida, M. M. (1991). Production of fructooligosaccharides from sucrose by a transfructosylase from *Aspergillus niger*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 7(3), 331-334.

Petuely, V. F. (1957). Der Bifidusfaktor1. *DMW-Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 82(46).

Remesy, C., Levrat, M. A., Gamet, L., & Demigné, C. (1993). Cecal fermentations in rats fed oligosaccharides (inulin) are modulated by dietary calcium level. *American Journal of*

Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology, 264(5), G855-G862. Doi: 10.1152/ajpgi.1993.264.5.G855

Roberfroid, M., Gibson, G. R., Hoyles, L., McCartney, A. L., Rastall, R., Rowland, I., ... & Meheust, A. (2010). Prebiotic effects: metabolic and health benefits. *British Journal of Nutrition*, 104(S2), S1-S63.

Saarela, M., Hallamaa, K., Mattila-Sandholm, T., & Mättö, J. (2003). The effect of lactose derivatives lactulose, lactitol and lactobionic acid on the functional and technological properties of potentially probiotic *Lactobacillus* strains. *International Dairy Journal*, 13(4), 291-302. Doi: 10.1016/S0958-6946(02)00158-9

Sako, T., Matsumoto, K., & Tanaka, R. (1999). Recent progress on research and applications of non-digestible galacto-oligosaccharides. *International Dairy Journal*, 9(1), 69-80.

Satory, M., Furlinger, M., Haltrich, D., Kulbe, K. D., Pittner, F., & Nidetzky, B. (1997). Continuous enzymatic production of lactobionic acid using glucose-fructose oxidoreductase in an ultrafiltration membrane reactor. *Biotechnology Letters*, 19, 1205-1208.

Scholz-Ahrens, K. E., Schaafsma, G., van den Heuvel, E. G., & Schrezenmeir, J. (2001). Effects of prebiotics on mineral metabolism. *The American journal of clinical nutrition*, 73(2), 459s-464s.

Şimşek, İ., & Bilgili, A. (2014). Prebiyotikler, Sinbiyotikler ve Veteriner Hekimliğinde Kullanımı. *Türk Veteriner Hekimler Dergisi*: 3-4.

Tymczynszyn, E. E., Santos, M. I., Costa, M. D. C., Illanes, A., & Gomez-Zavaglia, A. (2014). History, synthesis, properties, applications and regulatory issues of prebiotic oligosaccharides. *Carbohydrates Applications in Medicine*.

Utzschneider, K. M., Kratz, M., Damman, C. J., & Hullarg, M. (2016). Mechanisms linking the gut microbiome and glucose

metabolism. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 101(4), 1445-1454. Doi: 10.1210/jc.2015-4251

Vazquez, M. J., Alonso, J. L., Dominguez, H., & Parajo, J. C. (2000). Xylooligosaccharides: manufacture and applications. *Trends in Food Science & Technology*, 11(11), 387-393. Doi: 10.1016/S0924-2244(01)00031-0

Villamiel, M., Corzo, N., Foda, M. I., Montes, F., & Olano, A. (2002). Lactulose formation catalysed by alkaline-substituted sepiolites in milk permeate. *Food Chemistry*, 76(1), 7-11. Doi: 10.1016/S0308-8146(01)00239-4

Yun, J. W. (1996). Fructooligosaccharides—occurrence, preparation, and application. *Enzyme and microbial technology*, 19(2), 107-117.

BÖLÜM II

Peynir Olgunlaştırma ve Olgunlaşmayı Hızlandırma Yöntemleri

Sezen HARMANKAYA¹
Ahmet HARMANKAYA²

Giriş

Peynir hammaddenin uygun bir pıhtılaştırıcı kullanılarak pıhtılaştırılması ve pıhtıdan peyniraltı suyunun ayrıştırılmasıyla elde edilen, taze olarak veya olgunlaştırıldıktan sonra tüketilebilen çeşidine özgü karakteristik özellikler gösteren bir süt ürünüdür (Üçüncü, 2008). Peynirin besleyici değeri son derece yüksek olup vücut için gerekli olan esansiyel aminoasitler ve esansiyel yağ asitleri için önemli bir kaynaktır. Bileşiminde üretildiği sütte bulunan, yağ, protein ve mineral maddelerin tamamına yakını bulunur. Özellikle kalsiyum bakımından zengin bir içeriğe sahip

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Kafkas Üniversitesi Kars Meslek Yüksekokulu Gıda İşleme Bölümü

² Dr. Öğr. Üyesi, Kafkas Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü

olan peynirin yapısında yağda eriyen A, D, K ve E vitaminleri de yüksek düzeyde bulunur (Çelik & Uysal, 2009).

Peynir yapımı aşamalarında pıhtının süzülmesi sonrasında elde edilen teleme, yumuşak kıvamlı ve yavan lezzetli bir maddedir. Bu ürünün peynir haline dönüşerek arzu edilen kendine özgü tat koku, aroma, renk, kıvam ve yapı kazanabilmesi için belirli koşullar altında (sıcaklık, nem vb) bir olgunlaşma süresi geçirmesi gerekir. Olgunlaşma aşamasında, taze peynirde, fiziksel, mikrobiyolojik ve enzimatik etkileşimler sonucu karmaşık biyokimyasal olaylar meydana gelir. Peynir, kendine ait tipik karakteri bu sayede kazanır.

Peynir Olgunlaşmasında Etkili Olan Faktörler

Peynirin olgunlaşma süreci mikroorganizma ve enzimlerin etkisiyle başlar ve devam eder. Dolayısıyla peynir mikroorganizmalar ve enzimler olmadan kendi çeşidine ait karakteristik özelliklerini kazanabilmesi mümkün değildir.

Enzimlerin olgunlaşma üzerine etkisi

Peynirde olgunlaşma bir süreç olup, bu sürecin tamamlanması peynirde bulunan enzimler vasıtasıyla olur. Sütün peynire dönüşüm aşaması da dahil olmak üzere peynirin kendine has karakteristik özelliklerinin oluşabilmesi enzimlerin etkisi ile gerçekleşir. Bu süreçte lipoliz, proteoliz, glikoliz gibi pek çok biyokimyasal olay teşekkül eder. Peynirde olgunlaşma üzerinde etkili olan enzimler aşağıdaki şekilde listelenmiştir;

1) Peynir mayası (rennet) enzimleri veya üretimde kullanılan diğer proteinazlar

2) Çiğ sütün doğal enzimleri

3) Starter kültür (birincil ve ikincil) olarak kullanılan mikroorganizmaların enzimleridir

4) Kontaminasyon sonucu sütte bulunan starter olmayan mikroorganizmalar (Pediococcus, Micrococcus vb)

5) Sekonder starterlerden kaynaklanan veya olgunlaşmayı hızlandırmak için kullanılan ilave enzimler (Haydaroğlu & Özer, 2021).

Mikroorganizmaların olgunlaşma üzerine etkisi

Her peynir türü farklı mikroorganizmaların etkisi altında olgunlaşır. Bundan dolayı her peynirin olgunlaştığı sıcaklık ve nem oranı da farklıdır. Peynir zengin bir mikrofloraya sahiptir ve özellikle süt asidi bakterileri bu flora içinde önemli bir yer tutar. Bu mikroorganizmalar olgunlaşma da görev aldıklarından peynirlerin gramında milyonlarca mikroorganizmanın bulunması normal kabul edilir.

Olgunlaşmanın istenilen şekilde gerçekleşebilmesi için yeterli sayıda mikroorganizmanın ortamda dominant olarak bulunması ve olgunlaşma koşullarının (ısı, ışık, nem hava akımı vb.) tam olarak sağlanması gerekir. Aksi durumda hatalı ürünlerin oluşumu kaçınılmazdır.

Peynirlerin olgunlaşmasında ve peynir çeşitlerine özgü lezzetlerin meydana gelmesinde rol oynayan mikroorganizmaları bazı özelliklerine göre şu şekilde sınıflandırabiliriz (Kamber, 2005).

Fermentasyon yapan mikroorganizmalar: Peynirdeki laktozu laktik aside dönüştürerek fermentasyonun gelişimini sağlarlar. Çoğunlukla laktik streptokoklar tarafından oluşturulan fermentasyon olgunlaşmanın ilk safhasında gelişir.

Peynirlerde gözenek oluşturan mikroorganizmalar: Bakterilerin laktozu parçalaması aşamasında peynirin içinde laktik asit ve karbondioksit gazı oluşur. Bu gaz peynirin yapısından dolayı dışarı çıkamadığı için peynir dokusunda kabarcıklar halinde gözenekler oluşturur. Gözeneklerin boyutu ve sayısı peynir çeşidinde bulunan mikroorganizma türüne göre değişir. Örneğin Gravyer peynirindeki büyük gözenekler propiyonik asit bakterilerin faaliyetlerine bağlı olarak oluşurken, daha küçük gözenekler laktik bakterileri tarafından oluşturulur.

Yüzeysel mikroflora: Bazı küf kültürleri peynir türlerinde lezzet ve aroma teşekkülü için starter olarak kullanılmaktadır. Örneğin *Penicillium candidum* Camambert peynirinin yüzeyini beyaz bir tabaka halinde sararak bu peynirlere özgü aroma ve lezzetin oluşumunu sağlar. Rokfor peynirine katılan *Penicilium roqueforti* (mavi küf) peynirin iç kısmında üreyerek oluşturduğu metil ketonlarla lezzet ve aromanın gelişmesini sağlar (Kamber, 2005).

Peynir olgunlaşmasında etkili olan diğer faktörler

Peynir ile ilgili faktörler;

Sütten gelen mikroorganizmalar: Sağlıklı bir hayvanın sütü neredeyse sterildir. Fakat sağım esnasında ve muhafaza aşamasındaki hijyen eksiklikleri sütte istenmeyen mikroorganizmaların gelişmesine neden olabilir. Bu mikroorganizmalar patojen nitelikte olmasa bile starter bakterilerin etkinliğini baskılayarak olgunlaşmada kusurların oluşmasına neden olurlar.

Sütte bulunan kalıntılar: Süte bulaşmış olan deterjan, antibiyotik, pestisit, metal iyonları gibi pek çok kalıntı starter kültür aktivitesini olumsuz yönde etkiler.

Peynir işlemede kullanılan kültürlerin çeşidi ve aktivitesi: Starter kültürün kuvveti zayıfsa veya kontamine olmuş ise peynirdeki asitlik oluşumu yavaşlar ve olgunlaşma istenilen şekilde gerçekleşmez (Öztek, 1996).

Peynir mayası ve proteinleri hidrolize eden enzimler: Peynir mayasının fazla veya yetersiz katılması olgunlaşmayı olumsuz etkiler.

Peynirin su miktarı: Su miktarındaki artış peynirde olgunlaşmayı hızlandırıcı etki sağlar. Bu durumda da peynirde istenmeyen aromatik ve tekstürel özellikler gelişir.

Peynirin tuz miktarı: Tuz miktarındaki artış olgunlaşmada etkili olan starter bakterilerinin etkinliğini baskılayarak

olgunlaşmanın istenildiği gibi gerçekleşmesini engelleyecektir (Hocalar & Hocalar, 2002; Kılıç, 2001).

Çevre ile ilgili faktörler

Olgunlaşma üzerinde etkili olan bir diğer etmen çevre koşullarıdır. Bunlar aşağıda sıralanmıştır.

Olgunlaşma odasının sıcaklığı: Sıcaklık ve olgunlaşma süresi arasında ters orantı vardır. Sıcaklık düştükçe olgunlaşma süresi uzar. Olgunlaşma ortamının ısısı olgunlaşmanın önemli bir aşaması olan proteolizin tipini ve derecesini etkilemektedir. Sıcaklık yükseldikçe kazeinin hidrolizi ve peynir tekstüründeki gelişim hızlanmaktadır (Lawrance & ark., 1987).

Olgunlaşma odasının nispi nemi: Peynirin su içeriği olgunlaşma hızını etkileyen önemli bir unsurdur. Bu nedenle olgunlaşma ortamının nem içeriği peynirin nem kaybına veya ortamdaki nem çekmesine neden olabilir. Olgunlaşma süresini kontrol altında tutmak için peynir türüne göre ortamın nispi nem koşulları ayarlanmalıdır.

Ambalaj materyali: Peynir olgunlaşma sürecini ambalaj içerisinde de devam ettirir. Peynirin türüne göre ambalaj materyalinin seçilmesi gerekir. Aktif yüzey florası içeren peynirlerde olgunlaşma aşamasında gaz birikimi gerçekleşir. Bu yüzden ambalaj materyalinin oluşan gazı dışarı verecek yapıda olması gerekir (Üçüncü, 2003).

Olgunlaşmanın Peynir Üzerindeki Etkileri

Olgunlaşma aşamasında peynirde su kaybı gerçekleşmektedir. Bunun dışında telemedeki enzimlerin etkisiyle, glikoliz, proteoliz ve lipoliz gibi enzimatik reaksiyonlar gerçekleşmekte, bunların sonucunda da, peynirlerde bazı tat ve aroma maddeleri meydana gelmekte, böylece peynir kendine özgü yapı ve lezzet özelliklerini kazanmaktadır. Peynir türüne özgü bu karakteristik özelliklerin ortaya çıkmasında peyniri oluşturan bileşenlerde belirli ölçülerde değişiklikler meydana gelir. Başta su

oranı düşerken kuru madde miktarı artar. Kuru maddeyi teşkil eden unsurlar da bazı parçalanmalar olur.

