

Glütenle İlişkili Rahatsızlıklar ve Glütensiz Ekmek Üretimi

Ayla ÜNVER ALÇAY

*İstanbul Aydın Üniversitesi, ABMYO. Gıda Teknolojisi Programı,
aylaalcay@aydin.edu.tr; <https://orcid.org/0000-0003-3254-155X>*

Farnoush AHMETOGLU

*İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gıda Güvenliği A.B.D.
f.ahmetoglu@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5250-1729>*

Geliş tarihi/Received: 23.12.2019

Kabul tarihi / Accepted: 27.05.2020

Öz

Yaşamın simgelerinden biri olan ekmek, insanoğlunun bilinen en eski ve önemli gıdalarındandır. Ülkemizde de ekmek, neredeyse kutsallık atfedilen bir besin olmaya devam etmekte ve tüketim miktarı bakımından dünyada ilk sıralarda yer almaktadır. Toplumların beslenmesi incelendiğinde ekmekte bulunan gluten, diyetle en fazla bulunan bileşenlerden biri olarak görülmektedir. Gluten, kaliteli ekmek üretimi için gerekli olan hamurun elastikiyet ve uzayabilirlik özelliklerinden sorumlu olan, görünüşü ve ekmek içi yapısına katkıda bulunan önemli bir faktördür. Bununla birlikte, yapılan çalışmalar incelendiğinde, son zamanlarda glutenin özellikle çeşitli klinik bozukluklara neden olduğu ve bazı rahatsızlıklara sebebiyet verdiği belirtilmektedir. Buna bağlı olarak glütensiz ürünler için pazar payı, dünya çapında artmaktadır. Bu çalışmada glutenle ilgili rahatsızlıklar hakkında bilgiler verilmiş; glütensiz ekmek üretimi konusunda yapılan araştırmaların sonuçlarına yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çölyak, ekmek, gluten, glutenle ilişkili rahatsızlıklar, glütensiz ekmek

Gluten-Related Disorders and Gluten-Free Bread Production

Abstract

Bread, one of the symbols of life, is one of the oldest and important food known to mankind. Our country, where bread continues to be a food almost attributed to sanctity, ranks first in the world in terms of bread consumption. As indicated by the researches on the nutrition of societies, gluten is found to be the most common component of diets. Gluten, which is essential for a quality bread, is an important factor responsible for the elasticity and stretchability of dough that contributes to bread's appearance and composition. However, recent studies revealed gluten to cause various clinical disorders and some diseases. Therefore, the market share for gluten-free products is increasing worldwide. This study incorporates information on gluten-related disorders the results of the researches on gluten-free bread production.

Keywords: *Celiac, gluten, gluten-related disorders, gluten-free bread.*

GİRİŞ

Tahıllar binlerce yıldır birçok kültürün ve uygarlığın beslenmesinin bir parçası olmuştur ve halen dünya çapında temel gıda maddeleri olarak bilinmektedir. Orta Asya'da yarı göçebe bir hayat süren ve büyük hayvan sürüleri olan Türkler, Anadolu'ya göçmeden önce et ağırlıklı bir beslenme tarzını benimsediklerinden buğday veya hububat ürünlerini yetiştirmiyorlar ve genellikle eti ekmezsiz olarak tüketiyorlardı (Özgüdenli ve Uzunağaç, 2014; Ögel, 2003). Türklerin bu beslenme alışkanlıklarının, Anadolu'ya göçleriyle birlikte zamanla değiştiği ve ekmeğin önemli bir besin haline geldiği görülmektedir. Anadolu'daki Türklerde ekmeğin çeşitleri içerisinde en çok tüketilen ve değerli bir ekmeğin çeşidi, buğday unundan yapılan ve "ak ekmeğin, hâs ekmeğin" olarak da bilinen "buğday ekmeği"dir (Özgüdenli ve Uzunağaç, 2014). İnsanların beslenme alışkanlıkları gün geçtikçe tüm dünyada ve ülkemizde değişmekle birlikte, tahıl ürünleri ve bundan yapılan ekmekler en önemli besin kaynağı olmaya devam etmektedir. Bu nedenle ekmeğin içeriğinde bulunan glüten, özellikle Avrupa kökenli olanlar ile birlikte genel olarak toplumların beslenmesi için en bol bulunan diyet bileşenlerinden biridir.

Buğday tanesi %8 - %15 protein içermektedir. Bu içeriğin %10 - %15'i albümin / globülin ve %85 - %90'ı glütenden oluşur (Wieser, 2007). Glüten, kaliteli ekmeğin üretimi için gerekli olan hamurun elastikiyet ve uzayabilirlik özelliklerinden sorumlu olan, görünüşü ve ekmeğin içi yapısına katkıda bulunan başlıca proteindir (Özüğür ve Hayta, 2011). Glüten, birtakım farklı proteinlerin kombinasyonudur ve bu proteinler, iki fraksiyondan oluşmaktadır. Bunlar, monomerik prolaminler (gliadin) ve polimerik glüteninlerdir. Prolaminler; buğdayda gliadinler, çavdarda sekalinler, arpada hordeinler, yulafta aveninler ve mısırdaki ise zeinler olarak adlandırılmaktadırlar (Ciclitira, Ellis ve Lundin, 2005).

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda, glütene ilgili çeşitli klinik bozukluklara daha fazla rastlanılmakta ve tahılların da bazı rahatsızlıklara sebebiyet verdiği belirtilmektedir. Bu rahatsızlıklarda, günümüzde mevcut tek tedavi; glüten bileşeni içeren yiyeceklerin, beslenmeden çıkarılması ve kalıcı bir glütensiz diyet oluşturulmasıdır (Schober, 2009). Glütensiz unlu gıda maddeleri, formülasyonlarda kullanılan alternatif bileşenlerin zayıf fonksiyonel ve

besinsel özelliklere sahip olması nedeniyle, teknoloji uzmanları ve beslenme uzmanları için bir zorluktur. Glütensiz ürünler, glüten içeren eşdeğer ürünlere kıyasla dokusal, besleyici ve duyuşal özelliklerden yoksundur (Gallagher ve Gormley, 2002; Cauvain, 2015; Schober, Messerschmidt, Bean, Park, Arendt, 2005; Moore, Schober, Dockery, Arendt, 2004). Pazara kaliteli ürünler sunmak için, araştırma ve geliştirme çalışmaları devam etmektedir.

Bu derlemenin amacı glüten proteini, glütenle ilgili rahatsızlıklar ve glütensiz ekmek üretimi konusunda yapılan araştırmalar konusunda bilgi vermektir.

