



TAHİL VE BAKLIYAT ESASLI GIDALARDA FERMANTASYON İŞLEMİNİN BESİNSEL ÖZELLİKLER VE BİYOAKTİF BİLEŞENLER ÜZERİNE ETKİSİ

Ezgi Karademir, Seda Karasu Yalçın, Erkan Yalçın*

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Bolu, Türkiye

Received / Geliş: 18.08.2017; Accepted / Kabul: 25.12.2017; Published online / Online baskı: 15.01.2018

Karademir, E., Karasu Yalçın, S., Yalçın, E. (2018). Tahıl ve bakliyat esaslı gıdalarda fermantasyon işleminin besinsel özellikler ve biyoaktif bileşenler üzerine etkisi. *GIDA* (2018) 43 (1): 163-173 doi: 10.15237/gida.335154

ÖZ

Birçok ülkede, tahılları veya tahıl ve bakliyat karışımlarını içeren, doğal fermantasyon ile veya starter kültür kullanılarak üretilen çok sayıda geleneksel fermente gıda bulunmaktadır. Genellikle karmaşık bir mikrofloraya sahip olan bu ürünlerde, fermantasyon işleminin ürünün besinsel kalitesi ve biyoaktif bileşenleri üzerinde oldukça etkili olduğu bilinmektedir. Tahıl tanesinin doğal mikroflorasına bağlı olarak, bu ürünlerde genellikle laktik asit bakterileri tarafından gerçekleştirilen laktik asit fermantasyonu ve mayalar tarafından gerçekleştirilen etil alkol fermantasyonu görülmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, tahıl ve bakliyalara uygulanan fermantasyon işlemi ile, bu gıdaların elzem aminoasit ve vitamin miktarları ile sindirilebilirliklerinin arttığı ortaya konmuştur. Ayrıca; fermantasyon sırasında; fenolik asitler, flavonoidler, folik asit, lignanlar ve gama-aminobütirik asit gibi önemli biyoaktif bileşiklerin kayda değer ölçüde arttığı rapor edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Fermente tahıl ürünleri, fermente bakliyat ürünleri, biyoaktif bileşikler, besinsel özellikler, laktik asit fermantasyonu

EFFECT OF FERMENTATION PROCESS ON NUTRITIONAL PROPERTIES AND BIOACTIVE COMPOUNDS OF CEREAL AND LEGUME BASED FOODS

ABSTRACT

In many countries, there are a lot of traditional fermented foods containing cereals or legumes which are produced by spontaneous fermentation or by using starter culture. It is known that fermentation process is very effective on nutritional value and bioactive compounds of these products which usually have a complex micro-flora. According to the natural micro-flora of the cereal grain, lactic acid fermentation and ethyl alcohol fermentation occurs in these products accompanied by lactic acid bacteria and yeasts, respectively. It was demonstrated in recent studies that essential amino acid content, vitamin content and digestibility of cereal and legume based foods increased by fermentation process. In addition, it was reported that contents of important bioactive compounds such as phenolic acids, flavonoids, folic acid, lignans and gamma-aminobutyric acid increased considerably during fermentation.

Keywords: Fermented cereal products, fermented legume products, bioactive compounds, nutritional properties, lactic acid fermentation

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ yalcin_e@ibu.edu.tr,

☎ (+90) 374 254 1000

☎ (+90) 374 253 4558

GİRİŞ

Tahıllar (*Gramineae*), dünyadaki ekili alanların %73.5'inde yetiştirilmekte ve dünya gıda üretiminin %60'ında kullanılmaktadırlar. Buğday (%28), mısır (%27), pirinç (%25) ve arpa (%10), dünyada tüketilen tahılların %90'lık bir kısmını oluştururken, sorgum, millet, yulaf ve çavdar %10'luk dilimde yer almaktadırlar (Chavan vd., 1989; Todorov ve Holzapfel, 2015; Hayes ve Garcia-Vaquero, 2016). Gıdaların besinsel özelliklerini protein, B vitaminleri, doğal antioksidanlar, mineral maddeler (demir ve çinko) ve besinsel lifler bakımından iyileştirme potansiyeline sahip başlıca baklagiller (*Leguminosae*) ise; fasulye, nohut, mercimek, börülce, bezelye, bakla ve soya fasüyesidir (Vaz Patto vd., 2015).