Peynir bileşimindeki görülen değişiklikler

Yağlardaki değişiklikler (Lipoliz): Süt yağı peynirlerde lezzet oluşumunu sağlayan önemli bir bileşendir. Olgunlaşma sırasında süt yağı, lipolitik enzimler tarafından parçalanarak, bazı biyokimyasal değişikliklere uğrar ve peynirin lezzet gelişimine katkıda bulunur (Moimard & Spinnler, 1996). Süt yağının parçalanmasında özellikle çiğ sütte lipolitik mikroorganizmalar ile birlikte sütte bulunan lipaz enzimi ve lipoprotein lipazı (LPL) etkin rol oynar. LPL yüksek pastörizasyon işlemleri sonrasında büyük ölçüde yıkıma uğrar. Bu nedenle çiğ süttten yapılan peynirler pastörize süttten yapılan peynirlere oranla daha lezzetli olurlar (Fox & ark., 1993). Süt yağı, olgunlaşma sırasında enzimler tarafından parçalanarak serbest yağ asitleri, mono ve digliseridler ve gliserine dönüşür. Açığa çıkan serbest yağ asitleri içinde, bütirik asit, propiyonik asit, kaprilik asit peynire özgü aromanın oluşmasında etkili olurken, kaproik asitin fazla oluşması peynirlerde yakıcı lezzetin ortaya çıkmasına neden olur. Ayrıca yağların fazla parçalanması sonucu peynirlerde bir takım keskin hoşla gitmeyen tatlar ve kokular oluşabilir. Peynirlerin oksijen ile temas eden yüzeyel kısımlarında gerçekleşen oksidasyon da peynirlerde acılaşma ve istenmeyen renk değişimlerine neden olur. Bazı peynir türlerinde starter olarak kullanılan küfler de lipoliz oluşmasında etkin rol oynayarak metal ketonlar ve karbonil bileşiklerin oluşumunu sağlar ki bu bileşikler peynirde aroma ve lezzet oluşumu üzerinde etkilidir.

Proteinlerdeki değişiklikler (Proteoliz): Peynirin üretim aşamasında bir süt proteini olan kazeinde parçalanma olur ve kazein fraksiyonlarında (α 1, α 2, b ve K kazein) değişimler meydana gelir (Hayaloğlu & ark., 2004). Bu değişimler sonucunda serbest aminoasitler ile birlikte kısa zincirli peptit grupları oluşur. Kazein taze peynirlerde ki durumu ile olgunlaşmış peynirlerdeki durumu arasında farklılıklar vardır. Kazein taze peynirlerde pıhtılaşma

anında parakazein halinde bulunurken, olgunlaşmış peynirlerde enzimlerin etkisiyle sırasıyla peptitlere ve amino asitlere dönüşür. Peynirlerde oluşan aminoasit konsantrasyonu peynir çeşidine göre değişmektedir. Olgunlaşmanın ilerlemesiyle ortamda bulunan starter yada starter olmayan bakteriler ve proteolitik enzimler, serbest amino asitleri, çeşitli ara ürünlere (amin, amonyak vb.) dönüştürürler (Grappin & ark., 1985; Law & ark., 1992). Zamanla peynirdeki bu ara ürünlerin miktarı artarken, aminoasitlerin miktarı azalır. Oluşan bu ürünler, peynirde lezzet ve aroma oluşumu üzerinde oldukça etkilidir. Bu süreçte bazı mikroorganizmaların kükürtlü amino asitleri parçalaması sonucu merkaptanlar ile birlikte peynirlerde hoş gitmeyen lezzet ve renk değişimine neden olan hidrojen sülfür oluşur (Kamber, 2005).

Karbonhidratlardaki değişiklikler (Glikoliz): Laktozun büyük bir kısmı peynir altı suyunda kalmaktadır. Pıttıda kalan %2 düzeyindeki laktoz laktik asit bakterileri tarafından parçalanarak laktik asite dönüşür. Laktozdan, süt asidinin oluşmasıyla birlikte peynirin asitliği yükselir ve peynir çeşidine bağlı olarak pH 6.5-6.6'dan 6.2-6.4 düzeyine düşer (Fox, 2002). Oluşan asitik ortam mikroorganizmaların gelişmesini kontrol ederken kokuşma yapan bakterilerin faaliyetlerini durdurur. Ayrıca asitliğin etkisiyle kazein-kalsiyum kompleksindeki kalsiyum ayrılır. Bu nedenle sütün asiditesi arttıkça süt serumundaki serbest kalsiyum oranı da yükselmiş olur.

Mineral maddelerdeki değişiklikler: Sütte bulunan minerallerin neredeyse tamamı pıhtıya geçer. Olgunlaşma sırasında zamanla peynirde bulunan Ca, Na, Mg gibi önemli minerallerin azaldığı bildirilmiştir (Sağun & ark., 2005). Bu minerallerden kalsiyum ve sodyum tuzları peynirin kıvamını belirlerken peynir proteinlerine bağlı kalsiyum (kalsiyum kazainat) miktarı ne kadar fazla olursa peynirin sünme kabiliyeti de o kadar yüksek olur. Kalsiyum miktarı azaldıkça peynir elastikiyetini kaybeder ve parmaklar arasında tutulduğunda kolayca ufalanır. Peynire ilave edilen tuzun bir kısmı kazein tarafından tutulurken, bir kısmı da peynir suyunda erimiş halde bulunur (Kamber 2005).

Vitaminlerdeki değişiklikler: Peynirdeki vitamin miktarını yapımında kullanılan sütün türü yağ oranı görmüş olduğu ısıl işlem ve pıhtının işleme tarzı etkiler Peynirdeki vitaminler peynirin çeşidine yapılış ve olgunlaşma şekline göre değişir. Örneğin tulum, kaşar ve mihaliç peynirlerinde kuru madde oranı beyaz peynirden fazla olmasına karşın üretim aşamalarındaki proseslerdeki aşamalardan dolayı özellikle suda eriyen vitaminlerin kaybı daha fazla olmaktadır (Nilson & ark., 1965). Pastörizasyon ve pıhtının işlenmesi gibi aşamalarda sütte çok az oranda bulunan C vitaminin tamamı kayba uğramaktadır. B grubu vitaminler mayalanma sırasında çoğunlukla peynir altı suyunda kalırlar. Peynirlerde kalan folik asit, biyotin ve B12 miktarında olgunlaşma süreci içerisinde zamanla düşüş olmakla birlikte çok büyük oranda kayıplar şekillenir. Fakat bazı mikroorganizmalar olgunlaşma aşamasında tiamin ve riboflavin gibi vitaminleri sentezledikleri için bazı peynir türleri bu vitaminler tarafından daha zengindir.

Sütte bulunan yağda eriyen ADE ve K vitaminleri ise peynire yüksek oranda geçerler. Bu vitaminler peynir yapılışı sırasında süt yağı ile hiçbir kayba uğramaksızın peynir kitlesine geçer ve olgunlaşma sırasında hemen hemen hiç değişmeden kalır. Peynirin yağ oranına göre bu vitaminlerin peynirdeki miktarı değişir (Kamber 2005).

Peynir Olgunlaştırma Yöntemleri

Peynirler olgunlaşma süresine ve yöntemine bağlı olarak aşığıdaki gibi sınıflandırılmaktadır.

a) Taze peynir:

Her hangi bir olgunlaşma aşaması geçirmeyen, üretildikten hemen sonra tüketilebilen peynirler (örnek; lor peyniri)

b) Salamura yöntemi ile olgunlaşmış peynir:

Peynir telemesi oluşup pıhtı işlendikten sonra oluşan peynir kalıplarının belirli oranda tuz içeren su içerisinde belirli bir süre bekletilmesiyle elde edilen peynir türleridir. Salamura bayaz peynir,

salamura tipi yörük peyniri, Antakya kesme peyniri, ezme peyniri, Urfa beyaz peyniri, Antep sıkma peyniri Türkiye de salamura edilerek olgunlaştırılan peynir türlerindendir.

c) Olgunlaştırılmış peynir:

Peynir telemesinin peynir türüne göre şekil ve boyut kazandıktan sonra farklı koşullarda (nem, süre, sıcaklık, oksijen varlığı vs.) bekletilmesi sonrasında görünüm, lezzet ve aroma yönünden gelişmesiyle elde edilen peynir türleridir. Kaşar peyniri, gravyer peyniri, tulum peyniri, çömlük peyniri, testi peyniri, karın kaymağı peyniri, motal peyniri olgunlaştırılmış peynir türlerindendir.

d) Küf kültürü kullanarak peynir olgunlaştırma:

Peynirin mayalanma aşamasında süte veya olgunlaşma aşamasında peynirin yüzeyine toz olarak Roquefort ve Camambert gibi bazı küf türleri kontrollü olarak ilave edilerek uygun koşullarda bekletilip olgunlaştırılarak tekstürün ve aromanın gelişiminin sağlanması ile elde edilen peynirlerdir. Rokfor peyniri, Gorgonzola peyniri, Cheddar peyniri, Asiago peyniri, Gruyere peyniri, Blue cheese, Golby peyniri olgunlaştırılma aşamasında küf kültürü kullanılan peynirlerdir.

Tablo 1. Olgunlaşma durumu ve yöntemine göre peynirlerin sınıflandırılması (TGK, 2015)

Olgunlaşma		En Az Olgunlaşma Süresi (Gün)	
Olgunlaşma Yöntemi	Olgunlaşma Durumu	Ağırlık>1,5 Kg	Ağırlık≤1,5 Kg
Olgunlaştırılmamış	Taze	-	-
Olgunlaştırılmış	Olgunlaştırılmış	90	45
Küf kültürleri ile olgunlaştırılmış	Olgunlaştırılmış	90	45
Salamurada olgunlaştırılmış	Olgunlaştırılmış	90	90

Peynir Olgunlaştırma Ortamları ve Ambalaj Materyali

Olgunlaşma yeri, şekli ve olgunlaştırma materyali peynir türüne göre değişir. Peynirlerin olgunlaştırılmasında genellikle yüksek nem içeren serin ortamlar tercih edilir. Peynirler, ısısı ve rutubeti ayarlanabilen soğuk hava depoları veya özel odalarda olgunlaştırılabilirdiği gibi doğal mağara, mahsen gibi ortamlarda da olgunlaştırılabilir. Olgunlaştırılmak üzere hazırlanan peynirler ise tuzlandıktan sonra rutubeti düşük kuru yerlerde bekletilmeleri gerekir.

Peynir çeşidine göre açık olarak veya bir ambalaj materyali içerisinde olgunlaştırılabilir. Peynirin olgunlaştırılmasında kullanılan ortam ve ambalaj materyali üretildiği bölgeye göre de değişiklik gösterebilir. İç Anadolu da üretilen bir peynir türü olan çömllek (küp) peynirinin olgunlaştırması çoğu yerde serin bir ortamda toprak altında yapılırken, Nevşehir’de üretilen peynirler çömlleklere basıldıktan sonra bölgede yoğun olarak bulunan volkanik ponza taşı içerisine gömülerek olgunlaştırılır. Doğuda birçok bölgede üretimi yapılan bir peynir olan çeçil (çivil, tel, çekme) peyniri Kars bölgesinde tulumlara basıldıktan sonra olgunlaştırılırken, Erzurum’un İspir ilçesinde ise kurun adı verilen ahşap fiçılara basılarak olgunlaştırılır.

Peynir olgunlaştırma materyalleri;

A) Ambalaj içerisinde:

Kuru veya salamura olarak teneke kutu içerisinde

Küp veya plastik bidonların içinde

Kuru olarak deri tulumlarda

Kurutulmuş işkembe içerisinde

Doğal veya yapay kılıflar içerisinde

Çömllek vb. içerisinde

Tahta fiçı içerisinde

B) Açık olarak olgunlaştırma: Her hangi bir ambalaj materyali kullanılmadan hava ile direk temas etmesi sağlanarak, açık olarak mahsen, mağara veya olgunlaştırma odalarında belirli bir süre bekletilerek olgunlaştırılırlar.

Peynirde Olgunlaşmayı Hızlandırma Yöntemleri

Olgunlaşma süresi peynir çeşidi ve olgunlaşma koşullarına göre değişkenlik göstermektedir. Olgunlaşma süresinin kısaltımı peynir üreticileri için büyük ekonomik öneme sahiptir. Olgunlaşma süresini kısaltabilecek etkili yöntemlerin kullanımı peynir endüstrisinde üretim maliyetini önemli düzeyde azaltacaktır. Bu nedenle olgunlaşma sıcaklığının yükseltilmesi gibi uzun zamandır uygulanan yöntemlere ek yeni çalışmalar hız kazanmıştır.

Olgunlaşmayı hızlandırma yöntemleri şunlardır;

- 1) Olgunlaşma sıcaklığının yükseltilmesi
- 2) Yüksek basınç uygulamaları
- 3) Dışardan enzim ilavesi
- 4) Peynir bulamacı (cheese slurry) sistemi kullanımı
- 5) Starter modifikasyonları
- 6) Yardımcı (Adjunct) kültür kullanımı
- 7) Zayıflatılmış (Attenuated) kültür kullanımı
- 8) Mutant starter bakteri kullanımı

1. Olgunlaşma Sıcaklığının Yükseltilmesi

Olgunlaşma sıcaklığını yükseltilmesi birçok peynir çeşidinde klasik tat ve aromanın gerçekleştirilmesinde kullanılan en basit ve en ucuz yöntemdir. Sıcaklık mikroorganizmaların ve enzimlerin aktivitesini etkileyen önemli bir etkidir. Bu nedenle sıcaklığın yükseltilmesi starter bakterilerin faaliyetini olumlu yönde artırmaktadır.

Olgunlaşma sıcaklığının değişmesi olgunlaşmayı hızlandırmanın yanı sıra olgunlaşma ürünlerinin bileşiminde de değişime neden olmaktadır (O'Mohony & ark., 2006).

Peynir olgunlaşma sıcaklığının seçiminde dikkat edilmesi gereken en önemli kriter, ürünün kimyasal ve mikrobiyolojik kompozisyonudur. Genel olarak, düşük tuz konsantrasyonuna ya da yüksek nem ve pH değerine sahip peynirler yüksek sıcaklıkta olgunlaştırılmaya uygun değildir. Ayrıca yüksek sıcaklık ile olgunlaştırma uygulamalarında starter bakterilerinin dışında istenmeyen mikroorganizmalar hızlı bir gelişim göstererek peynirde kusurlara neden olabilirler. Bu yüzden kontaminasyonu engelleyecek hijyen tedbirlerinin alınması önem taşır (Fox & ark., 2000).