Glüten ile İlgili Rahatsızlıklar

Glüten ile ilgili rahatsızlıklar Sapone vd. (2012) tarafından otoimmün, alerjik ve otoömmün ve alerjik olmayanlar olmak üzere üç başlık altında incelenmiştir. Çölyak, glüten ataksi, dermatitis herpetiformis otoimmün rahatsızlıkları oluşturmaktadır. Gıda alerjisi, solunumsal alerji, bağdaya bağımlı egzersiz alerjisi ve kontak ürtiker ise alerjik rahatsızlıklar kapsamındadır. Glüten hassasiyeti bunların dışında olup otoimmün ve alerjik olmayanlar kategorisinde ele alınmıştır.

Buğday alerjisi: Buğday proteinlerine karşı bir immünolojik reaksiyon olarak tanımlanır. Cildi, gastrointestinal sistemi veya solunum sistemini etkileyebilen klasik gıda alerjisi olarak sınıflandırılır; mesleki astım (fırıncı astımı), rinit ve ürtiker bunların arasında sayılabilir. Yetişkinlerde, buğdaylara karşı duyarlılık prevalansı (IgE ile değerlendirilmiştir) <math><1-3\%>>3</math> aralığında bildirilmiştir (Vierk, Koehler, Fein, Street, 2007; Zuidmeer vd., 2008). Roma İmparatorluğu'nun zamanından beri bilinen fıırıncı astımı ve riniti, buğday ve tahıl unu ve tozlarının solunmasına karşı alerjik tepkilerdir.

IgE'nin aracılık ettiği buğday alerjisinin teşhisi, buğday için spesifik IgE'nin saptanmasına ve oral gıda alımı denemelerine dayanır (Tatham, 2008).

Buğday bağı egzersizle tetiklenen anafilaksi (WDEIA): Buğday alımı ile birlikte kofaktörlerle eşlik etmesiyle ortaya çıkan nadir, ancak potansiyel olarak şiddetli bir gıda alerjisidir. Klinik olarak ürtiker ve anjiyoödemden dispne, hipotansiyon, kollaps ve şoka kadar değışen anafilaktik reaksiyonlarla karakterize edilir. WDEIA genellikle buğday ürünleri yutulduktan ve ardından fiziksel egzersizden sonra gelişir. Diğerkofaktörlerasetilsalisilik asit ve diğerk steroid olmayan anti enflamatuar ilaçlar, alkol ve enfeksiyonlardır. Glütensiz bir diyet, WDEIA'nın önlemesi için en güvenilir yoldur (Scherf, Brockow, Biedermann, Koehler ve Wieser, 2016).

Çölyak hastalığı (ÇH): Prevalans çalışmaları çölyak hastalığının normal popülasyonun %1'ini etkilediğini göstermiştir (Fasano ve Catassi, 2001). Başlangıçta çocukluk çağının nadir görülen bir emilim bozukluğu sendromu olarak kabul edilen çölyak, artık her yaşta teşhis edilebilecek ve birçok organ sistemini etkileyen yaygın bir durum olarak kabul edilmektedir (Green ve Cellier, 2007).

Çölyak hastalığı otoimmün bir enteropatidir ki genetik olarak glütene karşı bir immün reaksiyon, duyarlı bireylerde ortaya çıkar; sindirim ve emilim sürecinde bozulma ile kronik intestinal villusun enflamasyonu ve atrofisi ile karakterizedir (Mendoza, 2005; Nijeboer, Bontkes, Mulder, Bouma, 2013). Yapılan çalışmalar sonucunda çölyak hastaları için gliadin fraksiyonunun, glütenin fraksiyonuna göre daha toksik olduğu belirlenmiştir (Olgun vd., 2013).

Hastalığın nedenini, glüten proteininin, gliadin adlı alt fraksiyonudur (Gallagher, Gormley ve Arendt, 2004; Mendoza, 2005). İnce bağırsaktaki tahribat, malabsorpsiyonla ilişkili olan veya olmayan ortak gastrointestinal semptomlara (distansiyon ve bağırsak alışkanlıklarına) neden olabilir (Catassi vd., 1999). Çölyak hastalığının klinik semptomları heterojendir ve ishal, kilo kaybı ve yetersiz beslenmeyle ilişkili “klasik” sendromdan, mikrobelerin selektif emilim bozukluğuna (demir, B₁₂ vitamini, kalsiyum) kadar değişir (Olgun vd., 2013). Bu olaylar bağırsak semptomlarına ve ince bağırsak kanseri, osteoporoz, kısırlık, yorgunluk, diğer otoimmün hastalıklara, eklem ağrısına ve kronik hastalıklara duyarlılık gibi uzun vadeli komplikasyonlara katkıda bulunur (Haines, Anderson ve Gibson, 2008). Çölyaklı hastalarda hasarlı bağırsak villusleri laktaz enzimi üretmemesinden dolayı bu hastalar arasında laktoz intoleransı da görülebilmektedir. Genetik yatkınlık ÇH’de anahtar rol oynamaktadır ve katılan genlerin tanımlanmasında son zamanlarda önemli ilerleme kaydedilmiştir. Çölyak teşhisi koymak için özellikle antikorların varlığı, genetik unsurlar ve enteropatinin (bağırsak patolojisi) gösterilmesi gerekir (Nijeboer vd, 2013).

Glüten ataksi: Glüten ataksi, glüten duyarlılığının en sık görülen nörolojik tezahürüdür ve genetik olarak duyarlı bireylerde glütenin alınması ile tetiklenen immün aracılı bir hastalıktır. Çölyak hastalığında serebellar ataksi, en sık görülen nörolojik semptomları temsil eder (Pellecchia vd., 1999). Kolayca bulunabilen ve hassas glüten ataksi belirteçleri arasında anti gliadin antikorları bulunur. Glüten ataksisi saptandığında yapılması gereken, diyetten glüten içeren gıdaların çıkarılmasıdır

(Hadjivassiliou, Davies-Jones, Sanders, Grünewald, 2003).