Tahılların besinsel değerini artırmak için bugüne kadar birçok yöntem başvurulmuştur. Bunlar; genetik modifikasyon, bazı elzem aminoasitlerce zenginleştirme ve protein konsantratları ve izolatları ile zenginleştirme, vb. yöntemlerdir (Chavan vd., 1989; Hayes ve Garcia-Vaquero, 2016). Tahıllara uygulanan bazı işlemler ise; pişirme, çimlendirme, öğütme ve fermentasyondur. Orta ve Uzak Doğu Asya'da, çimlendirme ve fermentasyon, özellikle bakliyatlar veya bakliyat-tahıl karışımları üzerinde çok sık uygulanan işlemlerdir. Fermentasyon, gıdanın muhafazasını, istenmeyen faktörlerin ortadan kaldırılmasını, beslenme kalitesinin iyileştirilmesini, gıdanın görünüşünün ve tadının iyileştirilmesini, gıdanın tüketilebilir hale gelmesini, pişirme işlemi için harcanan enerjinin azaltılmasını ve daha güvenli bir ürün üretimini sağlamaktadır (Chavan vd., 1989; Kockova vd., 2013). Tahıl esaslı fermente ürünlerin genellikle doğal fermentasyon ile, bir kısmının da starter kültür kullanılarak üretildiği bilinmektedir. Dünyada, özellikle doğal fermentasyon ile üretilen, çoğunluğu yöresel olup, henüz ticari boyuta taşınmamış olan çok sayıda tahıl ve bakliyat esaslı fermente gıdanın olduğu bildirilmektedir (Karaçıl ve Tek, 2013). Bu gıdaların çoğunlukla laktik asit bakterileri, mayalar ve küflerin bulunduğu karmaşık bir mikrofloraya sahip oldukları ve bu mikroorganizmaların fermentasyonda rol oynadıkları bilinmektedir.

Son yıllarda yapılan çalışmalar, fermentasyon işleminin, tahılların ve bakliyatların duyu ve besinsel kalitesini artırmada oldukça etkili olduğunu ortaya koymuştur (Kockova vd. 2013; Hayes ve Garcia-Vaquero, 2016; Hassani vd., 2016). Fermentasyon işlemi ile, bu gıdaların protein miktarlarının değiştiği, aminoasit bileşiminin etkilendiği, bazı esansiyel aminoasitlerin arttığı, özellikle B grubu vitaminleri olmak üzere, vitamin bakımından daha zengin hale geldiği ve başta fenolik bileşikler ve biyoaktif peptitler olmak üzere bazı biyoaktif bileşiklerin miktarının arttığı rapor edilmiştir (Capozzi vd., 2012; Pallin vd., 2016). Bu derlemede; tahıl ve bakliyat esaslı fermente ürünler, bu ürünlerin mikroflorası ve fermentasyon işleminin bu ürünlerin besinsel özellikleri ve biyoaktif bileşenleri üzerindeki etkilerine yer verilmiştir.