2. Yüksek Basınç Uygulamaları

Yüksek basınç uygulamaları, özellikle pıhtısı haşlanan peynirler başta olmak üzere bazı peynir çeşitlerinde olgunlaşmayı hızlandırmak amacıyla kullanılan yöntemlerden biridir. Bu uygulamada süte veya peynirin kendisine basınç uygulanarak olgunlaşma hızlandırılmaktadır. Bu uygulama ile süte 100-1000 MPa gibi yüksek basınç uygulamasının proteolizi hızlandırdığı bilinmektedir (Yokoyama, 1991). Yüksek basınç uygulaması özellikle keçi peynirlerinde lezzet ve aromanın geliştirilmesinde de etkilidir (Saldo, 2002).

3. Dışardan Enzim İlavesi

Peynir olgunlaşmasını hızlandırmada kullanılan yöntemlerin birisi de enzim ilavesidir. Proteolitik ve lipolitik enzimlerin ilavesiyle biyokimyasal değişiklikler hızlanmaktadır. Böylece peynir daha kısa sürede olgunlaşarak istenilen duyuşal ve yapışal özellikleri kazanmış olur. İstenilen özellikleri oluşturabilmek için enzim çeşitliliğinin yeterli düzeyde olması gerekir (Tunçtürk, 2005). Enzim ile olgunlaştırma da lipazlar, proteinazlar, peptidazlar, β -galaktozidazlar ve enzim kombinasyonları kullanılır (Walstra & ark., 1999).

4. Peynir Bulamacı (cheese slurry) Sistemi Kullanımı

Peynirde olgunlaştırmayı hızlandırmak için kullanılan bu yöntem 1967 yılından beri uygulanmaktadır.

Peynir bulamacı nem oranı %40-60 olan, su, tuz ve peynir pıhtısından oluşan bir karışımdır (Wilkinson ve Kilcawley 2005). Bu şekilde üretilen peynirlerde (Cheddar, Gravyer, Edam vb) olgunlaşma süresi yaklaşık olarak %25 oranında kısalmaktadır. Peynir bulamacına çeşitli enzimlerin ilave edilmesiyle süre daha da kısalmaktadır (Abdel & ark., 1982). Peynir bulamacı peynire üç farklı şekilde katılabilmektedir. Bunlar;

- Pıhtısı haşlanan peynirler için haşlama öncesi pıhtıya,
- Pıhtısı haşlanan peynirler için parçalama öncesi tuza,
- Starter kültür ile birlikte süte (Dulley, 1976).

5. Starter Modifikasyonları

Biyoteknolojik yöntemler ile enzim aktivasyonu artırılarak veya starter bakterilerin genlerinde değişim yapılarak starter bakterilerin etkinlikleri artırılabilir (Anastasiou & ark. 2002).

6. Yardımcı (Adjunct) Kültür Kullanımı

Çiğ süttten üretilen peynirler bakteri biyotasına bağlı olarak pastörize edilmiş süttten üretilen peynirlere göre daha hızlı olgunlaşmaktadır. Bu nedenle çiğ süttten gelen aromayı geliştirici özelliği olan kültürler starter kültürlerle entegre edilerek kullanılma çalışmaları önem kazanmaktadır (El-Soda & ark., 1998). Ayrıca peynirde olgunlaşmayı hızlandırmak amacıyla proteolitik etkisi yüksek olan mezofilik kültürler starter bakteri kombinasyonlarına ek olarak kullanılabilir (Waltsra & ark., 1999).

7. Zayıflatılmış (Attenuated) Kültür Kullanımı

Starter bakteri sayısının yüksek oluşu asiditeyi yükseltmekte ve sinerezi artırmaktadır. Bazen de bu durum, pıhtısı haşlanan peynirlerde acı tad oluşmasına neden olabilmektedir. Gelişen

teknoloji ile birlikte starter bakteri sayısını belirli bir seviyede tutarak, sadece olgunlaşmada etkili olan bakteriyel kökenli enzim sayısını artırmak mümkündür (Lortal & Chapot-Chartier, 2005).

Lizozim uygulamaları, ısıtma işlem uygulamaları, dondurarak şoklama, dondurarak kurutma yöntemleri ile veya çözücüler kullanılarak starter bakterilerin zayıflatılması mümkündür (Bartels 1987, Johnson 1995, Smith 2000).

8. Mutant Starter Bakteri Kullanımı

Gen teknolojileri kullanılarak, genetiği modifiye starter bakteriler de olgunlaşmayı hızlandırmak amacıyla kullanılabilir. Bu yöntem ile laktik asit üretimi sınırlandırılarak, peynirde olgunlaşmayı hızlandırma amacıyla laktozu fermente edemeyen starter bakteri suşları (Lac⁻) kullanılmaktadır. Laktik asit üretememeleri, kolay lize olmaları, yüksek düzeyde proteolitik enzim üretmeleri nedeniyle Lac⁻ mutantları zayıflatılmış kültür olarak kullanılmaya uygun özelliktedirler (Klein & Lortal 1999).

Sonuç

Sonuç olarak her peynir çeşidinin kendi karakteristik duyu ve yapısal özelliklerini kazanabilmesi için belirli koşullar altında olgunlaşma sürecini geçirmesi gerekir. Olgunlaşma süresinin bir standardı olmamakla birlikte peynir türüne göre değişmektedir. Ayrıca peynir üreticileri açısından bu süreci hızlandırmak büyük önem taşımaktadır. Uzun yıllardır peynirin kalitesini koruyarak, peynir olgunlaşma süresini kısaltılabilecek yöntemler üzerinde çalışılmaktadır.

Kaynakça

Abdel Baky, A. A., El Neshewy, A., Rabie, A. M., Farahat, S. M. (1982). Ripening in Cephalotyre Ras cheese slurries. *Journal Dairy Research*, 49: 337-341.

Anastasiou, R., Papadelli, M., Georgalaki, M. D., Kalantza Poulos, G., Tsakalidou, E. (2002). Cloning and sequencing of the gene encoding X-prolyl-dipeptidyl aminopeptidase (PepX) from *Streptococcus thermophilus* strain ACA-DC4. *Journal of Applied Microbiology*, 9(1): 52-59.

Bartels, H. J., Johnson, M. E. & Olson, N.F., (1987). Accelerated ripening of Gouda cheese. 2. Effect of freze-shocked *Lactobacillus Helveticus* on proteolysis and flavor development, *Milchwissenschaft*, 42(3): 139-144.

Çelik, Ş. & Uysal Ş. (2009). Beyaz Peynirin Bileşim, Kalite, Mikroflora ve Olgunlaşması, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40 (1), 141-151

Dulley, J. R. (1976). The utilisation of cheese slurries to accelerate the ripening of Cheddar cheese. *Australian Journal Dairy Technology*. 31: 143-147.

El-Soda, M., Madkor, S. M. & Tong, P. S. (1998). Evaluation oof enzyme activity and autolytic properties of adjunct lacto-bacilli subjected to different attenuation treatments. *Journal of Dairy Science*, 81(Suppl. 1) 24, Abstr.

Fox, P. F. (2002). Biochemistry of cheese ripening (pp: 320-326). (pp: 401-406). In H. Roginski, J. W. Fuquay, P. F. Fox (Ed.), *Encyclopedia of dairy science*, Vol. 1 London: Academic Press.

Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., McSweeney, P. L. H. (2000). *Fundamentals of cheese science*. Aspen publication, Maryland USA, 602 p.

Fox, P. F., Law, J., Mcsweeney, P. L. H., Wallace, J. (1993). *Biochemistry of cheese ripening* (pp: 389-438). In P.F. Fox (Ed.)

Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Vol. 1, Chapman and Hall, London.

Grappin, R., Rank, T. C. & Olson, N. F. (1985). Primary proteolysis of cheese proteins during ripening: A review. *Journal of Dairy Science*, 68:531-540.

Hayaloglu, A. A., Güven, M., Fox, P. F., Hannon, J. A., McSweeney, P. L. H. (2004). Proteolysis in Turkish White-brined cheese made with defined Strains of *Lactococcus*. *International Dairy Journal*, 14:509-610.

Haydaroğlu, A. A. & Özer B. (Ed.). (2021). *Peynir Biliminin Temelleri*. Atlas akademik basım yayın dağıtım, 2. Baskı, ISBN: 978-625-439-147-7.

Hocalar, B. & Hocalar, M. (2002). Peynirin olgunlaştırılmasında proteolizin önemi ve olgunlaştırmanın hızlandırılması için uygulanan yöntemler. *Gıda*, 7(3): 72-76.

Jonson, J. A. C., Etzel, M. R., Chen, C. M. M., Johnson, M. E. (1995). Accelerated ripening of reduced fat Ceddar cheese using four attenuated *Lactobacillus Helveticus* CNRZ-32 adjuncts, *Journal of Dairy Science*, 78(4):469-776.

Kamber, U. (2005). *Geleneksel Anadolu Peynirleri*. Miki Matbacılık, ISBN: 975-98292-0-7

Kılıç, M. (2001). Peynirde tat ve aroma maddelerinin oluşumuna etki eden faktörler. *Gıda*, 6:67-70.

Klein, N. & Lortal, S. (1999). Attenuated starters: an efficient means to influence cheese ripening-a Review. *International Dairy Journal*, 9: 751-762.

Law, J., Fitzgerald, G. F., Daly, C., Fox, P. F., Farkye, N. Y. (1992). Proteolysis and flavor development in Cheddar cheese made with the single starter strains *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* UC317 or *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* HP. *Journal of Dairy Science*, 75(5), 1173-1185.

Lawrance, R. C., Creamer, L. K. & Gilles J. (1987). Texture development during cheese ripening. *Journal of Dairy Science*, 70: 1748-1760

Lortal, S. & Chapot-Chartier, M. P. (2005). Role, mechanism and control of lactic acid bacteria lysis in cheese. Areview. *International Dairy Journal*, 15: 857-881.

Moimard, P. & Spinnler, H. E. (1996). Review. Compounds involved in the flavour of surface mold-ripened cheeses: origins and properties. *Journal of Dairy Science* 79: 169-184.

Nilson, K. M., Vakil, J. R. & Shahani KM (1965): B-Complex Vitamin Content of Cheddar Cheese. *The Journal of Nutrition*, 86: 362-368.

O'Mohony, J. A., Sheehan, M. E., Delahunty, C. M., McSweeney, P. L. H. (2006). Lipolysis and sensory characteristics of Cheddar cheese ripened using different temperature-time treatments. *Lait* 86:59-72.

Öztek, L. (1996). *Peynirde olgunlaşma ve buna etkili olan faktörler*. s: 122-142. Alındı: Her yönüyle peynir. (Ed. M. Demirci). Hasad Yayıncılık.

Sağun, E., Tarakçı, Z., Sancak, H., Durmaz, H. (2005). Salamura otlu peynirde olgunlaşma süresince mineral madde değişimi. *Yüzyüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(1), 21-25.

Saldo, J., McSweeney, P. L. H., Sendra, E., Kelly, A. L., Guamis, M. (2002). Proteolysis in caprine milk cheese treated by high pressure to accelerate cheese ripening. *International Dairy Journal*. 12: 35-44.

Smith, M. R, Browning P. D. & Pawlett D. (2000). Cheese ripening process. *Word Patent*. 00000037.

TGK. (2015). Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği, Tebliğ no: 2015/6. Sayı:29261.

Tunçtürk, Y. (2005). Peynirde Hızlı Olgunlaştırma Çalışmalarında Yeni Yaklaşımlar, *Gıda*, 30(5): 343-348.

Üçüncü, M. (2003). Peynirlerin ambalajlanması. *Akademik Gıda*, 1(3), 20-25.

Üçüncü, M. (2008). *A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi*. Meta Basım Matbaacılık, İzmir, 1236s.

Yokoyama, H., Sawamura, N. & Motobayashi N. (1991). Method for Accelerating Cheese Ripening. *Eurapian Patent Application* 91306976.1

Walstra, P., Geurts, T. J., Noomen, A., Jellema, A., Van Boekel, M. A. J. S. (1999). *Dairy Technology: Principles of milk, Properties and Processes*, Marcel Dekker, New-York-Basel, 726.

Wilkinson, M. G., & Kilcawley, K. N. (2005). Mechanisms of incorporation and release of enzymes into cheese during ripening. *International Dairy Journal*, 15(6-9), 817-830.

BÖLÜM III

Fonksiyonel Gıda Bileşeni Psyllium (*Plantago ovata*) ve Sağlık Etkileri

Tülay ELAL MUŞ¹

Giriş

Sağlık ve diyet arasındaki bağlantıya ilişkin farkındalığın tüketicilerde artması ile birlikte toplumların ve bireylerin beslenme alışkanlıklarında değişimler başlamış ve sağlıklı gıdalara talep artmıştır. Sağlıkla ilişkilendirilen ilk bileşenlerden biri de diyet lifidir ve çeşitli diyet lifi kaynakları 1980'lerden günümüze kadar geçen süreçte gıda endüstrisi tarafından kullanılmaktadır. Diyet lifi ve doğal antioksidanlarca zengin bitkisel kaynaklara olan ilgi son yıllarda sıklıkla gündeme gelmektedir. Fiziko-kimyasal ve fonksiyonel özellikleri sayesinde diyet lifi kilo kontrolü, kan lipid ve kolesterol seviyelerini düşürme, kan şekerini düzenleme ve kolon

¹ Doç. Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi, Karacabey Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, tulayelalmus@uludag.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-3943-0097

kanserini önleme gibi sağlık üzerine olumlu etkiler sunmaktadır. Diğer taraftan, diyet lifi gıda endüstrisinde son ürünün duyuşal özelliklerini etkilemeden üretim maliyetlerini azaltma amaçlı kullanılmaktadır. Bundan dolayı, diyet lifinin işlevselliğini geliştirmek için yeni lif kaynakları ve işleme yöntemleri araştırılmaya devam etmektedir (Noguerol, Igual, & Pagan, 2022a; Otles & Nakilcioglu Tas, 2022).