Dermatit herpetiformis (DH): Glüten duyarlılığında, ince bağırsak belirtileri dışında, deri tutulumuna bağlı kaşıntılı veziküler döküntü (dermatitis herpetiformis), 1966’dan beri ayrı bir semptom olarak kabul edilmiştir (Marks, Shuster, Watson, 1966). Dermatitis herpetiformisli hastaların çoğunluğu, duodenal biyopside enteropatiye sahiptir, ancak çölyak hastalığının aksine, gastrointestinal semptomlar nadiren ortaya çıkmaktadır (Hadjivassiliou vd., 2003). Tipik olarak, hastalık dirseklerde, dizlerde ve kalçalarda kaşıntılı papüller ve veziküller ile kendini göstermekte ve açık gastrointestinal semptomlar nadir olarak görülmektedir (Mendoza, 2005; Schober, 2009). DH’nin bugüne kadar bildirilen en yüksek prevalansı yüzde yetmişbeştir. ÇH görülme sıklığı son on yılda dört kat artmış, ancak DH insidansı azalmaktadır. Üstelik ÇH’nin aksine DH, erkekler arasında biraz daha yaygındır ve her yaşta görülebilmektedir (Salmi, Hervonen, Kautiainen, Collin ve Reunala, 2011; West, Fleming, Tata, Card ve Crooks 2014). DH tanısı, papiller dermisteki patognomonik granüler IgA birikimlerinin doğrudan immüno floresansı ile gösterilmesine dayanır (Maglie vd., 2019).

Non-çölyak glüten hassasiyeti (NÇGH): Non-çölyak glüten hassasiyeti yaygınlığının, ÇH prevalansından daha yüksek olabileceği düşünülmektedir. NÇGH, bağırsak semptomları (ishal, karın rahatsızlığı veya ağrı, şişkinlik vb.) veya ekstraintestinal semptomlar (baş ağrısı, uyuşukluk, dikkat eksikliği / hiperaktivite bozukluğu, ataksi veya tekrarlayan oral ülserasyon gibi) ile karakterize edilebilir (Boettcher ve Crowe, 2013; Di Sabatino ve Corazza, 2012). ÇH ve

buğday alerjisi teşhisi konulmamış hastalarda, gluten içerikli gıdaların yenilmesiyle mide ve barsakla ilgili semptomların oluşması üzerine bu gıdaların bir süre tüketilmemesi durumunda semptomların oluşmaması veya gerilemesi ile kişilere NÇGH hastalığı teşhisi konulabilmektedir.

Glütensiz Diyet

Glütene bağlı rahatsızlıklardan muzdarip insanlar için günümüzün tek tedavi yöntemi; hasta yaşamından ömür boyu gluten içeren tüm besinlerin ve ürünün kullanılmasından kaçınmaktır. Dolayısıyla bu hastaların buğday, çavdar, arpa ve yulaf içeren tüm gıdaları tüketmemeleri gerekir. Glütensiz diyet mısır, pirinç ve soya toksik olmayıp, gluten içeren tahılların yerine kullanılabilirler (Sanchez, Osella, De La Torre, 2002; Gallagher ve Gormley, 2002; De Frutos, Fotschki, Musoles, Llopis, 2019). Glütensiz yiyecek ürünleri ve içecekler; gluten içermeyen hammaddelerden yapılmış ürünler ve 20 mg/kg'nin altında bir nihai gluten içeriği elde etmek için işlenmiş gluten içeren ürünler olarak iki farklı gruba ayrılmaktadır. Codex Alimentarius, glütensiz ürünlerde maksimum 20 mg/kg gluten seviyesini belirlemiştir (Codex Standard 118-1979, 2008).

Glütensiz diyetle ilgili kalmak, birkaç sebepten dolayı zor olabilir. İlk olarak, yiyecek ve içecek seçenekleri esas olarak sınırlıdır, çünkü tahıllar özellikle batı ülkelerinin temel gıdalarıdır ve beslenmede baskın bir rol oynamaktadır. Ayrıca, çok çeşitli işlem görmüş gıdalar, ek öğeler olarak gluten bazlı ürünler içermektedir. Glütensiz diyet; B vitamini, kalsiyum, D vitamini, demir, çinko, magnezyum ve diyetel lif yetersizliği önemli bir husustur (Arendt, Morrissey, Moore, Dal Bello, 2008). Bu nedenle, glütensiz bir diyetle

bağlı olan hastaların, özellikle diyetel lif alımı ile ilgili, dengeli bir şekilde beslenip beslenmedikleri konusunda hala belirsizlikler ve bilgi yetersizlikleri vardır (Thompson, 2009).

Glütensiz beslenmek zorunda olan hastalar için dışarıda yemek yemek, oldukça sıkıntılı bir durum haline gelmektedir. Ülkemizde büyükşehirlerde, menüsüne glütensiz gıdaları ve yemekleri dahil eden restoranlar ve kafeler bulunmakla birlikte, sayıları oldukça azdır. Glütensiz gıda maddelerinde, ürünün adı ile birlikte ambalaj renginden farklı bir renkte "glütensiz" ifadesi bulunmaktadır. Restoran ve kafelerde de benzeri bir uygulama yapılması veya tüm yemeklerin ve diğer ürünlerin içeriklerinin eksiksiz olarak müşterinin görebileceği şekilde ilan edilmesi de çölyak hastaları, birçok gıda alerjisi ve intoleransı sorunu olan kişiler için faydalı olacaktır.

Glütensiz Ekmek Üretimi

Üç boyutlu bir protein ağı oluşturmak olan glutenin görevi, glütensiz pişirmede diğer malzemeler tarafından üstlenilmelidir. Glütensiz ekmek üretimi öncelikle glütensiz un veya nişasta gerektirir. Mısır nişastası ve pirinç unu (Asya orijinli *Oryza sativa* ve Afrikada yetiştirilen *Oryza glaberrima*) bu amaçla en çok kullanılan hammaddelerden olmanın yanı sıra darı ve sorgum da kullanılabilir. Ayrıca son yıllarda, piyasada glütensiz buğday nişastası da bulunabilmektedir. Deneysel bir un karışım tasarımı ile pirinç unu, mısır nişastası ve buğday nişastası karışımlarını optimize etmek amacıyla yapılan bir araştırmada buğday nişastasının ekmekleri genel olarak daha iyi kabul edilebilirliğe ve mısır nişastası ekmeğinden daha büyük bir hacime sahip olduğu belirlenmiştir. Duyusal kabul edilebilirlik için en yüksek değer, 59 g / 100

g pirinç unu ve 41 g / 100 g buğday nişastası karışımı ile üretilen ekmeğe karşılık gelmiştir (Mancebo, Merino, Martínez, Gómez, 2015).