TAHİL VE BAKLIYAT ESASLI FERMENTE ÜRÜNLERİN MİKROFLORASI

Tahılları veya tahıl ve bakliyat karışımlarını içeren gıdaların doğal fermentasyonunda rol oynayan mikroorganizmalar, genellikle tanelerin yüzey mikroflorasında yer alan türlerden oluşmaktadır. Bu ürünlerin karmaşık bir mikrofloraya sahip olmasına sebep olarak; tahıl tanelerinin üretim aşamalarındaki mikrobiyel çeşitlilik gösterilmektedir. Tanede bulunan mikroorganizmaların türü ve sayısı; tahılın yetiştirildiği iklimsel koşullar, toprak, biyolojik çevre, hasat sırasında ve sonrasındaki iklim koşulları ile depolama koşullarına bağlı olarak değişebilmektedir. Dünyanın çeşitli bölgelerinde üretilen geleneksel fermente tahıl ürünleri ve üretimlerinde rol oynayan mikroorganizmalar, Çizelge 1'de sunulmuştur. Bir çok üründe, fermentasyonun doğal fermentasyon olduğu; bakteri, maya veya bunların karışımından oluşan bir mikroflora tarafından gerçekleştirildiği bilinmektedir. Bakterilerin genellikle, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Micrococcus* ve *Bacillus* türlerine ait oldukları ifade edilmiştir. Bazı fermente tahıl veya bakliyat ürünlerinden ise; *Paecilomyces*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* ve *Trichotecium* cinslerine ait küf türlerinin izole edildiği bildirilmiştir (Chavan vd., 1989; Kohajdova, 2017).

Çizelge 1. Çeşitli ülkelerde üretilen tahıl ve bakliyat esaslı bazı geleneksel fermente ürünler ve fermantasyonda rol oynayan mikroorganizmalar (Chavan vd., 1989; Achi ve Ukwuru, 2015; Liptáková vd., 2017)

| Ürün İsmi | Ülke | Hammadde | Mikroorganizmalar |
|-----------|-------------------------|--------------------------------|--|
| Boza | Türkiye, Arnavutluk | Mısır, pirinç, darı | <i>Leuconostoc</i> spp., <i>Lactobacillus</i> spp., <i>Saccharomyces cerevisiae</i> |
| Busaa | Kenya, Nijerya | Mısır, sorgum, malt, darı | <i>Candida krusei</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Lactobacillus helveticus</i> , <i>Lactobacillus salivarius</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus brevis</i> , <i>Lactobacillus buchneri</i> , <i>Pediococcus damnosus</i> |
| Chicka | Peru | Mısır | <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Lactobacillus</i> spp., <i>Leuconostoc</i> spp., <i>Penicillium</i> spp, <i>Aspergillus</i> spp. |
| Dhokla | Hindistan | Pirinç, nohut | <i>Lactobacillus fermentum</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>Hansenula silvicola</i> , <i>Torulopsis candida</i> , <i>Trichosporon pullulans</i> |
| Idli | Hindistan, Sri Lanka | Pirinç, siyah fasulye | <i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>Lactobacillus</i> spp. <i>Streptomyces faecalis</i> , <i>Torulopsis</i> , <i>Candida</i> , <i>Trichosporon pullulans</i> |
| Kenkey | Gana | Mısır | <i>Lactobacillus fermentum</i> , <i>Lactobacillus reuteri</i> , <i>Candida</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Saccharomyces</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i> |
| Tarhana | Türkiye | Buğday, yoğurt | <i>Lactobacillus bulgaricus</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> |
| Puto Miso | Filipinler Japonya, ABD | Pirinç Çin, Buğday, soya, arpa | <i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>Streptomyces faecalis</i> , <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Streptococcus faecalis</i> , <i>Pediococcus acidilactici</i> , <i>Pediococcus halophilus</i> , <i>Bacillus</i> spp., <i>Saccharomyces rouxii</i> |
| Pito | Nijerya | Sorgum ve millet | <i>Acetobacter</i> spp., <i>Candida</i> spp, <i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Saccharomyces chevalieri</i> |