Plantaginaceae familyasının üç cinsinin en büyüklerinden biri olan *Plantago* cinsi, dünya çapında 250'den fazla türü kapsamaktadır. *Plantago* türleri çoğunlukla ılıman bölgelerde yetişmekle birlikte tropik bölgelerde de birkaç türü bulunmaktadır (Haddadian, Haddadian & Zahmatkash, 2014). Van der Aart & Vulto (2012)'ya göre, rozet oluşturan *Plantago* türleri *Plantago* alt cinsine, gövde oluşturan *Plantago* türleri ise *psyllium* alt cinsine aittir. *Psyllium* alt cinsine ait *Plantago ovata* bitkisinin tohumları, diğer adıyla isabgol ya da karnıyarık otu olarak bilinmekte ve yüksek miktarda diyet lifi içeren kabuğu sayesinde gıda ve farmakolojik alanlarda kullanılan güncel fonksiyonel bileşenler arasında yer almaktadır (Ren & ark., 2020). Akdeniz Bölgesi'ne özgü bir bitki olmasına karşın tohumları küresel ölçekte Hindistan ve Pakistan'da yetiştirilmektedir (Belorio & Gomez, 2022). *Psyllium* bitkisi çoğunlukla arabinoksilanlar gibi çözünen ve hemiselüloz, selüloz, lignin gibi çözünmeyen polisakkaritler ile tanenler, fenoller ve flavonoidlerden oluşmaktadır (Chong & ark., 2019). *Psyllium* kabuğunun (*psyllium husk*) yapısında ise %70 çözünür, %30 çözünmez lif, galakturonik asit içeren nötr ve asit polisakkaritlerin karışımı bulunmaktadır (Chen & ark., 2022). Arabinoksilan, tohum ve kabuk kısımlarının ikisinde de bulunurken, kabuk tabakası selüloz ve diğer hemiselülozları içeren tohum kısmına göre daha fazla arabinoksilan içermektedir (Shah & ark., 2020a). *Psyllium* tohumundan ekstrakte edilen polisakkaritler (ksiloz, arabinoz, galaktoz, ramnoz, glukoz, mannoz) son yıllarda öne çıkan önemli biyoaktif bileşenler arasında yer almaktadır ve antioksidan, antitümör, immun sistem düzenleyici, antiproliferatif, hipoglisemik, hipotensif ve antiviral sağlık etkileri rapor edilmiştir (Murkherjee &

ark., 2021; Patel & ark., 2019; Zhang & ark., 2019). Sayılan etkilere ilaveten psyllium geleneksel Hint tıbbında ciltte tahrişin önlenmesi, hemoroid, kabızlık ve ishale karşı da kullanılmaktadır (Cowley, O'Donovan & Burton, 2021; Franco & ark., 2020).

Psyllium kabuğu uygun bir diyet lifi ve antioksidan kaynağı olması sebebiyle çeşitli sağlıkla ilişkilendirilen gıda takviyeleri ve gıda ürünlerinde kullanımı tüketicilere fayda sağlamaktadır. Ayrıca prebiyotik niteliğine bağlı olarak bağırsak mikrobiyotası tarafından parçalanarak kısa zincirli yağ asitlerinin meydana gelmesinde rol oynamaktadırlar (Waleed & ark., 2022). Sindirilmeyen diyet lifleri ince bağırsakta emilmekte ve probiyotik mikroorganizmalar tarafından fermente edilerek kolonik mukoza hücrelerinin ana enerji maddesi kısa zincirli yağ asitleri üretilmektedir. Prebiyotik aktiviteye sahip moleküller, konakçıdaki reseptörlerle etkileşime girerek inflamatuvar süreçlerle başa çıkmada bağışıklık sistemini düzenlemekte, bağırsak epitel hücrelerine sinyal göndermekte ve bariyer fonksiyonuna yardımcı olmaktadır. Psyllium barsak mikrobiyotasını modüle edebilmekte ve prebiyotik lif olarak farklı probiyotik mikroorganizmalar ile birlikte simbiyotik etki göstermekte ve böylece bireylerin sağlığının korunmasına destek olmaktadır (Martellet & ark., 2022). Diğer taraftan psyllium tohumu gıda ürünlerinde çok arzu edilen fenolik bileşikler, flavonoidler ve antioksidan bileşikler (Souza & ark., 2020) ve sülfür içeren aminoasitleri yapısında bulundurmaktadır (Shah & ark., 2020b).

Sağlık üzerine sunduğu olumlu etkilerinden bağımsız olarak psylliumun gıda maddelerine katılmasının iki amacı bulunmaktadır. Bu amaçlardan birincisi, gumlar ve hidrokolloidler gibi gıda katkı maddelerine doğal bir alternatif olarak kullanılabilmesi; ikinci kullanım amacı ise dahil edildiği ürünün beslenme içeriğini geliştirmektir (Belorio & Gomez, 2022). Su ve yağ emülsiyonları gıda endüstrisinde et ürünleri, dondurma, sos ve içecek üretimlerinde uygulanmaktadır. Psyllium kabuğu tozu (Psyllium Husk Powder), süper ince öğütme teknolojisi ve tohumun en dış kabuğunun elenmesi ile elde edilmekte ve gıdalara çeşitli amaçlarla katılmaktadır. Psyllium kabuğu tozu yaklaşık %81 diyet lifi, %0.65

protein, %0.4 yağ, %0.1 kalsiyum ve %10-30 arasında değişen doğal müsilaaj maddelerinden oluşmaktadır. Psyllium, kabuğunda bulunan polisakkarit arabinoksilanın hidrofilik yapısına bağlı olarak viskoziteyi arttırmakta ve suda güçlü jeller oluşturabilmektedir. Bu özelliğinden dolayı psyllium kabuğu tozu su fazının viskozitesini arttırmak, bütünleşmeyi engellemek ve yağ su emülsiyonlarının stabilitesini artırma işlevlerini görmektedir. (Fu & ark., 2022).

Gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatmak için gerekli olan özelliklere sahip *P. ovata* tohumu müsilaajından elde edilen yenilebilir film kaplama geliştirilmiştir. *P. ovata* tohumu müsilaajı içeren yenilebilir filmler, suda çok az çözünür nitelikte olmakla birlikte, yüzey renk ölçümü ve şeffaflık değerlerinin, gıdaların kaplanmasında önem taşıyan ışığı yansıtma ve film saydamlığını sağlayacak düzeyde olması sağlanmıştır. Ayrıca imal edilen yeni filmin gıdalarda bozulmaya sebep olan ve gıdalarda sıklıkla bulunan *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* ve *Pseudomonas aeruginosa* gibi mikroorganizmalara karşı antibakteriyel etkisi olduğu tespit edilmiştir (Ashooriyan & ark., 2023).

Psyllium kabuğunun nutrasötik ve fonksiyonel gıdalarda kullanımı güvenli kabul edilmiş ve bu doğal içeriğin gıda ürünlerinde kullanımının güvenli olduğu Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından onaylanmıştır (Agrawal, 2021). Psylliumun gıda endüstrisinde kullanımı unlu mamuller, et ürünleri ve süt ürünleri olarak üç farklı başlık altında ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Psylliumun sağlık üzerine etkilerine ise ayrı bir başlık altında aşağıda değinilmiştir.

Unlu Mamullerde Psyllium Kullanımı

Dünyada yaygın olarak tüketilen gıdalar arasında unlu mamuller bulunmakta ve bireylerin günlük beslenmesine diyet lifi gibi popüler besleyici içeriklerin dahil edilmesi için uygun araçlar olarak kabul edilmektedir. Gıda endüstrisi hem besin değeri yüksek hem de lezzetli, lif bakımından zengin yeni unlu mamuller üretmeye ve geliştirmeye çalışmaktadır (Lin, 2022). Buğday, çavdar ve arpa gibi tahıllarda bulunan gliadin ve glutenin proteinleri arasındaki

disülfürün çapraz bağlanmasıyla oluşan glüten ekmek yapım sürecinin en önemli bileşenlerinden biridir. Bu protein bağı, fermantasyon gazlarını tutabilen ve ekmeğe hacim ve yumuşaklık verebilen viskoelastik bir ağ içermektedir. Glütenin ortadan kaldırılması yani glütensiz ürünlerin imalatı ekmek yapım sürecini zorlaştırmaktadır (Bernardes, Flores & Thys, 2022). Diğer taraftan, glütensiz ekmeğin fiziksel özellikleri, duyuşal kabul edilebilirliğı, raf ömrü, besin içeriğı ve glisemik tepkisi çözünür diyet lifi kullanımı ile iyileştirilebilmektedir. Bu amaçla kullanılan çözünür lifler arasında, *P. ovata* tohumlarının kabuklarından ekstrakte edilen doğal hidrokolloid, biyoaktif, çözünür lif psyllium glütensiz ekmekte kırıntı kaybını azaltmanın yanı sıra hamurun viskozitesini artırmakta, genişleyen hücrelerin sınırlarını güçlendirmekte, pişirme sırasında gaz tutulmasını arttırmakta ve hacmi geliştirebilmekte, su bağlama, jelleşme ve yapı oluşturma özelliklerini sağlamaktadır. Ayrıca, depolama sırasında nem, yumuşaklık, yapışkanlık ve esneklik sağlamakta, böylece glütensiz ekmeklerin yapısını, dokusunu, görünümünü, kabul edilebilirliğini ve raf ömrünü iyileştirmekte ve ayrıca glisemik indeksi azaltan lif zenginleştirmesini sağlamaktadır (Fratelli & ark., 2021). Kepekli ekmek üretiminde hamura psyllium ilavesiyle, kepekli ekmeğe benzer şekilde daha büyük hacimli ekmekler ve bu ekmeklerin tavada pişirilmesi sonucunda daha yuvarlak şekiller elde etmek, hamurun hidrasyonunu önemli ölçüde artırmak mümkün olmuştur. Psyllium miktarı arttıkça sertlik azalmış, kırıntıların yapışkanlığı artmış, lif içeriğı zenginleşmiş, ekmeğin kalorisi düşmüş ve ekmeklerin kabul edilebilirliğı artış göstermiştir. Genel kabul edilebilirlikteki artış yalnızca %5 psyllium ilavesine kadar gözlemlenmiştir; çünkü daha yüksek yüzdelerde kullanımda, ekmeklerin görünümünün düşük değeriendirilmesi nedeniyle genel kabul edilebilirlik üzerinde olumsuz etki gerçekteleşmiştir. Psylliumun eklenmesi, kepekli ekmeklerin kabul edilebilirliğini ve raf ömrünü iyileştirebilmekte ve tüketiminin artmasını kolaylaştırarak, zaten oldukça ilgi çekici olan besinsel özelliklerini iyileştirebilmektedir. Bununla birlikte, içeriğinde psyllium bulunan

kepekli ekmeklerin su içeriğinin yüksek olması sebebiyle küf gelişimi kolaylaşmış ve bu durum pazarlamada dikkate alınması gereken hususlardan biri haline gelmiştir (Franco & Gomez 2022).

Bilgic & Sensoy (2023), psyllium ve selüloz lifi ilavesinin ekmek ve kraker örneklerinin yapı ve doku özellikleri yanı sıra nişasta sindirim davranışı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Ekmek ve kraker reçetelerindeki buğday ununun %10'unu psyllium ve selüloz lifleri ile değiştirilmesiyle lif katkılı örnekler oluşturmuşlar ve liflerin ekmek örneklerinde gözenek yapısını azalttığını, sertliğini ve çiğnenebilirliği arttırdığını ve krakerlerin sertliğini azalttığını gözlemlemişlerdir. Yüksek su tutma kapasitesi nedeniyle psyllium lifinin, glüten ağının ve hamur yapısının oluşumuna selüloz lifinden daha fazla etki ettiğini ve %10'luk konsantrasyonda, psyllium lifinin ekmek ve krakerlerin sindirimini yavaşlatmada etkili olduğunu, fakat selüloz lifinin hiçbir etkisi bulunmadığını belirtmişlerdir. Psyllium lifinin, fiziksel bir bariyer görevi görerek ve enzim hareketliliğini sınırlayarak nişasta sindirimini engellediğini ve böylece ekmek ve kraker arasındaki yapısal farklılıklar nedeniyle farklı şekilde sindirildiğini tespit etmişlerdir. Genel sonuç olarak gıda işleme yöntemleri, içerik maddeleri ve dokusal özelliklerin tümünün nişasta sindirimi üzerinde etkili olabileceği ortaya konmuştur.

Psyllium lifinin çavdar ekmeğinin kalitesi, besin değeri, fenolik ve antioksidan aktivitesi üzerine etkisi değerlendirildiğinde; psyllium lifi ilavesinin, çavdar ekmeğinde fazla pişmişliği %12.4, toplam proteini %1.7, külü ve toplam diyet lifi içeriğini iki kata yakın arttırdığı, ilaveten antioksidan aktiviteyi iki katına, toplam fenolik içeriği üç katına çıktığı gözlenmiştir. Ekmek kırıntısındaki gözenekliliğin Mohs ölçeğine göre artışına, spesifik somun hacminde %10, esneklikte %3.5, genel çiğnenebilirlikte yaklaşık %12 ve ekmek içinin çiğnenebilirliğinde %8 düşüşe neden olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar %10 psyllium lifi ilavesinin çavdar ekmeğinin fiziksel ve duyuşal niteliklerini olumsuz etkilemeden besin değerini arttırdığını göstermiştir (Wojciechowicz- Budzisz & ark., 2023).