Glütensiz tahıllar yanında nohut, fasulye, soya fasulyesi gibi baklagillerden yapılan unlar, manyok, nişasta, kestane, Hindistan cevizi, keten tohumu ve muzdan elde edilen unlar da katkı maddesi olarak kullanılır. Glütensiz ekmek üretimi amacıyla mısır nişastası, manyok nişastası ve pirinç unu oranları, Sanchez vd., (2002) tarafından optimize edilmiştir. Optimal formülasyon mısır nişastası (%74,2), pirinç unu (%17,2) ve manyok nişastası (%8,6) olarak hesaplanmıştır. Soya unu (%0,5) eklenmesinin, kırıntı tahıl skorunu ve toplam ekmek skorunu önemli ölçüde arttırdığı bulunmuştur. Ayrıca, büyük gaz hücrelerinin anormalliği ve sonuçta ortaya çıkan yüksek spesifik hacim, soya unu ilavesiyle düzeltilebilmiştir.

Glütensiz hazırlanan hamurların buğday hamuruna göre daha az elastik ve yapışkan olması önemli bir handikaptır. Bu da doku ve kabuk problemi olan ekmek üretimi ile sonuçlanmaktadır (Schober, 2009). Glütensiz ekmeklerde yapı oluşturucu ajanlar olarak bir araştırmada, albümin, kollajen, bezelye, lupin ve soya denenmiştir (Ziobro, Juszczak, Witczak, Korus, 2016). Bunların ilavesi, hamurun reolojik özellikleri ve ekmeğin hacminde çeşitli etkiler yaratmıştır. Soya ve bezelye proteini ile pişmiş somun hacimlerinin daha küçük, albümin eklenenler ise kontrol grubundan önemli ölçüde büyük olarak saptanmıştır. Glütensiz proteinin varlığı, kırıntı yapısında değişikliklere neden olmuştur (yüksek gözeneklilik, hücre yoğunluğunda azalma, çapı 5 mm'nin üzerinde gözeneklerin sayısı) ve rengi genellikle sadece nişasta bazlı ekmeğinkinden daha koyu olmuştur. En az tüketici kabulü soya proteini ile pişmiş

ekmek için tespit edilmiştir. Bezelye ve acı bakla müstahzarlarının varlığı, nihai ürünün duyu parametrelerini iyileştirmiş, kontrol ile karşılaştırıldığında daha kabul edilebilir renk ve koku sunarken, soya eklenmesi analiz edilen tüm tüketici puanlarının düşmesine neden olmuştur. Protein eklenmesi, ekmek depolama sırasında ekmek sertliğinde ve retrograded amilopektinin entalitesinde bir artışa neden olmuştur.

Nohut proteini, glütensiz ekmek hacmini artıran iyi emülsifiye edici özelliklere sahiptir. Pirinç unu ile karşılaştırıldığında, nohut unu içeren karışımlar yüksek protein ve yağ içeriği, düşük bir bozulma eğilimi ve kullanımları için faydalı olabilecek daha yüksek bir köpüklenme kapasitesi ve kararlılığı sergilemiştir. Nohut unlarının katılması da pirinç esaslı hamurların viskoz ve elastik modüllerinde bir artışa ve bu da hamurun iyi bir şekilde yapılandırılmasına neden olmuştur (Kahraman, Harsa, Lucisano, Cappa, 2018).

Ekmek yapımında ve raf ömründe ticari glütensiz karışımlara kestane unu ilavesi incelenmiştir. Teknolojik ve besleyici olarak geliştirilmiş ekmekler üretmek için kestane unu ile zenginleştirilmiş ticari glütensiz iki karışımla (20 g / 100 g ve 10 g / 100 g) hazırlanan glütensiz ekmekler daha koyu bir renk sunmuştur. Ayrıca bu ekmeklerin lif içeriği ve antioksidan aktivitesi daha yüksek bulunmuştur. Tüm örneklerde nişasta sindirilebilirliği açısından bir fark gözlenmemiştir (Paciulli, Rinaldi, Cirlini, Scazzino, Chiavaro, 2016).

Ekşi maya fermentasyonunu üzerine yapılan bir araştırmada kestane unu ile zenginleştirilmiş glütensiz unla yapılan ekmeklerin rengi daha koyu, sonun hacmi daha düşük bulunmuştur

(Rinaldi, Paciulli, Caligiani, Scazzina ve Chiavaro, 2017).

Glütensiz unlu mamul üretimi için yalancı tahıllar olarak bilinen kinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus* L., *Amaranthus cruentus* L. ve *Amaranthus hypochondriacus*) ve kara buğday (*Fagopyrum esculentum* ve *Fagopyrum tartaricum*) da bütün veya öğütülmüş olarak formülasyonlarda yer almaktadır (Sanchez vd., 2002).

Güney Amerika'da çok eskiden beri yetiştirilen ve oldukça besleyici bir ürün olan kinoaya (*Chenopodium quinoa*) dünya çapında artan bir ilgi gösterilmektedir. Kinoa tohumları, yüksek protein ve yağ seviyelerine ve yüksek oranda kepeğe sahiptir. Kinoa'nın yaygın kullanımını sınırlandırabilecek yönlerden biri, tohumların dış tabakasında bulunan nispeten yüksek miktarda saponindir (Sanchez vd., 2002; De Frutos vd., 2019).

Amaranth tohumları, fitokimyasallar ve antioksidanların önemli kaynakları olduğu için yüksek nutrasötik değere sahiptir. Amaranth nişastasının en dikkate değer özelliklerinden biri yiyeceğe eşsiz fonksiyonel özellikler sağlayan, çok yüksek su emme kapasitesi sergileyen çok küçük (0,75–3 µm) granüller yapısıdır (Caselato-Sousa ve Amaya-Farfán, 2012). Gambus, Gambus ve Sabat, (2002) glütensiz ekmeklerin protein ve lif içeriğini geliştirmek için mısır nişastasının yerini amaranth unuyla değiştirmiş; %10'luk bir ikame seviyesinde, protein ve lif seviyeleri sırasıyla %32 ve %152 artarken, duyu kalitenin etkilenmediğini saptamışlardır.

Karabuğdayın (*Fagopyrum esculentum* Moench) antitümör, antioksidan, antiinflamatuvar, hepatoprotektif ve

antidiyabetik gibi olumlu farmakolojik etkileri bilinmektedir (Jing vd., 2016). Buğdaydan daha besleyici olarak uygun bir amino asit profili sergiler. Diğer glütensiz tahıllar ve yalancı tahıllarla karşılaştırıldığında, karabuğday daha az yağ içerir (~ 2-3 gr/100 gr) (Aubrecht ve Biacs, 2001). Karabuğdayın suyu tutma kapasitesi, buğday ve mısır nişastasıninkinden daha yüksektir. Diğer tahıllara benzer şekilde, karabuğday tohumları, özellikle kuersetin ve rutin, tokoferoller, fenoller ve flavonoidler gibi iyi bir antioksidan kaynağıdır. Karabuğday tohumlarında tanımlanan diğer biyoaktif bileşikler, glikoz kan seviyelerini ve kan basıncını düşüren insülin duyarlılığında önemli bir rol oynayan D-chiro-inositol, myo-inositol ve fagopyritollerdir.