Fermente tahıl ve bakliyat ürünlerinin mikroflorasının karmaşık olduğu bilinmesine rağmen, yapılan çalışmalar, laktik asit bakterilerinin bu ürünlerin birçoğunda mikrofloranın bir kısmını oluşturduğunu göstermiştir (Kohajdova, 2017). Mısır unu hamurunun fermantasyonunu konu alan bir çalışmada, üründen *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus cellobiosus* ve *Pediococcus acidilactici* türlerine ait laktik asit bakterilerinin izole edildiği, bunlardan *L. fermentum*'un heterofermentatif olduğu bildirilmiştir. Bu fermantasyonun başında izole edilen koliform bakteriler, maya ve küflerin, fermantasyonun ikinci gününden itibaren inhibe oldukları rapor edilmiştir. Tahıl ve bakliyat esaslı fermente ürünlerde bakteriyel fermantasyonun genellikle laktik asit

fermentasyonu olduğu, ancak, bu ürünlerde mayalar tarafından etil alkol fermantasyonunun da gerçekleştirildiği bilinmektedir. Pirinç ve siyah fasulye karışımının fermantasyonunda ise, heterofermentatif laktik asit bakterilerinden *Leuconostoc mesenteroides*'in baskın florayı oluşturduğu, aynı üründen *Torulopsis candida* ve *Trichosporon pullulans* mayalarının da izole edildiği belirtilmiştir (Chavan vd., 1989).

BESİNSEL ÖZELLİKLER ÜZERİNE FERMANTASYONUN ETKİSİ

Bakliyat ve yağlı tohumlarla kıyaslandığında, tahılların toplam protein miktarının daha az olduğu bilinmektedir. Ayrıca; lizin ve triptofan gibi esansiyel aminoasitler bakımından fakir

oldukları, birçok tahılda B grubu vitaminleri ile demir ve çinko minerallerinin yetersiz olduğu rapor edilmiştir. Fermantasyon işleminin, tahılların besinsel kalitesinin artırılması için kullanılacak en ucuz ve en etkili yöntem olduğu bildirilmiştir (Chavan vd., 1989; Ciesarova vd., 2017). Yapılan bir çalışmada, mısır hamurunun *S. cerevisiae* ve *C. tropicalis* ile fermantasyonu sonucu protein miktarının %8.4 arttığı belirtilmiştir. Fermantasyonda ek olarak malt yer aldığı zaman, protein miktarının %14.5 arttığı ifade edilmiştir. Aynı çalışmada tahıl olarak sorgum kullanıldığında protein miktarının fazla değişmediği, sorgum ve yeşil fasulye karışımı kullanıldığında ise, %14'ten %17'ye yükseldiği bildirilmiştir (Chavan vd., 1989).

Tahılların doğal fermantasyonu sırasında toplam protein miktarında az bir artış kaydedilmesine rağmen, protein kalitesindeki değişimlerin oldukça önemli düzeyde gerçekleştiği rapor edilmiştir (Ciesarova vd., 2017). Tahıl ve bakliyat fermantasyonlarında, özellikle suda çözünür proteinlerin ve serbest aminoasitlerin artış gösterdiği belirtilmektedir. Fermantasyonda rol oynayan mikroorganizmaların proteolitik aktiviteleri sonucunda, proteinler daha küçük polipeptitlere, peptitlere ve serbest aminoasitlere yıkılırlar (Adeyemo ve Onilude, 2013). Aminoasitlerin biyoyararlılığının ve protein bileşimindeki oranının, toplam miktarlarından çok daha önemli olduğu bilinmektedir. Bazı fermantasyonlarda, serbest esansiyel aminoasitlerin miktarının arttığı görülmüştür (Ciesarova vd., 2017). Mısır hamurunun üç gün doğal fermantasyona uğratıldığı bir çalışmada, ortamdaki lizin ve metyonin miktarında önemli ölçüde artış olduğu rapor edilmiştir. Bu iki aminoasidin tahıllarda sınırlı düzeyde olduğu bilindiğinden, fermantasyon sırasında gerçekleşen transaminasyon gibi bir mekanizma ile bu artışın gerçekleşmiş olabileceği ifade edilmiştir (Chavan vd., 1989). Yulaf, pirinç, millet, mısır ve buğdayın altı gün doğal fermantasyonları sonucunda, bu tahıllardaki lizin miktarlarının önemli ölçüde arttığı görülmüştür. Bir diğer çalışmada, mısır ve sorgum hamurunun fermente edilmesiyle, metyonin ve triptofan miktarlarında artış olduğu bildirilmiştir (Chavan vd., 1989).