Kek, dünya çapında pazar talebi giderek artan en popüler unlu mamuller arasında yer almaktadır. Yumurta, çok fonksiyonlu bir unsur olarak kabul edilen kek formülasyonunun en önemli bileşenlerinden biridir. Yumurta akı proteinleri kek üretiminde köpük oluşumundan ve köpüğün stabil kalmasında etkili olmaktadır. Yumurtanın benzersiz fonksiyonel özelliklerine rağmen, değişen beslenme alışkanlıkları ile birlikte yumurtasız veya yumurtası azaltılmış kek yapma eğilimi giderek artmaktadır (Hedayati & ark., 2022). Kek yapımında yumurta ikamesi olarak psyllium kullanım olasılıkları güncel araştırma konuları arasında yer almaktadır. Glütensiz kekte yumurta soya unu ile ikame edildiğinde veya kek hamuru formülasyonunda yumurta azaltılıp yerine psyllium eklendiğinde, kekin fizikokimyasal ve duysal özelliklerinin iyileştiği tespit edilmiştir (Yeganeh & ark., 2023). Diğer taraftan fonksiyonel kek formülasyonuna çeşitli miktarlarda psyllium kabuğu tozu ve chia tohumu unu eklenmesi, viskozitede %15 artışa ve kek hamurunun yoğunluğunda azalmaya yol açmaktadır. Ayrıca, kekte psyllium kabuğu tozu ve chia tohumu unu miktarlarının arttırılması protein, yağ, kül, nem ve lif miktarını da önemli ölçüde yükseltmiş ve doku sertliği azaltmıştır. %5 ve %10 oranında ikame içeren keklerin özgül hacmi yükselmiştir. Depolama süresi boyunca psyllium içeren kekler nemini korumuş ve sertleşme hızını azaltmış ve böylece bu keklerde bayatlama gecikmiştir. Genel olarak kek formülasyonundaki %15 buğday ununun psyllium kabuğu tozu ve chia tohumu unu kombinasyonu ile ikamesi sonucunda lif açısından zengin, duysal kabul yüksek fonksiyonel kek retilabilmektedir (Tababaiian, Najafi & Nouri, 2022).

Durum buğdayından yapılan makarna dünya çapında yaygın olarak tüketilen, sağlıklı ve kullanışlı bir besindir. Son yirmi yılda, sağlık bilincine sahip tüketicilerin fonksiyonel gıdalara olan talebi nedeniyle, geleneksel olmayan bileşenlerin eklenmesiyle makarnanın besin değerinin arttırılmasına yönelik çok sayıda araştırma yapılmaktadır. Makarnada kullanılan tipik diyet lifleri baklagil lifi, buğday kepeği çözünmeyen lifi, inülin, psyllium lifi, zeytin tozu, psyllium tohumu kabuğu, yulaf β -glukanları gibi

içeriklerdir (Sissons 2022). Psilyum, makarnanın genel dokusuna, tadına ve su emme kapasitesine katkıda bulunan farklı bir nişasta ve lif karışımı sağlamaktadır. Ayrıca psyllium, glutensiz makarnanın bağlanma özelliklerini geliştirerek ve makarnanın dokusunu güçlendiren jel benzeri bir madde oluşturarak glutensiz makarnanın dokusunu ve yapısını etkilemektedir. Psyllium tarafından oluşturulan bu jel benzeri madde, buğday makarnasındaki sıkı kıvamından ve genel yapısından sorumlu olan gluten ağını taklit edebilmektedir. Tüm olumlu etkilere karşın, psyllium ile yapılan glutensiz makarnanın yapısı buğdaylı makarnaya göre daha zayıftır ancak diğer bileşenlerin eklenmesi ile geliştirilebilmektedir (Ramos & ark., 2023). Buğday ikamesi olarak %10, %25 veya %40 psyllium kabuğu tozu ve soya fasulyesi unu kullanılarak glutensiz hamur, buharla işlenmiş hamur ve pişmiş erişte hazırlanmıştır. Buhar işlemi, hamurun dokusunu iyileştirerek erişte üretimini mümkün kılmıştır. Buharla işlenmiş hamurun sertliği, yapışkanlığı, elastikliği, yapışkanlığı ve çiğnenebilirliği, buharsız hamurla karşılaştırıldığında daha iyi olarak belirlenmiş ve buğday unu hamuruna benzer bir doku elde edilmiştir. Ayrıca buhar işlemi sonrasında hamur kesitinde yoğunlaşma gözlenmiştir. Pişirme süresi arttıkça pişmiş eriştenin sertliği, yapışkanlığı, esnekliği ve çiğnenebilirliği azalmış, su tutma oranının artmasıyla pişmiş eriştenin elastikliği gelişmiş; genel olarak formları korunmuştur. Böylece buharla işlenmiş psyllium kabuğu içeren hamur, glutensiz erişte üretimi gerçekleştirilmiştir (Bak & ark., 2023).

Et Ürünlerinde Psyllium Kullanımı

Et ve et ürünleri yüksek biyolojik değeri, demir, çinko, selenyum, B₁₂ vitamini ve diğer B kompleks vitaminleri, esansiyel aminoasitleri barındıran besleyici bir gıda maddesi olmasına karşın; yüksek yağlı işlenmiş et ürünleri kardiyovasküler, metabolik hastalıklar ve kanser riskinin artması ile ilişkilendirilmektedir. Etin temel diyet liflerinden yoksun olduğu ve yüksek yağlı işlenmiş etin, potansiyel olarak kanserojen ve mutajenik bileşenler olan doymuş yağ asitleri, heterosiklik aminler, polisiklik aromatik hidrokarbonlar bakımından zengin olduğu gerçeği göz önüne alındığında, tüketiciler

beslenme açısından geliştirilmiş fonksiyonel et ürünlerini son zamanlarda arama eğilimindedir (Illippangama & ark., 2022, Kausar & ark., 2019).

Beslenme ve teknoloji uzmanları işlenmiş et ürünleri grubunda doğal antioksidan ve antimikrobiyal bileşenlere sahip, düşük yağlı, daha az sodyum içerikli, diyet lifleri ve omega-3, omega-6 yağ asitleriyle zenginleştirilmiş fonksiyonel et ürünleri geliştirmeyi hedeflemektedirler (Hygreeva, Pandey & Radhakrishna, 2014). Fonksiyonel et ürünlerinin geliştirilmesinde çoğunlukla yağ içeriğinin azaltılması (i), lif içeriğinin geliştirilmesi (ii), tuz miktarının düşürülmesi (iii) ve doğal antioksidanların arttırılması (iv) yöntemleri uygulanmaktadır. Bu yöntemler arasında lif içeriğinin geliştirilmesi gıda matriksinin bağlanma özelliğini, pişirme verimliliğini ve ürünün dokusunu iyileştirmekte, liflerin kalın bağırsaktaki etkileri ile kalori miktarını düşürmekte, gastrointestinal hastalıklar, koroner kalp rahatsızlıkları, diyabet ve obezite riskini azaltmaktadır (Kausar & ark., 2019). İşlenmiş et ürünlerinin birçoğu günlük alınması gereken diyet lifi miktarı bakımından yetersizdir. Et ürünlerine diyet lifi üründeki yağ miktarının düşürülmesi ve yağ ikamesi olarak kullanım amaçlarıyla ilave edilmektedir. Et ürünlerine diyet lifi ilavesi ile daha az yağ içeren ve kızartma işleminde daha az yağ emen ürünler elde edilebilmektedir (Das & ark., 2020). Psyllium ilave edilen yağ-su emülsiyonlarının mikroyapısı incelendiğinde yağ globüllerinin küçüldüğü, psyllium konsantrasyonu artışı ile birlikte emülsiyon tekdüzeliği ve kararlılığının arttığı saptanmıştır (Fu & ark., 2022). Fonksiyonel katkı olarak kullanılan psylliumun reolojik ve tekstürel analizlerine göre 65°C’de jel yapısının iyi geliştiği ve gıdaların diyet lifi ile zenginleştirilmesinde iyi bir lif kaynağı olduğu da ifade edilmektedir (Noguerol, Igual & Pagan, 2022a).

Fonksiyonel et ürünlerinde lif içeriğinin geliştirilmesi için kullanılabilen doğal içerikler arasında psyllium da yer almaktadır (Ferjancic & ark., 2021; Kausar & ark., 2019). Psylliumun et ürünlerinde kullanımı ve bu ürünlerin tekstürü üzerine etkisi üzerine gerçekleştirilen akademik yayınlar incelendiğinde Kausar &

arkadaşlarının (2021) keçi eti kullanarak yaptıkları nuggetlerde psyllium ve çemen otunu 24 farklı reçetede kullandıkları görülmüştür. Araştırmaları sonucunda keçi etinden imal edilen nuggetlere psyllium katıldığında yağ miktarında %4 azalma ile birlikte lezzet, duysal yapı, raf ömründe kayıp olmadan ürünün besin değerinin geliştiğini tespit edilmiştir. Polonya’da gerçekleştirilen bir başka çalışmada da ise tavuk eti, %0-3 psyllium, %0-40 su kullanılarak farklı reçetelerde et ürünleri geliştirilmiştir. Psyllium içeren bu ürünler çiğ halde ve pişirmeyi takiben çeşitli fiziko-kimyasal testlere tabi tutulmuştur. Test sonuçlarına bağlı olarak %40 su ve %3 psyllium içeren üründe en iyi duysal ve tekstürel sonuçların gözlemlendiği rapor edilmiştir (Zajac, 2020). Grechko, Dtrashynskiy & Pasichnyi (2019) yarı pişmiş kıyılmış hindi etine çeşitli oranlarında psyllium ilave ederek pişirme sonrası ürünlerin organoleptik özelliklerindeki değişimleri araştırmıştır. %2 ve 4 psyllium ilavesinin en iyi organoleptik sonuçları verdiğini ve böylece çalışma verilerine dayanarak psylliumun ürün yapısını düzenleyici alternatif katkı olabileceğini ifade etmişlerdir. Bir başka araştırmada, haşlanmış sosis üretiminde hammaddeye %2 psyllium ilavesinin sosisin fonksiyonel, teknolojik ve organoleptik özelliklerini etkilemediğini ilave olarak antibiyotik kalıntı miktarını azalttığını rapor edilmiştir (Danyliv & ark., 2019). Bir diğer çalışmada ise domuz eti kullanarak hazırlanan köftelere %1 oranında psyllium ilave edildiğinde yağ tutulumunun azaldığı, pişirme kaybının düştüğü ve genel kabul edilebilirliğin uygun olduğu saptamıştır (Zhou & ark., 2019). Hindi etine psyllium ilave edilerek fonksiyonel et ürünü elde etmek için gerçekleştirilen başka bir çalışmanın sonuçları lif yüzdesinin artmasına bağlı olarak ürünün pişme verimi, nem içeriği ve su tutma kapasitesinin de arttığını göstermiştir. Diğer taraftan aynı çalışmada %1,6 psyllium kabuğu tozu katılarak hazırlanan hindi ürününün duysal testlerinde katılımcıların, psyllium içeren ürünü kontrol ürününden ayırt edemediği ortaya konmuştur (Harper, 2018). Farklı oranlarda psyllium kabuğu tozu kullanılarak hazırlanan tavuk eti rulolarında %4 psyllium katılan grubun fiziko-kimyasal özellikleri, bileşimi ve

duyusal değerlendirme sonuçları en uygun bulunmuş ve daha yüksek toplam diyet lifi içerdiği, kontrol grubundan daha düşük kolesterol olduğu saptanmıştır. Depolama sırasında soğutma sıcaklığında, diyet lifi açısından zengin ruloların 15 güne kadar mikrobiyolojik olarak güvenli ve organoleptik olarak kabul edilebilir olduğu belirlenmiştir. Bu araştırmada sonucunda psyllium kabuğu tozunun %4 seviyesinde tavuk eti rulolarına eklenmesinin, duyusal ve mikrobiyolojik kaliteyi etkilemeden ruloların lif içeriğini arttırdığı kanıtlanmıştır (Mehta & ark., 2016). Psylliumun et ürünlerinde kullanımının olumlu etki sağladığı, lezzeti etkilemediği ya da olumlu etki gösterdiğini belirten ve yukarıda özetlenen araştırma sonuçları ile uyumlu olmayan bulgularda bulunmaktadır. Gerçekleştirilen bu çalışmada tavuk etinden üretilen bologna tipi sosiste psyllium ve diğer lif kaynakları et, bitkisel yağ, baharatlar, nitrit ve fosfat ile kullanılmış ve psyllium katılan sosislerin duyusal değerlendirmede inülin ve yulaf lifi ilave edilen sosislere oranla daha az beğeni aldığı belirtilmiştir (Ferjancic & ark., 2020).

Son yıllarda marine edilmiş et ürünlerine yönelik talepler küresel ölçüde artmıştır. Bu durumun sebebi bu tipteki gıdaların duyusal ve dokusal özelliklerinin gelişmiş olmasının yanı sıra besinsel özellikleri, daha uzun raf ömrüne sahip olmaları ile ilişkilendirilmektedir (Siroli & ark., 2020). Marine et üzerine gerçekleştirilen güncel bir araştırmada, *Plantago major* tohum müsilajı ve Citrus limon esansiyel yağı bazlı yenilebilir kaplama ile bufalo eti marine edilmiş ve bu işlem sonucunda, soğuk depolama sırasında bufalo etindeki lipit oksidasyonu, sertlik kaybı ve mikrobiyal gelişimin etkili bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir. *Plantago* bitkisiyle marine et, kontrol eti örneğine oranla daha yüksek tüketicisi beğenisi toplamıştır. Bu araştırma sonucunda, Citrus limon esansiyel yağı ile birlikte *P. major* tohum müsilajı bazlı yenilebilir kaplamalar, raf ömrü boyunca et ürünlerinin özelliklerini koruma/geliştirme potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir (Noshad & ark., 2021).

Japonya'da ortaya çıkan ve tn dünyada talep gören surimi, balık ham maddeleri kullanılarak hazırlanmakta, tipik surimi

blokları halinde paketlenmekte ve ardından dondurularak tüketime hazır hale gelmektedir. Surimi, jel oluşturma, su tutma ve yağ bağlama yetenekleri gibi güçlü fonksiyonel özelliklere sahip bir miyofibriler protein konsantresi yapısındadır. Gümüş sazan balığı eti kullanılarak hazırlanan surimiye %0.1 oranında psyllium kabuğu tozunun eklenmesi, hidrofobik etkileşim ve disülfür bağ içeriğindeki artma jelin su tutma kapasitesini önemli ölçüde arttırmıştır. Bu jellerde daha pürüzsüz ve sıkı bir yüzey yapısı gözlenmiştir. Genel olarak işlenmiş su ürünü olan surimiye psyllium katkısı ile daha iyi bir ürün elde edilmiştir (Zhu & ark., 2022). Benzer şekilde çipura balığı surimi (Singh & ark., 2021) ve balık tofu (Singh & ark., 2023) psyllium ilave edilerek üretildiğinde ürün yapısında değişim olmadan jel oluşumunda iyileşme sağlanmıştır.