Besleyici özellikleri nedeniyle son yıllarda popüler olan chia tohumları da glütensiz ekmek formülasyonlarında denenmiştir. Fiziksel özellikler ve görsel görünüm için tek başına chia ununun ekmek üretimi için uygun olmadığı gösterilmiştir. Bununla birlikte pirinç unu ile birlikte %14'e kadar chia unu kullanmak mümkün olabilmektedir. Ancak oran arttıkça hacim ve nem oranında azalma kaydedilmiştir; buna karşın kül, lipid, protein ve diyet lifi seviyelerini arttırmıştır (Sandri, Santos, Fratelli ve Capriles, 2017).

Yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve yeni gıda maddeleri, geleneksel unlu mamuller ve ekmek üretimi için alternatifler bulma yönünde ve glütensiz un, nişasta, hidrokolloid kullanımı bu zorlukların üstesinden gelmeyi mümkün kılacaktır. Özellikle, gaz bağlama kapasitesinin değiştirilmesi ve nişasta jelinin pişirme sırasındaki stabilizasyonu, bu hedeflere ulaşmada çok önemlidir (Cauvain, 2015). Doğal sentetik ve biyoteknolojik hidrokolloidler, yüksek su bağlama kapasiteleri

ve yapı oluşturma kapasitesine sahiptir. Glütene yerini alabilecek diğer yollar, gıda proteinleri, soya fasulyesi, yumurta ya da süt vb. kullanımınıdır (Gallagher vd., 2004). Ayrıca enzimlerin kullanılması, raf ömrü uzatması ve kalitesi için gereken glütensiz hamurun işlevselliğini yükseltebilir (Rosell, 2009).

Glütensiz ekmek pişirmede, hidrokolloidler bitki kökenli ve kimyasal sentetik olanlar olarak sınıflandırılabilir. Bitki kökenli olanlar agar-agar ve karragen gibi deniz yosunlarından, pektin ve yulaf β -glukan gibi ekstrakte edilmiş bitki, arap zamkı ve kitre gibi bitki özsu zamkı, guar zamkı ve psilyum, nişastalar ve modifiye nişastalar ve konjak benzeri diğer doğal hidrokolloidler olarak sayılabilir. Bu hidrokolloidlerin yanında, hidroksipropil metilselüloz (HPMC), karboksimetilselüloz (CMC) ve metilselüloz (MC) gibi kimyasal veya biyokimyasal olarak sentezlenmiş selüloz türevleri ve ksantan ve proteinler gibi mikrobiyal biyosentetik hidrokolloidler, mikrobiyal biyosentetik hidrokolloidler, kazein, soya proteini ve yumurta albümini de kullanılır (Houben, Höchstätter and Becker, 2012).

Kang, Choi ve Choi (1997), hidroksipropilmetilselüloz (HPMC), keçiyoynuzu zamkı, guar zamkı, karageenan, ksantan zamkı ve agarı içeren birçok sakız tipinin, HPMC'nin optimum hacim genişlemesine neden olduğu başarılı bir pirinç ekmeği oluşumu verdiğini göstermiştir. Gan, Rafael, Cato ve Small (2001), HPMC (%1,7) ve karboksimetilselülozun (CMC) (%0,4), glüten yerine, 50:50 buğday unu içindeki guar zamkından (%0,7) daha iyi ekmek özellikleri verdiğini belirlemişlerdir. Cato, Rafael, Gan, Small (2002), ince beyaz ve öğütülmüş pirinç unlarının CMC (%0,8) ve HPMC (%3,3) ile

kullanıldığında iyi kalitede glütensiz ekmek verdiğini tespit etmişlerdir.

Acs, Kovacs ve Matuz (1996), mısır nişastası bazlı glütensiz ekmek formülasyonlarında glüten yerine farklı bağlayıcı ajanların (ksantan, guar zamkı, keçiyoynuzu zamkı ve tragant) kullanımını araştırmışlardır. Bu araştırmada, bağlayıcı ajanların hepsi somun hacminde büyük bir artışa neden olmuş; ksantan zamkı içeren formülasyonla (%1-3 arasında seviyelerde) en yüksek kalitede glütensiz ekmek edilmiştir.

Glütensiz gıdalarının düşük miktarda vitamin (B ve D vitaminleri), mineraller (kalsiyum, demir, çinko ve magnezyum) ve lif içerdiği, rapor edilmiştir (Wierdsma, Berkenpas, Mulder ve Van Bodegraven, 2013). Glütensiz bir diyetin obezite ve metabolik hastalık geliştirme riski yüksektir (Kabbani vd., 2012). Bu nedenle, glütensiz pişmiş ürünlerin diyet lifleriyle zenginleştirilmesi bir araştırma konusu olmuştur. Glütensiz ekmek formülasyonda, yalancı tahıl ve yulaf kullanımı ürünlerdeki diyet lifini artırır. Toplam diyet lifi yulaf/ yulaf kepeğinde, diğer glütensiz unlara kıyasla daha yüksektir ama glütensiz ürünlerde yulaf bazı gliadin fraksiyonunu içerdiğinden dolayı, yulaf kullanımı tartışma konusu olmaktadır.

İnülin, bir diyet lifi olarak sınıflandırılan sindirilemeyen bir polisakarittir. Aynı zamanda, kolondaki "sağlıklı" bakteri üremesini teşvik ederek bir prebiyotik görevi görür (Gibson ve Roberfroid, 1995). Buğday ekmeği yapımında kullanıldığında hamur stabilitesini iyileştirdiği, somun hacmini ve dilimleme kabiliyetini artırdığı bilinmektedir. Gallagher vd. (2004)'in araştırmasında, buğday nişastası bazlı formülasyonlara inülinin (%8) dahil edilmesinden sonra hazırlanan glütensiz

ekmeğin, diyet lifi içeriğinin %1,4'ten (kontrol) %7,5'e yükseldiği ve kabuk renginin koyulaştığı bildirilmiştir.