Et ve ürünleri üzerine gerçekleştirilen ve yukarıda özetlenen çalışmalardan farklı olarak Noguerol, Larrea & Pagan (2022b) psyllium kullanarak vegan sosis üretmiştir. Bu araştırmada üretilen bitki bazlı sosislerde, *P. ovata* liflerinin eklenmesi nedeniyle yüksek kül ve karbonhidrat içeriği gözlenmiştir. Bu yeni ürün diğer etli ve etsiz sosislere kıyasla daha düşük yağ içeriği ile muadil ürünlerden farklılaşmıştır. Psyllium liflerinin kullanımı aynı zamanda su tutma kapasitesini de arttırmış, bu da bitki bazlı sosislerin dokusunu geliştirmiştir. Ancak, çiğnenebilirlik ve renk özelliklerine üzerine olan değişimi bu sosisler için olumsuz nitelikte tespit etmiştir.

Süt Ürünlerinde Psyllium Kullanımı

Psyllium kabuğu düşük maliyetli, biyolojik olarak parçalanabilen ve çevre dostu, benzersiz jelleşme ve iyi duyusal özellikleri bulunan bir gıda bileşeni olmakla birlikte sindirim sisteminde arzu edilen mikroorganizmaların artışına ve patojenik bakterilerin azalmasına yol açan prebiyotik özelliğe de sahiptir (Zokaiyte & ark., 2021). *P. ovata* süt fermentasyonunda prebiyotik nitelikte olması sebebiyle *Saccharomyces boulardii* ve *Lactobacillus rhamnosus* kültürleri ile simbiyotik etki sağlamaktadır (Al-Ogaidi & Daher, 2019). *P. ovata* yanı sıra *P. major*'ün de süt pıhtısı örneklerinin mikro yapısında ileri düzeyde jelleşme

oluşturarak süt proteinlerini pıhtılaştırdığı tespit edilmiştir. *P. major*'dan, atıştırmalık peynir ürünleri, yarı mamul ve işlenmiş peynir teknolojisinde pıhtı jelinin oluşturulmasında yararlanılabileceği ortaya konmuştur (Grek & ark., 2018).

Plantago bitki müsilajı, kıvam verici ve hidrokolloid özellikte olmasından dolayı farklı süt ürünlerinin geliştirilmesinde de özel ilgi görmektedir. Yoğurt  retiminde psyllium, polisakkarit ve protein arasında meydana getirdiği etkileşimlere bağlı, tekstürü geliştirmek, depolamada serum proteinlerinin yoğurttan ayrılmasını engelleme amacıyla kullanılabilmektedir (Goksen & ark., 2023). Süt  r nlerinde yağ miktarının azaltılması ile birlikte sert ve lastiğimsi tekstür, aroma, renk değişiklikleri, tadım hissinde olumsuzluklar ortaya çıkmaktadır. Bu noktada psyllium, düşük yağlı süt ürünlerinde aroma ve tekstür kusurlarını ortadan kaldırmak için yağ ikamesi olarak kullanılmaktadır. Az yağlı sütün dondurulması ile elde edilen ve dondurma benzeri bir ürün olan buzlu sütte yağın %1 oranında psyllium ile ikame edilmesiyle daha yumuşak ve oldukça kabul edilebilir lezzette bir ürün elde edilmiştir (Elwahsh, Salama & Awad, 2023). Pıhtısı kırılmış yoğurt üretiminde yağ ikamesi ve prebiyotik olarak psyllium kabuğunun kullanım olanakları incelendiğinde psyllium kabuğu kullanımının yoğurtlarda fiziksel, tekstürel ve duysal özellikleri olumlu yönde değiştirdiği gözlenmiştir ( ubuk u, 2022). Diğer taraftan, yoğurt veya süt ürünlerini lifle güçlendirmek, işlevselliği geliştirmek ve sağlığa faydalı gıdalar yaratmak açısından büyük ilgi görmektedir. Diyet lifi olarak yoğurda psyllium kabuğunun eklenmesi olumlu sağlık etkilerine katkı sağlamaktadır. %0.7 psyllium kabuğu içeren takviye edici yoğurt incelenen tüm duysal ve fiziksel nitelikler bakımından başarılı bulunmuştur. Bununla birlikte, %0.5 psyllium kabuğu ile zenginleştirilmiş yoğurtta duysal özelliklerin en kabul edilebilir düzeyde olduğu gözlenmiştir. Ayrıca sırasıyla %0.5 ve %0.7 ile zenginleştirilmiş yoğurt örneklerinin çeşitli fiziko-kimyasal parametreleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu sebeple, elde edilen sonuçlara dayanarak, lifle zenginleştirilmiş yoğurt geliştirilmesinde %0.5 oranında psyllium kabuğu kullanımının

uygun olduğu önerilmiştir (Bhat, Deva & Amin, 2018). Yoğurt benzeri bir sütün ürünü olan ayranın üretim sürecinde süte farklı oranlarda psyllium, ilave edilerek tüketicinin günlük lif alımına katkı sağlayabilecek nitelikte ayran benzeri bir fonksiyonel sütün ürünü elde edilmiştir. Ürün kalitesi, fiziko-kimyasal, mikrobiyolojik özellikler depolamanın 21. gününe kadar takip edilmiş ve günlük lif tüketiminin arttırılması önerilen hastalarda, sağlıklı beslenmeyi tercih eden bireylerde ve sporcu beslenmesinde kullanılabilecek niteliklere sahip bir fermente sütün ürünü üretilmiştir (Yalçın, Gün & Soyuçok, 2022). Ayran üretiminde stabilizör ve yağ ikamesi amacıyla *P. ovata* tozu ilave edilerek ayran üretilmiştir. Bu yağ miktarı düşürölmüş ayranların fiziko-kimyasal, tekstürel, duyuusal ve mikrobiyolojik özelliklerinin yağlı kontrol örnekleri ile benzerlik gösterdiğı, yağsız kontrol örneklerinden ise üstün iyi olduğı, pozitif kontrol olarak kullanılan jelatin katılan örneklere çok yakın bulunduğı ve ayran grupları arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmadığı ortaya konmuştur. Böylece, *P. ovata* tozunun yağı azaltılmış ayranlarda ortaya çıkan fiziksel, tekstürel ve duyuusal kusurları önleyebileceğı ve ayran üretiminde yağ ikamesi ve stabilizör olarak kullanılabileceğı ifade edilmiştir (Kesik, 2023).

Dünya çapında popüler bir sütün ürünü olan dondurma, yüksek şeker oranına sahip en sevilen tatlılardan biridir. Serinletici özelliğı bulunan ve ferahlık hissi veren dondurma, çok çeşitli tat ve renk kıvamda, yağı azaltılmış ve yağsız formlarda üretilmektedir. Psyllium lifleri %3 ve %6 oranında yaban mersinli dondurmaya katıldığında görünür viskozite ile psyllium liflerinin eklenmesi arasında pozitif bir doğrusal ilişki gözlemlenmiştir. Böylece, diyeti güçlendirmek amacıyla dondurma endüstrisinde lif zenginleştirici ajan olarak psyllium lifi eklenmesinin dondurma kalitesini etkilemediğı gösterilmiştir (Leahu, Ghinea & Damian, 2018). Hemanth & arkadaşları (2021) milkshake (aromalı sütün) yapımında psyllium ve modifiye psyllium (HCl ve etanol ile işlem görmüş) kabuğı ilavesinin ürüne etkilerini araştırmışlardır. Araştırmaları sonucunda, modifiye psyllium kullanımının milkshake'in besinsel ve duyuusal parametrelerini etkilemeden, doğal psilyumdan daha iyi

fonksiyonel özellikler oluşturduğunu ifade etmişlerdir. Bir diğer süt ürünü olan sütlü tatlılarda da psyllium kullanımını tatlının kalitesi üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Aralarında psylliumun da yer aldığı farklı bitkisel diyet lifleri içeren düşük kalorili sütlü tatlıların mekanik özellikleri ve sinerezisi, modellendiğinde, bileşenlerin düşük kalorili sütlü tatlılarda yağ/şeker ikame maddeleri olarak farklı roller oynadığı belirlenmiştir. Hem standart sütlü tatlılara benzeyen düşük kalorili lifli tatlılara olan ihtiyaç hem de mümkün olduğunca en iyi teknolojik ve duyuşal özelliklere sahip olan sütlü tatlılar dikkate alındığında, bambu, inülin ve buğday, düşük kalorili süt ürünlerine eklenecek en uygun lifler olarak değerlendirilmiştir. Psyllium kullanımı ile bağlantılı diğer süt ürünlerinde birçok istenen özelliğin ortaya çıkmasına karşın düşük kalorili sütlü tatlılarda beklenen olumlu duyuşal ve tekstürel etkiler görülmemiştir (Staffolo, Sato & Cunha, 2017).

Psyllium Sağlık Etkileri

Plantago ovata bitkisinin tohumları ve kabuklarından elde edilen psyllium eski çağlardan beri insanlar tarafından kullanılmaktadır. Çeşitli tıbbi özelliklere sahip ve sağlık üzerine birçok faydalı etkisi bulunan bir bitki olan Plantago, tıbbi bitkiler arasında ticari satışlarda altıncı sırada yer almaktadır. Günümüzde Hindistan, Plantago tohumlarının ve kabuklarının dünya pazarında en büyük üreticisi ve ana tedarikçisidir ve üretiminin yaklaşık %90'ını dış ülkelere ihraç edilmektedir. Amerika yılda 8000 ton Plantago tohum ve kabuğu tüketimi ile bu tıbbi bitkinin ana ithalatçısı konumundadır (Franco & ark., 2020). Beslenme açısından değerlendirildiğinde, psyllium kabuğu düşük kalorilidir ve 1 yemek kaşığı psyllium kabuğu sadece 20 kaloridir ve 5 gram çözünür diyet lifi içermektedir. Kolesterol veya trans yağ içermemekte, 0.2 gram protein ve çok düşük miktarda sodyum içermektedir. Çözünür diyet lifi açısından zengindir ve bu lif içeriği, psylliumun insanlara sağladığı tüm sağlık faydalarından öncelikli olarak sorumlu olmaktadır (Shabbir, 2019). Psyllium, çeşitli ülkelerde ishal ve kabızlık sırasında su veya sütle yaygın olarak tüketilmektedir. Sindirim sisteminde suyu emerek karakteristik olarak birkaç kez

şişen ve jöle benzeri bir maddeye dönüşen psyllium lifi, bağırsakları uyarmakta ve bağırsak hareketlerinin düzenlenmesine yardım etmektedir. Aynı zamanda tokluk hissi meydana getiren bir etkisi de bulunmaktadır. Tokluk hissi vererek insanların öğünleri daha erken sonlandırmalarını ve dolayısıyla enerji alımını azaltmalarına yardımcı olabilmektedir (Bhat, Deva & Amin, 2018). Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA), psyllium diyet lifinin gıda takviyesi olarak günlük 3.5-14 gram ya da psyllium tohumu kabuğunun 1-3 gram dozunda düzenli kullanımında normal bağırsak/kolon fonksiyonunu korumaya yardımcı olduğu, düzenli bağırsak çalışmasını teşvik ettiği ve sağlıklı bir sindirim sistemi işlevini sağladığını açıklamıştır (EFSA, 2010a).

Gıda takviyesi olarak yemeklerden önce tüketilen psylliumun fazla kilolu/obez katılımcılarda kilo kaybını sağladığını, vücut kitle indeksini azalttığını ve bel çevresini daralttığını klinik olarak kanıtlanmıştır. Ayrıca aynı çalışmada, psyllium lifinin metabolik sendrom ve tip 2 diyabette glisemik kontrolün iyileştirilmesini, hiperlipidemide ve statin tedavisi gören hastalarda LDL ve toplam kolesterolün düşürülmesini, hipertansiyonda kan basıncının azaltılmasını, dışkılamayı rahatlatmayı, kronik kabızlıkta dışkı yapısının yumuşatılmasını ve huzursuz barsak sendromu belirtilerinin azaltılmasını klinik olarak desteklediği ortaya konmuştur (Gibb, Sloan & McRorie, 2023). Kuzey Amerika ve Avustralya'da *P. ovata* tohumları serum kolesterol düzeyini düşürmek ve günlük diyet lifi tüketimini artırmak için kahvaltılık tahıllara fonksiyonel bileşen olarak katılmaktadır (Morales & ark., 2022). Psyllium ve benzeri viskoz, çözünür liflerin günde 2 ile 10 g arasında alınması toplam kolesterolde (0,045 mmol/L-gram diyet lifi) ve LDL-kolesterolde (0,057 mmol/L-gram diyet lifi) düşüşle ilişkilendirilmektedir. Diğer taraftan beslenme ile alınan psyllium lifinin kan trigliserid konsantrasyonunu etkilemediği belirlenmiştir. Bununla birlikte belirli lif türleri, özellikle de çözünür, viskoz lifler, yemek sonrası hiperlipidemiyi azaltabilmektedir. Bu etkiler, azalan kolesterol ve/veya safra asidi emilimi ve muhtemel kolon fermantasyon ürünleriyle de ilişkilidir. Deney hayvanlarında dirençli

nişasta ve dirençli oligosakkaritlerin lipit metabolizması üzerindeki etkileri kanıtlanmıştır. Sonuç olarak, diyet lifinin viskoz türleri toplam koleserol ve LDL-kolesterol konsantrasyonlarının azaltılmasına katkıda bulunabilmektedir. Etkiler genellikle tüketilen gıda miktarı ile bağlantılı olmaktadır (EFSA, 2010b). FDA koroner kalp hastalıklarında günlük 7 gram ve üzeri psyllium tohumu kabuğu kullanılmasını tavsiye etmiştir. Psyllium içeren gıdalarda ise, gıda ürünüde alışlagelmiş olarak tüketilen referans miktarı başına en az 1.7 gram çözünür lif içermesi gerektiği ifade edilmiştir (FDA, 2023)