Toz halindeki süt ürünleri lezzet ve doku özelliklerinin iyileştirilmesinin yanı sıra beslenme ve fonksiyonel kaliteyi arttırmak için fırıncılık ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Süt tozu ve peynir altı suyu proteini, glutensiz ekmeklerin formülasyonu için de kullanılmıştır. Özellikle düşük laktoz içeren süt tozlarının (sodyum kazeinat, süt proteini izolatu) ekmeklerde başarılı olduğu bildirilmiştir (Gallagher, Gormley, Arendt, 2003).

Laktik asit bakterileri tarafından üretilen ekzopolisakaritler tipik olarak ticari hidrokolloidlere veya zamklara benzer fizyokimyasal özellikler sergileyen, yani bir ağ oluşturma ve yüksek su bağlama kabiliyetine sahip moleküler ağırlıklı polimerlerdir. Laktik asit bakteri ekzopolisakaritlerinin gluten içeren fırıncılık ürünlerin kalitesini, özellikle de somun hacmini ve raf ömrünü artırma potansiyeline sahip olduğu bulunmaktadır. Bu kabiliyetlerini glutensiz ekmek kalitesinin iyileştirilmesinde de göstermişlerdir (Lynch, Coffey, Arendt, 2018).

Hamur mayalanma işlemi sırasında proteolitik faaliyet serbest amino asitlerin salınması ile sonuçlanmakta; ekşi mayalı hamurlardaki serbest aminoasit miktarı klasik fırıncı mayası ile hazırlanan hamurlardakinden çok daha yüksek olmaktadır (ekşi hamur mayası, fırıncı mayasına kıyasla büyük miktarda serbest amino asit (FAA) artışıyla sonuçlanmaktadır (Gobbetti, 1998; Gobbetti vd., 2005; Thiele vd., 2002). Ekşi hamur, her hamura özgü laktik asit bakterisi topluluklarını barındırdığı için benzersiz bir gıda ekosistemi olarak kabul

edilmektedir. Mikrobiyolojik çalışmalar, 50'den fazla LAB türünün ve özellikle *Saccharomyces* ve *Candida* cinsine ait 25'ten fazla maya türünün olgun ekşi mayalarda bulunduğu göstermiştir (De Vuyst ve Neysens, 2005). *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus paralimentarius*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pontis* geleneksel hamur mayalarından izole edilen başlıca laktobasillerdir. Mikroorganizmaların (özellikle bazı mantar ve LAB) proteazlarından yararlanılarak undaki mevcut glutenin parçalanarak çölyak hastaları için güvenli ürünler üretilebileceği ileri sürülmüş; tahıl unu içindeki glutenin tamamen parçalanması için onları ekşi mayalama esasına dayanan yeni biyoteknoloji yöntemleri önerilmiştir (Nionelli ve Rizzello, 2016). Günümüzde hamur ticari mayalar kullanarak ve hızlandırılmış yöntemlerle üretilmektedir. Bu teknolojik koşullar altında, tahıl bileşenleri (örneğin proteinler), üretim sırasında hiç ya da kısmen bozulmaya maruz kalmaktadır. Dolayısıyla geleneksel ve ekşi hamur mayası pişmiş ürünlere kıyasla daha az sindirilebilirliğe sahiptirler (De Vuyst ve Vancanneyt, 2005).

Günümüzde buğday ununda gluteni tamamen hidrolize eden yeni bir biyoteknoloji süreçler optimize edilmiş gıda endüstrisi ve tüketiciler için yeni seçenekler oluşturmaktadır (Di Cagno, Rizzello, Gobbetti, 2014; Rizzello, Montemurro ve Cobbetti, 2016). Diğer taraftan gliadin içeriği düşük buğday çeşitleri ile de çalışmalar sürdürülmektedir. Düşük gliadin buğday çeşitleriyle hazırlanan ekmeklerin, normal buğday ile benzer ekmek yapım kalitesi özellikleri gösterdiği bildirilmiştir (Gil-Humanes vd., 2014). Ülkemizde siyez buğdayı olarak bilinen *Triticum monococcum*, çölyak hastalığıyla direkt ilişkisi olan α -gliadin 33-mer peptidi daha az içermesi nedeniyle

önem kazanmıştır (Adıgüzel, 2019). Tamamen gliadin içermeyen bir buğday çeşidinin üretimi, seçme veya hibridizasyon gibi geleneksel ıslah teknikleriyle mümkün değildir. Ancak genetiğin değiştirilmesi üzerine çalışmalarla bu mümkün olabilecektir.

SONUÇ

Glüten duyarlılığına karşın en uygun ve en güvenli yöntem ömür boyu glütensiz bir diyetle beslenmeyi sürdürmektir. Glütene karşı rahatsızlık duyan ve bu nedenden dolayı ömür boyu glütensiz ürünleri tüketmek zorunda kalan bireylerin yaşam kalitesini yükseltmek ve yemek yerken kendilerini “normal” hissetmelerini sağlamak adına yiyecek alternatiflerini arttırmak ve glütensiz ürünlerin yaygınlaşmasını sağlamak gerekmektedir. Çölyak hastalığı olmayan kişiler tarafından da glütensiz ürünlere yönelik bir talep artışı vardır. Bütün bunlar AR-GE çalışmalarının hızını artırmıştır. Glütensiz ürünler geliştirirken besleyici özelliklerinin de iyileştirilmesi de ihmal edilmemesi gereken bir konudur.

Diğer taraftan glüten herkes için zararlı bir besin ögesi değildir ve diğer besin ögeleri gibi (vitamin, mineral, protein, yağ, nişasta) gerekli miktarlarda tüketilmelidir. Glütene ilgili bir hastalık teşhisi olmayan sağlıklı insanların sırf kronik hastalıklardan korunmak için glütensiz diyet uygulamalarının bilimsel bir dayanağı bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

Acs, E., Kovacs, Z., Matuz, J. (1996). Bread from corn starch for dietetic purposes. *I. Structure formation. Cereal Research Communications*, 24(4), 441-449.

Adıgüzel, E. (2019). Siyez Buğdayı (Triticum monococcum) Çölyak Hastaları İçin Alternatif Olabilir mi? *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 28, 27-32.

Arendt, E.K., Morrissey, A., Moore, M.M., Dal Bello, F. (2008). Gluten-free breads. In: Arendt E.K., Dal Bello, F. (Eds.), *Gluten-Free Cereal Products and Beverages*, (pp.289-319). London: Academic Press.

Aubrecht, E., Biacs, P.Á. (2001). Characterization of buckwheat grain proteins and its products. *Acta Alimentaria*, 30: 71-80.