Tip 2 diyabet hastaları ve metabolik sendrom ortaya çıkma riski taşıyan bireylerde glisemik kontrolü sağlamak için viskozite/jel ile ilgili mekanizmalar arasında, sindirilen gıdaların glisemik indeksinin düşürülmesi ve ince bağırsakta glikoz emilimini ve nişasta bozunmasını yavaşlatmak için midede yarı hazmedilmiş gıdaların viskozitesinin arttırılması ve böylece glisemik indekste jele bağlı bir iyileşme söz konusu olmaktadır. Psyllium, midede sindirime uğrayan yiyeceklerin viskozitesini artıran, sindirim enzimlerinin karmaşık karbonhidratlarla etkileşimini geciktiren ve böylece sindirim hızını yavaşlatan viskoz bir jel oluşturmaktadır. Artan viskozite glikozun emilimini yavaşlatmakta ve yemek sonrası kan şekeri konsantrasyonunun pik yapmasına engel olmaktadır. Normalde besinlerin emilimi ilk olarak ince bağırsakta başlamasına karşın psyllium varlığına bağlı besin emilimindeki gecikme, besinlerin normalde bulunmadığı distal ileuma ulaşmasına neden olmaktadır. Distal ileumdaki besinler, mukozal reseptörleri, iştahın azalması ve insülin salgısının artması dahil olmak üzere çeşitli sağlık etkileriyle bağlantılı glukagon benzeri peptid l'in kan akışına salınması gibi metabolik yanıtları başlatmak üzere uyatabilmektedir. Psyllium nedeniyle besin emilimi gecikse de besinler kalın bağırsağa ulaşmadan emilmektedir. Böylece psyllium tip 2 diyabet hastalarında glisemik kontrolün sağlanmasına yardımcı olmaktadır (McRorie & ark., 2021).

Psyllium kabuğu, kanser hücrelerinin oluşumunu önleyen spesifik flavonoidler içermektedir. Kanserle mücadelede sırasıyla Psyllium, *P. lanceolat*, *P. coronopus*, *P. ovata* tohumları

kullanılmaktadır. *P. Serraria* yaprakları önemli bir flavonoid olan Luteolin-7-Ob-glikozitini bulundurmaktadır. Psyllum bitkileri insanlarda kansere karşı, kanser hücrelerinin çoğalmasını büyük ölçüde baskılamaktadır (Khan & ark., 2021). Ayrıca, mukotoksik kanser tedavisi gören hastalarda oral mukozitin önlenmesi ve tedavisi için *P. ovata* kullanıldığında hastalardaki mukozit derecesini, ağrı şiddetini ve ağız kuruluğu derecesinin önemli ölçüde azaldığı ve aynı zamanda hastaların yaşam kalitesinin de arttığı kaydedilmiştir (Hasheminasab & ark., 2020).

Biyosorpsiyon, biyolojik materyallerin ağır metalleri metabolik veya fiziko-kimyasal yollarla sulu çözeltilerden toplama yeteneği olarak tanımlanan ağır metallerin uzaklaştırılması için yeni, düşük maliyetli ve etkili teknolojilerden biridir. Bakteriler, mantarlar ve yüksek bitkiler de dahil olmak üzere çeşitli biyolojik materyaller, çözeltilerdeki ağır metal iyonu konsantrasyonunu azaltabilme özelliğindedir. Psyllium'un biyosorpsiyon yeteneğinde olup olmadığı sıçan deneklerinde çalışılmıştır. Bu araştırma sonucunda, psyllium'un %2'lik konsantrasyonu ağız yoluyla alındığında böbrek, karaciğer, beyin ve bağırsakta insan sağlığına zararlı ağır metallerden biri olan kurşunun neden olduğu patolojik lezyonların önemli ölçüde azaldığı ortaya konmuş ve kurşuna maruz kalan popülasyonlarda psyllium tohumunun kullanılması tavsiye edilmiştir (Basiri & ark., 2020).

P. ovata müsilağı polisakkarit içeriği sayesinde düşük maliyetli ve bitkisel kökenli çeşitli granül ve tabletlerde film oluşturma, parçalayıcı, bağlayıcı, süspanse edici, daha kalın ve emülsifiye edici niteliklere sahip farmasötik yardımcı madde olarak tercih edilmektedir. Süper parçalayıcılar, tabletlere eklendiğinde kalın kütleyi küçük parçacıklara bölerek ilacın çözünmesini ve aktif bileşenin çevredeki sıvıya yaklaşırken boşaltılmasını kolaylaştıran bileşiklerdir. *P. ovata*, tükürükte kolayca parçalanan/dağılan veya çözünen yeni tip tablet olarak etkili süper parçalayıcı ajan veya hızlı parçalanan tablet formunda; öksürük, mide bulantısı, alerji veya hareket hastalıkları görülen geriatri, pediatri, zihinsel engelli ve

disfaji sorunlu yatalak hastalarda kullanılmaktadır (Meena & ark., 2022).

Psyllium kabuğu jeli hidrokolloidleri bir diğer dolaylı sağlık etkisi olarak buğday ekmeğinde akrilamid oluşumunu azaltması ve böylece buğday ekmeğinin kalitesinin iyileştirilmesi için önerilecek bileşenler arasına girmiştir. Özellikle ekmek gibi popüler gıda ürünlerinde maillard reaksiyonu grup 2A açısından muhtemel bir insan kanserojeni olan akrilamidin üretiminden sorumludur. Bu bağlamda akrilamidin gıdalardaki miktarını azaltma stratejilerinin geliştirilmesi ve uygulanmasında psylliumun değerlendirilmesi de söz konusu olmaktadır (Bartkiene & ark., 2023).

Psyllium birçok olumlu sağlık etkisine karşın, içeriğinde psyllium kullanılarak hazırlanan glütensiz ekmek tüketimine bağlı alerji ve anaflaktik şok vakası rapor edilmiştir. Bu vakanın tanısı ve değerlendirmesi sonucunda glütensiz ürünlerin kolay bulunması, tüketiminin yaygınlığı ve bu tip ürünlere olan ilginin gün geçtikçe artışı dikkate alınarak unlu mamullere katılan psylliumun gizli alerjen olarak kabul edilmesi önerisinde bulunulmuştur (Morales & ark., 2022). Başka bir raporda fırın çalışanında psyllium unu solumaya bağlı alerjik rinit bulgularına yer verilmiştir. Çeşitli tahıl unlarının solunması kaynaklı fırıncı riniti ve astımının son yıllarda glutensiz veya vegan beslenmenin popülerleşmesi ile birlikte arttığı benzer şekilde ifade edilmiştir (Jungewelter, Suomela & Airaksinen, 2021). Psyllium vegan diyetlerde protein ve lif kaynağı olarak kullanılan önemli bileşenlerden biridir. Vegan diyetlerle ilgili çeşitli gıda alerjen kaynaklarının birçoğu henüz tanımlanmamış ve karakterize edilmemiştir. Bu nedenle spesifik ve hassas alerjen teşhis araçları hala belli bir ölçüde eksiktir ve moleküler alerji araştırmaları yoluyla daha da geliştirilmeleri gerekmektedir (Jappe, 2023). Yukarıda özetlenen alerji vakaları doğrultusunda diğer tahıl ürünleri gibi psylliuma karşı alerji gelişimi de ayrıntılı olarak araştırılması ve açığa çıkartılması gereken konulardan biri olarak ele alınmalıdır.

Sonuç

Gıda ve sağlık endüstrisinde son yıllarda Plantago bitkisinin adı fazlasıyla duyulmaya başlanmıştır. Psyllium hem çözünür hem de çözünmeyen lifleri yapısında barındıran, antioksidan ve prebiyotik nitelikli mükemmel bir besin kaynağıdır. Vegan gıdaların hazırlanmasında yumurta ikamesi olarak kullanımı, glütensiz gıdalarda tekstür düzenleyici etkisi, süt ürünlerinde viskozite ve jel oluşumunu sağlaması, et ürünlerinin duysal nitelikleri değıştirmeden lifli forma dönüştürmesi psylliumu diğer fonksiyonel bileşenlerden bir adım öne çıkarmıştır. İçerisine katıldığı gıdalara prebiyotik nitelik kazandırması, lif zenginliği sunması, yağ emilimini düşürmesi de diğer olumlu fonksiyonel etkileri arasındadır. Farmakologlar ve beslenme uzmanlarının yanı sıra diğer sağlık profesyonellerinin de sağlığın korunması ve hastalıkların önlenmesinde rol oynayabilecek yeni fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesine giderek daha fazla önem vermeleri ile birlikte psyllium, özellikle de kabuğu ve ekstraktları antidiyare, anti-tümör, antidiyabetik, hipotansif, hiperlipidemik, kolestrol ve obeziteye karşı etkileri sayesinde sağlık endüstrisinde de geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Doğal, ekonomik, güvenli, çevre dostu psyllium takviye edici gıda ürünleri arasında şase ve kapsül formunda satılmaktadır. Sonuç olarak psyllium, tohumu, kabuğu ve ekstraktlarını içeren yeni ve farklı tip ürünleri yakın gelecekte daha fazla tüketici ile buluşacağı öngörülmektedir.

Kaynakça

Agrawal, R. 2021. Psyllium: A Source of Dietary Fiber. Viduranga Waisundara (Ed.), *Dietary Fibre*. (pp. 2-13). London: IntechOpen.

Al-Ogaidi, A. A. A. & Daher, A. A. A. 2019. The study of some chemical properties of *Plantago ovata* seeds and its utilization as synbiotics in fermented milk. *Plant Archives*, 19 (2), 1824-1829.

Ashooriyan, P., Mohammadi, M., Darzi, G. N. & Nikzad, M. 2023. Development of *Plantago ovata* seed mucilage and xanthan gum-based edible coating with prominent optical and barrier properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 248, 125938.

Bak, S. L., Cha, S. H., Park, S. B., Jiang, S., Hyun, T. K. & Jang, K. I. 2023. Quality characteristics of noodles produced using steam-treated dough prepared with psyllium husk and soaked-and-dried soybean. *Journal of Food Processing and Preservation*, 5351057.

Bartkiene, E., Kungiene, G., Starkute, V., Klupsaite, D., Zokaityte, E., Cernauskas, D., Kamarauskiene, E., Özogul, F., Rocha, J. M. 2023. Psyllium husk gel used as an alternative and more sustainable scalding technology for wheat bread quality improvement and acrylamide reduction. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1277980.

Basiri, S., Shekarforoush, S. S., Mazkour, S., Modabber, P. & Kordshouli, F. Z. 2020. Evaluating the potential of mucilaginous seed of psyllium (*Plantago ovata*) as a new lead biosorbent. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 24, 100242.

Belorio, M. & Gomez, M. 2022. Psyllium: a useful functional ingredient in food systems. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62 (2), 527-538.

Bernardes, E. N., Flores, S. H. & Thys, R. C. S. 2022. Are psyllium fiber and flaxseed flour an exciting combination of

ingredients in the development of gluten-free vegan bread? *Journal of Culinary Science and Technology*, 2060160.

Bhat, S. V., Deva, A. M. & Amin, T. 2018. Physicochemical and textural properties of yogurt fortified with psyllium (*Plantago ovate*) husk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42, e13425.

Bilgic, H. & Sensoy, I. 2023. Effect of psyllium and cellulose fiber addition on the structure and the starch digestibility of bread and crackers. *Food Structure*, 35, 100302.

Chen, C., Shang, C., Xin, L., Xiang, M., Wang, Y., Shen, Z., Jiao, L., Ding, F. & Cui, X. 2022. Beneficial effects of psyllium on the prevention and treatment of cardiometabolic diseases. *Food and Function*, 13, 7473.

Chong, R. W. W., Ball, M., McRae, C. & Packer, N. H. 2019. Comparing the chemical composition of dietary fibres prepared from sugarcane, psyllium husk and wheat dextrin. *Food Chemistry*, 298, 125032.

Cowley, J. M., O'Donovan, L. A. & Burton, R. A. 2021. The composition of Australian *Plantago* seeds highlights their potential as nutritionally-rich functional food ingredients. *Scientific Reports*, 11, 12692.

Çubukçu, B. 2022. Pıhtısı kırılmış probiyotik yoğurt üretim'inde psyllium husk (karnıyarık otu tohum kabuğu tozu)'dan yağ ikamesi ve prebiyotik olarak yararlanma olanakları. *Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*.

Danyliv, M. M., Vasilenko, O. A., Ozherelyeva, O. N. & Shestakova, Y. A. 2019. Improvement of sausage production technology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 341, 012131.

Das, A. K., Nanda, P. K., Madane, P., Biswas, S., Das, A., Zhang, W. & Lorenzo, J. M. 2020. A comprehensive review on

antioxidant dietary fibre enriched meat-based functional foods. *Trends in Food Science and Technology*, 99, 323-336.

EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). 2010a. Scientific opinion on the substantiation of health claims related to dietary fibre (ID 744, 745, 746, 748, 749, 753, 803, 810, 855, 1415, 1416, 4308, 4330) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal*, 8 (10), 1735.

EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA). 2010b. Scientific opinion on dietary reference values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA Journal*, 8 (3), 1462.

Elwahsh, N., Salama, W. & Awad, R. 2023. Functional ice milk with psyllium seed husk powder as a fat replacer. *Egyptian Journal of Dairy Sciences*, 51, 100-106.

Ferjancic, B., Kugler, S., Korosec, M., Polak, T. & Bertoncelj, J. 2021. Development of low-fat chicken bologna sausages enriched with inulin, oat fibre or psyllium *International Journal of Food Science and Technology*, 56, 1818-1828.