Boettcher, E., Crowe, S. E. (2013). Dietary proteins and functional gastrointestinal disorders. *The American Journal of Gastroenterology*, 108(5), 728-736

Caselato-Sousa, V.M., Amaya-Farfán, J. (2012). State of knowledge on amaranth grain: a comprehensive review. *Journal of Food Science*, 77(4), 93-104.

Catassi, C., Ratsch, I. M., Gandolfi, L., Pratesi, R., Fabiani, E., El Asmar, R., Frijia, M., Bearzi, I., Vizzoni, L. (1999). Why is coeliac disease endemic in the people of the Sahara? *The Lancet*, 354(9179), 647-648.

Cato, L., Rafael, L. G. B., Gan, J., Small, D. M. (2002). The use of rice flour and hydrocolloid gums for gluten free breads. 51st Australian Cereal Chemistry Conference. Melbourne, Australia (pp. 304-308).

Cauvain, S.P. (2015). Technology of Breadmaking. Third Edition. Switzerland: Springer International Publishing AG.

Ciclitira, P. J., Ellis, H. J., Lundin, K. E. (2005). Gluten-free diet—what is toxic? *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 19(3), 359-371.

De Frutos M.F., Fotschki B., Musoles R.F., Llopis J.M.L. (2019). Gluten-Free Cereals and Pseudocereals: Nutrition and Health. In: Mérillon, J.M., Ramawat, K. (Eds) *Bioactive Molecules in Food*, (pp.847-864) Reference Series in Phytochemistry. Cham: Springer.

- De Vuyst, L., Neysens, P. (2005).** The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1-3), 43-56.
- Di Cagno, R., Rizzello, C.G., Gobbetti, M. (2014).** Adverse reactions to gluten: Exploitation of sourdough fermentation. In Watson R.R., Preedy V., Ziboli S. (Eds), *Wheat and Rice in Disease Prevention and Health* (pp. 171-177). Cambridge: Academic Press.
- Di Sabatino, A., Corazza, G. R. (2012).** Nonceliac gluten sensitivity: sense or sensibility? *Annals of Internal Medicine*, 156(4), 309-311.
- Fasano, A., Catassi, C. (2001).** Current approaches to diagnosis and treatment of celiac disease: an evolving spectrum. *Gastroenterology*, 120(3), 636-651.
- Gallagher, E., Gormley, T. R. (2002).** The quality of gluten free breads produced at retail outlets. Research report. The National Food Centre, Dublin.
- Gallagher, E., Gormley, T. R., Arendt, E. K. (2003).** Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *Journal of Food Engineering*, 56(2-3), 153-161.
- Gallagher, E., Gormley, T. R., Arendt, E. K. (2004).** Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology*, 15(3-4), 143-152.
- Gambus, H., Gambus, F., Sabat, R. (2002).** The research on quality improvement of gluten-free bread by amaranthus flour addition. *Zywnosc*, 9(2), 99-112.
- Gan, J., Rafael, L. G. B., Cato, L., Small, D. M. (2001).** Evaluation of the potential of different rice flours in bakery formulations. 51st Australian Cereal Chemistry Conference. Melbourne, Australia (pp. 309-312).
- 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.
- Gil-Humanes, J., Pistón, F., Altamirano-Fortoul, R., Real, A., Comino, I., Sousa, C., Rosell, C.M., Barro, F. (2014).** Reduced-gliadin wheat bread: an alternative to the gluten-free diet for consumers suffering gluten-related pathologies. *PloS one*, 9(3), e90898. doi: 10.1371/journal.pone.0090898. eCollection 2014.
- Gobbetti, M. (1998).** The sourdough microflora: interactions of lactic acid bacteria and yeasts. *Trends in Food Science & Technology*, 9(7), 267-274.
- Gobbetti, M., De Angelis, M., Corsetti, A., Di Cagno, R. (2005).** Biochemistry and physiology of sourdough lactic acid bacteria. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1-3), 57-69.
- Green, P. H., Cellier, C. (2007).** Celiac disease. *New England Journal Of Medicine*, 357(17), 1731-1743.
- Hadjivassiliou, M., Davies-Jones, G.A.B., Sanders, D.S, Grünewald, R.A. (2003).** Dietary treatment of gluten ataxia. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 74, 1221-1224.
- Haines, M. L., Anderson, R. P., Gibson, P. R. (2008).** Systematic review: the evidence base for long-term management of coeliac disease. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 28(9), 1042-1066.
- Houben, A., Höchstötter, A., Becker, T. (2012).** Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: an overview. *European Food Research and Technology*, 235(2), 195-208.

- Jing, R., Li, H. Q., Hu, C. L., Jiang, Y. P., Qin, L. P., Zheng, C. J. (2016).** Phytochemical and pharmacological profiles of three fagopyrum buckwheats. *International Journal Of Molecular Sciences*, 17(4), 589. <https://doi.org/10.3390/ijms17040589>
- Kabbani, T. A., Goldberg, A., Kelly, C. P., Pallav, K., Tariq, S., Peer, A., Hansen, J., Dennis, M., Leffler, D.A. (2012).** Body mass index and the risk of obesity in coeliac disease treated with the gluten-free diet. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 35(6), 723-729.
- Kahraman, G., Harsa, S., Lucisano, M., Cappa, C. (2018).** Physicochemical and rheological properties of rice-based gluten-free blends containing differently treated chickpea flours. *LWT-Food Science and Technology*, 98, 276-282.
- Kang, M. Y., Choi, Y. H., Choi, H. C. (1997).** Effects of gums, fats and glutes adding on processing and quality of milled rice bread. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 29(4), 700-704.
- Lynch, K. M., Coffey, A., Arendt, E. K. (2018).** Exopolysaccharide producing lactic acid bacteria: Their techno-functional role and potential application in gluten-free bread products. *Food Research International*, 110, 52-61.
- Maglie, R., Anitga, E., Quintarelli, L., Verdelli, A., Bonciani, D., Bonciolini, V., Caproni, M. (2019).** Dermatitis herpetiformis: Novel perspectives. *Frontiers in Immunology*, 10, 1290.
- Mancebo, C. M., Merino, C., Martínez, M. M., Gómez, M. (2015).** Mixture design of rice flour, maize starch and wheat starch for optimization of gluten free bread quality. *Journal of Food Science and Technology*, 52(10), 6323-6333.
- Marks, J., Shuster, S., Watson, A. J. (1966).** Small-bowel changes in dermatitis herpetiformis. *The Lancet*, 288(7476), 1280-1282.
- Mendoza, N. (2005).** Coeliac disease: an overview of the diagnosis, treatment and management. *Nutrition Bulletin*, 30(3), 231-236.
- Moore, M. M., Schober, T. J., Dockery, P., Arendt, E. K. (2004).** Textural comparisons of gluten-free and wheat-based doughs, batters, and breads. *Cereal Chemistry*, 81(5), 567-575.
- Nijeboer, P., Bontkes, H. J., Mulder, C. J., Bouma, G. (2013).** Non-celiac gluten sensitivity. Is it in the gluten or the grain? *Journal of Gastrointestinal & Liver Diseases*, 22(4), 435-440.
- Nionelli, L., Rizzello, C. (2016).** Sourdough-based biotechnologies for the production of gluten-free foods. *Foods*, 5(3), 65. <https://doi.org/10.3390/foods5030065>
- Olgun, M., Başçiftçi, Z.B., Ayter, N.G., Kutlu, İ., Akın, A., Karaduman, Y. (2013).** Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Çeşitlerinde Protein Oranının Üç Farklı Analiz Yöntemine Göre Karşılaştırılması Üzerine Bir Araştırma. *SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(2), 80-87.
- Ögel, B. (2003).** Türk Kültür Tarihine Giriş IV. s. 335. Ankara: Kültür Bakanlığı
- Özgüdenli, O., Uzunağaç, Ö. (2014).** Selçuklu Anadolu'sunda Ekmek. *Marmara Türkiyat Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 43-72.
- Özüğür, G., Hayta, M. (2011).** Tahıl esaslı glütensiz ürünlerin besinsel ve teknolojik özelliklerinin iyileştirilmesi. *GIDA*, 36(5), 287-294.