Food and Drug Administration. 2023. Title 21- Food and drugs, Chapter 1 - food and drug administration department of health and human services, Subchapter b – food for human consumption, 21 (2), 21CFR01.81.

Franco, E. A. N., Sanches-Silva, A., Ribeiro-Santos, R. & de Melo, N. R. 2020. Psyllium (*Plantago ovata* Forsk): from evidence of health benefits to its food application. *Trends in Food Science and Technology*, 96, 166-175.

Franco, M. & Gomez, M. 2022. Effect of psyllium on physical properties, composition and acceptability of whole grain breads. *Foods*, 11 (12), 1685.

Fratelli, C., Santos, F. G., Muniz, D. G., Habu, S., Braga, A. R. C. & Capriles, V. D. 2021. Psyllium improves the quality and shelf life of gluten-free bread. *Foods*, 10 (5), 954.

Fu, Q., Liu, R., Zhou, L., Zhang, J., Zhang, W. & Wang, R. 2022. Effects of psyllium husk powder on the emulsifying stability, rheological properties, microstructure, and oxidative stability of oil-in-water emulsions. *Food Control*, 134, 108716.

Gibb, R. D., Sloan, K. J. & McRorie, J. W. 2023. Psyllium is a natural nonfermented gel-forming fiber that is effective for weight loss: A comprehensive review and meta-analysis. *Journal of the American Association of Nurse Practitioners*, 35 (8), 468-476.

Grechko, V., Dtrashynskiy, I. & Pasichnyi, V. 2019. Psyllium using in the technology of meat ground semi-cooked products. *Proceedings of University of Ruse*, 58, 109-114.

Grek, O., Krasulya, O., Chubenko, L. & Tymchuk, A. 2018. The investigation of the potential complex from *Plantago major* to coagulate milk proteins. *Food and Environmental Safety*, 17 (2), 165-175.

Goksen, G., Demir, D., Dhama, K., Kumar, M., Shao, P., Xie, F., Echegaray, N. & Lorenzo, J. M. 2023. Mucilage polysaccharide as a plant secretion: Potential trends in food and biomedical applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 230, 123146.

Haddadian, K., Haddadian, K. & Zahmatkash, M. 2014. A review of *Plantago* plant. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 13 (4), 681-685.

Harper, T. L. 2018. "Utilization of psyllium husk (*plantago ovate*) powder as a functional ingredient in a processed turkey product. <https://www.proquest.com/dissertations-theses/utilization-psyllium-husk-i-plantago-ovate-powder/docview/2188789986/se-2> Son erişim tarihi: 22 Kasım 2023.

Hasheminasab, F. S., Hashemi, S. M., Dehghan, A., Sharififar, F., Setayesh, M., Sasanpour, P., MTasbandi, M. & Raeiszadeh, m. 2020. Effects of a *Plantago ovata*-based herbal compound in prevention and treatment of oral mucositis in patients

with breast cancer receiving chemotherapy: A double-blind, randomized, controlled crossover trial. *Journal of Integrative Medicine*, 18, (3), 214-221.

Hedayati, S., Jafari, S. M., Babajafari, S., Niakousari, M. & Mazloomi, S. M. 2022. Different food hydrocolloids and biopolymers as egg replacers: A review of their influences on the batter and cake quality. *Food Hydrocolloids*, 128, 107611.

Hemanth, M., Deshpande, H. W., Katke, S. D., Machewad, G. M. & Gangakhedkar, P. S. 2021. Studies on process standardization of milkshake by using acid modified psyllium husk. *The Pharma Innovation journal*, 10 (7), 1215-1218.

Hygreeva, D., Pandey, M. C. & Radhakrishna, K. 2014. Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. *Meat science*, 98 (1), 47-57.

Illippangama, A. U., Jayasena, D. D., Jo, C. & Mudannayake, D. C. 2022. Inulin as a functional ingredient and their applications in meat products. *Carbohydrate Polymers*, 275, 118706.

Jappe, U. 2023. Vegan diet-alternative protein sources as potential allergy risk. *Allergo Journal International*, 32, 251-257.

Jungewelter, S., Suomela, S. & Airaksinen, L. 2021. Occupational IgE-mediated psyllium allergy in contemporary gluten-free and vegan baking: A case of allergic rhinitis. *American Journal of Industrial Medicine*, 64, 431–434.

Kausar, T., Hanan, E., Ayob, O., Praween, B. & Azad, Z. 2019. A review on functional ingredients in red meat products. *Bioinformation*, 15 (5), 358-363.

Kausar, T., Kausar, M. A., Khan, S., Haque, S. & Azad, Z. 2021. Optimum additive composition to minimize fat in functional goat meat nuggets: a healthy red meat functional food. *Processes*, 9 (3), 475.

Kesik, B. 2023. Ayran üretiminde stabilizör ve yağ ikamesi olarak *Plantago ovata* (karnıyarık otu)'dan yararlanma olanakları. *Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*.

Khan, A. W., Khalid, W., Safdar, S., Usman, M., Shakeel, A., Jamal, N., Jha, R. P., Baig, M., Shehzadi, S., Khalid, M. Z. & Shadid, M. K. 2021. Nutritional and therapeutic benefits of psyllium husk (*Plantago Ovata*). *Acta Scientific Microbiology*, 4 (3), 43-50.

Leahu, A., Ghinea, C. & Damian, C. 2018. The influence of inulin and psyllium addition to ice-cream and its effects on the sensorial properties. *Food and Environment Safety*, 17 (4), 363-371.

Lin, S. 2022. Chapter Two - Dietary fiber in bakery products: Source, processing, and function. Zhou, W., Gao, J. (Eds.), *Advances in Food and Nutrition Research* (pp. 37-100) Massachusetts:Academic Press.

Martellet, M. C., Majoro, F., Ducati, R. G., De Souza, C. F. V. & Goettert, M. I. 2022. Probiotic applications associated with Psyllium fiber as prebiotics geared to a healthy intestinal microbiota: A review. *Nutrition*, 103-104, 111772.

McRorie, J. W., Gibb, R. D., Sloan, K. J. & McKeown, N. M. 2021. Psyllium: the gel-forming nonfermented isolated fiber that delivers multiple fiber-related health benefits. *Nutrition Today*, 56 (4), 169-182.

Meena, P., Poonar, N., Nehra, S., & Trivedi, P. C. 2022. Biomolecules and Therapeutics of *Plantago ovata* Forssk. In *Bioactives and Pharmacology of Medicinal Plants* (pp. 271-288) Florida: Apple Academic Press.

Mehta, N., Ahlawat, S. S., Sharma, D. P., Dapur, R. S. & Yadav, S. 2016. Optimization and quality evaluation of dietary fiber rich chicken meat rolls incorporated with psyllium husk. *Research and Development*, 3, 65-70.

Morales, P., Azagra, M., Martin, C., Niso, M., Belar, N. & Berasategui, M. 2022. Anaphylactic shock due to psyllium (*Plantago ovate* seed) allergy: a case report. *Food and Nutrition Sciences*, 13, 1-5.

Mukherjee, S., Pujol, C. A., Jana, S., Damonte, E. B., Ray, B. & Ray, S. 2021. Chemically sulfated arabinoxylans from *Plantago ovata* seed husk: Synthesis, characterization and antiviral activity. *Carbohydrate Polymers*, 256, 117555.

Noguerol, A. T., Igual, M. & Pagan, M. J. 2022a. Developing psyllium fibre gel-based foods: physicochemical, nutritional, optical and mechanical properties. *Food Hydrocolloids*, 122, 107108.

Noguerol, A. T., Larrea, V. & Pagan, M. J. 2022b. The effect of psyllium (*Plantago ovata* Forsk) fibres on the mechanical and physicochemical characteristics of plant-based sausages. *European Food Research and Technology*, 248, 2483–2496.

Noshad, M., Behbahani, B. A., Jooyandeh, H., Rahmati-Joneidabad, M., Hemmati Kaykha, M. E., & Sheikhjan, M. G. 2021. Utilization of *Plantago major* seed mucilage containing Citrus limon essential oil as an edible coating to improve shelf-life of buffalo meat under refrigeration conditions. *Food Science & Nutrition*, 9 (3), 1625-1639.

Otles, S. & Nakilcioglu-Tas, E. 2022. Cereal-Based Functional Foods. Chhikara, N., Panghal, A., Chaudhary, G. (Eds), *Functional Foods* (pp. 55-73) Massachusetts: Scrivener Publishing.

Patel, M. K., Tanna, B., Gupta, H., Mishra, A. & Jha, B. 2019. Physicochemical, scavenging and anti-proliferative analyses of polysaccharides extracted from psyllium (*Plantago ovata* Forssk) husk and seeds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 133, 190–201.

Ramos, N. J. S., Rocha, E. B. M., Gusmao, T. A. S., Nascimento, Lisboa, H. M. & de Gusmao, R. P. 2023. Optimizing gluten-free pasta quality: The impacts of transglutaminase

concentration and kneading time on cooking properties, nutritional value, and rheological characteristics. *LWT*, 189, 115485.

Ren, Y., Yakubov, G. E., Linter, B. R., MacNaughtan, W. & Foster, T. J. 2020. Temperature fractionation, physicochemical and rheological analysis of psyllium seed husk heteroxylan. *Food Hydrocolloids*, 104, 105737.

Shabbir, S. 2019. Psyllium the hidden super food of all times. *Journal of Nutraceuticals and Food Science*, 4, 1-2.

Shah, A. R., Sharma, P., Longvah, T., Gour, V. S., Kothari, S. L., Shah, Y. R., & Ganie, S. A. 2020a. Nutritional composition and health benefits of psyllium (*Plantago ovata*) husk and seed. *Nutrition Today*, 55 (6), 313-321.

Shah, A. R., Gour, V. S., Kothari, S. L., Sharma, P., Dar, K. B., & Ganie, S. A. 2020b. Antioxidant, nutritional, structural, thermal and physico-chemical properties of psyllium (*Plantago ovata*) seeds. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 8 (3), 727-743.

Singh, A., Benjakul, S., Prodpran, T. & Nuthong, P. 2021. Effect of psyllium (*Plantago ovata* Forsk) husk on characteristics, rheological and textural properties of threadfin bream surimi gel. *Foods*, 10 (6), 1181.

Singh, A., Sharma, K., Nuthong, P. & Benjakul, S. 2023. Use of psyllium husk powder: Effects on emulsion stabilised by fish muscle proteins and gel characteristics of fish tofu. *International Journal of Food Science and Technology*, 58, 4264-4276.

Siroli, L., Baldi, G., Soglia, F., Bukvicki, D., Patrignani, F., Petracci, M. & Lancioyyi, R. 2020. Use of essential oils to increase the safety and the quality of marinated pork loin. *Foods*, 9 (8), 987.

Sissons, M. 2022. Development of Novel Pasta Products with Evidence Based Impacts on Health-A Review. *Foods*, 11 (1), 123.

Souza, G., dos Santos, S., Bergamasco, R., Antigo, J. & Madrona, G. S. 2020. Antioxidant activity, extraction and application of psyllium mucilage in chocolate drink. *Nutrition and Food Science*, 50 (6), 1175-1185.

Staffolo, D. M., Sato, A. C. K. & Cunha, R. L. 2017. Utilization of plant dietary fibers to reinforce low-calorie dairy dessert structure. *Food and Bioprocess Technology*, 10, 914–925.

Tababaian, A., Najafi, A. & Nouri, L. 2022. Investigating the physicochemical and sensory properties of functional cupcake enriched with the combination of chia seed (*Salvia hispanica* L.) and psyllium husk (*Plantago ovate* L.) flour. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 19 (131), 261-273.

Van der Aart, P. J. M. & Vulto, J. C. 2012. Evolutionary status (chapter 2.1) Kuiper, P. J. C., Bos M. (Eds.), *Plantago: A multidisciplinary study* (pp. 4) Germany: Springer Science & Business.

Waleed, M., Saeed, F., Afzaal, M., Niaz, B., Raza, M. A., Hussain, M., Tufail, T., Rasheed, A., Ateeq H. & Jbawi, E. A. 2022. Structural and nutritional properties of psyllium husk arabinoxylans with special reference to their antioxidant potential. *International Journal of Food Properties*, 25 (1), 2505-2513.

Wojciechowicz-Budzisz, A., Pejcz, E., Szychaj, R. & Harasym, J. 2023. Mixed Psyllium fiber improves the quality, nutritional value, polyphenols and antioxidant activity of rye bread. *Foods*, 12 (19), 3534.

Yalçın, H., Gün, İ. & Soyuçok, A. 2022. Psyllium bezelye ve yulaf liflerinin depolama süresi boyunca ayranın fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26 (3), 336-348.

Yeganeh, P., Emamifar, A., Karami, M. & Salehi, F. 2023. Investigation on replacing egg with soy flour and Psyllium seed gum

in gluten-free rice cake. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 20 (143), 62-77.

Zajac, M. H. 2020. The properties of poultry batters depending on the amount of water and *Plantago ovata* husk. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 19 (4), 475-482.

Zhang, J., Wen, C., Zhang, H. & Duan, Y. 2019. Review of isolation, structural properties, chain conformation, and bioactivities of psyllium polysaccharides. *International Journal of Biological Macromolecules*, 139, 409–420.

Zhou, Y., Ma, L., Yu, Y., Zhu, H., Wang, H. & Zhang, Y. 2019. Effect of psyllium husk powder addition on quality of meat patties. *Journal of Food Science and Technology (Beijing)*, 37 (5), 42-49.

Zhu, Y., Ye, T., Jiang, S., Lin, L. & Lu, J. 2022. Effects of psyllium husk powder on the gel properties of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) surimi. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46, e16452.

Zokaityte, E., Siriakovaite, K., Starkute, V., Zavistanaviciute, P., Lele, V., Mozuriene, E., Klupsaite, D., Viskelis, P., Ruibys, R., Guiné, R. P. F. & Bartkiene, E. 2021. Characteristics of nutraceutical chewing candy formulations based on fermented milk permeate, psyllium husk, and apple by-products. *Foods*, 10 (4), 777.