- Paciulli, M., Rinaldi, M., Cirlini, M., Scazzina, F., Chiavaro, E. (2016).** Chestnut flour addition in commercial gluten-free bread: A shelf-life study. *LWT-Food Science and Technology*, 70, 88-95.
- Pellecchia, M. T., Scala, R., Filla, A., De Michele, G., Ciacci, C., Barone, P. (1999).** Idiopathic cerebellar ataxia associated with celiac disease: lack of distinctive neurological features. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 66(1), 32-35.
- Rinaldi, M., Paciulli, M., Caligiani, A., Scazzina, F., Chiavaro, E. (2017).** Sourdough fermentation and chestnut flour in gluten-free bread: A shelf-life evaluation. *Food Chemistry*, 224, 144-152.
- Rizzello, C.G., Montemurro, M., Cobetti, M. (2016).** Characterization of the bread made with durum wheat semolina rendered gluten free by sourdough biotechnology in comparison with commercial gluten-free products. *Journal of Food Science*, 81(9), 2263-2272.
- Rosell, C.M. (2009).** Enzymatic manipulation of gluten-free breads. In: Gallagher, E. (Ed.), *Gluten Free Food Science and Technology* (pp. 83-98). Oxford: Willey-Blackwell.
- Salmi, T. T., Hervonen, K., Kautiainen, H., Collin, P., Reunala, T. (2011).** Prevalence and incidence of dermatitis herpetiformis: a 40-year prospective study from Finland. *British Journal of Dermatology*, 165(2), 354-359.
- Sanchez, H. D., Osella, C. A., De La Torre, M. A. (2002).** Optimization of gluten-free bread prepared from cornstarch, rice flour, and cassava starch. *Journal of Food Science*, 67(1), 416-419.
- Sandri, L. T., Santos, F. G., Fratelli, C., Capriles, V. D. (2017).** Development of gluten-free bread formulations containing whole chia flour with acceptable sensory properties. *Food Science and Nutrition*, 5(5):1021-1028.
- Sapone, A., Bai, J. C., Ciacci, C., Dolinsek, J., Green, P. H., Hadjivassiliou, M., Kaukinen, K., Rostami, K., Sanders, D.S., Schumann, M., Ullrich, R., Villalta, D., Volta, U., Catassi, C., Fasano, A. (2012).** Spectrum of gluten-related disorders: consensus on new nomenclature and classification. *BMC Medicine*, 10,13. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-10-13>.
- Scherf, K. A., Brockow, K., Biedermann, T., Koehler, P., Wieser, H. (2016).** Wheat-dependent exercise-induced anaphylaxis. *Clinical & Experimental Allergy*, 46(1), 10-20.
- Schober, T. J., Messerschmidt, M., Bean, S. R., Park, S. H., Arendt, E. K. (2005).** Gluten Free bread from sorghum: quality differences among hybrids. *Cereal Chemistry*, 82(4), 394-404.
- Schober, T.J. (2009).** Manufacture of gluten-free specialty breads and confectionery products. In: Gallagher, E. (Ed.), *Gluten-free Food Science and Technology* (pp.130-180). Oxford: Willey-Blackwell.
- Tatham, A.S., Shewry, P.R. (2008).** Allergens to wheat and related cereals. *Clinical & Experimental Allergy*, 38, 1712-1726.
- Thiele, C., Gänzle, M. G., Vogel, R. F. (2002).** Contribution of sourdough lactobacilli, yeast, and cereal enzymes to the generation of amino acids in dough relevant for bread flavor. *Cereal Chemistry*, 79(1), 45-51.
- Thompson, T. (2009).** The nutritional quality of gluten-free foods. In: Gallagher, E. (Ed.), *Gluten Free Food Science and Technology* (pp. 42-51). Oxford: Willey-Blackwell.
- Vierk, K. A., Koehler, K. M., Fein, S. B., Street, D. A. (2007).** Prevalence of self-reported food allergy in American adults and use of food labels. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 119(6), 1504-1510.

West, J., Fleming, K. M., Tata, L. J., Card, T. R., Crooks, C. J. (2014). Incidence and prevalence of celiac disease and dermatitis herpetiformis in the UK over two decades: population-based study. *The American Journal of Gastroenterology*, 109(5), 757.

Wierdsma, N., Berkenpas, M., Mulder, C., Van Bodegraven, A. (2013). Vitamin and mineral deficiencies are highly prevalent in newly diagnosed celiac disease patients. *Nutrients*, 5(10), 3975-3992.

Wieser, H. (2007). Chemistry of gluten proteins. *Food microbiology*, 24(2), 115-119.

Ziobro, R., Juszcak, L., Witczak, M., Korus, J. (2016). Non-gluten proteins as structure forming agents in gluten free bread. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 571-580.

Zuidmeer, L., Goldhahn, K., Rona, R. J., Gislason, D., Madsen, C., Summers, C., Sodergren, E., Dahlstrom, J., Lindner, T., Sigurdardottir, S.T., McBride, D., Keil, T. (2008). The prevalence of plant food allergies: a systematic review. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 121(5), 1210-1218.