Fermantasyon uygulamasının, gıdaların sindirimi üzerine de birçok etkisi bulunmaktadır. Örneğin kalın bağırsakta mikrobiyel fermantasyon sonucu sindirilemeyen poli- ve oligo-sakkaritlerin miktarında azalma meydana gelmektedir. Fermantasyonun nişasta sindirilebilirliği üzerine de olumlu etkileri bulunmaktadır. Baskın mikrofloranın enzimatik özelliklerine bağlı olarak, nişastadaki bağların parçalanarak, amiloz ve amilopektinin maltoz ve glukozaya dönüşümü gerçekleştiğinden, nişasta sindirilebilirliğinde artış görülmektedir (Kohajdova ve Karovicova, 2007). Fermantasyon işleminin başlarında, mikrobiyel α - ve β -amilaz enzimlerinin aktivitesi sonucu nişasta miktarında azalma görülür. İleriki aşamalarda (12 saat sonra), pH'nın düşmesine bağlı olarak, α - ve β -amilaz enzimlerinin faaliyetleri durmakta ve nişasta degradasyonu sona ermektedir. Toplam şeker miktarı da fermantasyonun ilk 3- 6 saatinde düşmektedir. Çözünür şeker miktarında artış görülmesi beklenirken, şeker miktarının düşmesi, şekerin mikrobiyel aktivite için gerekli karbon kaynağı olmasından kaynaklanmaktadır (Chavan vd., 1989). Ham lif miktarının da kuru maddede fermantasyon boyunca arttığı ifade edilmiştir. Mikroorganizma faaliyeti sonucu, hücre duvarı ve depo polisakkaritleri modifikasyona uğratılmakta ve besinsel liflerin çözünürlüklerinde kısmi düşüşler görülmektedir (Martián-Cabrejas vd., 2004; Chavan vd., 1989).

Teknolojik işleme yöntemlerinden laktik asit fermantasyonunun, baklagillerin hem hücre duvarı hem de depo polisakkaritlerinin yapısında değişiklik meydana getirebileceği belirtilmiştir. Bunun da mikroorganizma faaliyetleri sonucu doku bütünlüğünün etkilenmesi veya protein-karbonhidrat bütünlüğünün bozulması ve böylece besinsel liflerin çözünürlüğünün azalması ile gerçekleştiği bildirilmiştir (Martián-Cabrejas vd., 2004).

Tahıl ve bakliyat taneleri ve bunları içeren gıdalar, önemli miktarda enerji, protein ve çeşitli mikro besin maddelerini sağlamaları açısından beslenmemizin vazgeçilmez bir parçası olmasına rağmen, düşük çözünürlüğe ve sınırlı düzeyde sindirilebilirliğe sahip bazı antinutrisyonel bileşenleri de içermektedirler (Dordevic vd.,

2010). Tahılların fermantasyonu, genel olarak tahıl tanelerinin antinutrisyonel madde içeriğini (*fitat, tannin*) önemli miktarda düşürmesi açısından da önemli bir teknolojik işlemdir (Pranoto vd., 2013). pH 6'da bir magnezyum tuzu olan fitat (mineral bağlanmış fitik asit), pH 5'in altına düştüğünde mikrobiyal fitaz enzimi ile parçalanmaktadır (Chavan vd., 1989). Dolayısıyla fermantasyon koşulları, tahıllarda demir, çinko, magnezyum ve proteinler gibi çok değerli katyonlar ile kompleks formda bulunan fitatın (Gupta vd., 2013), enzimatik degradasyonunu sağlayacak optimum pH koşullarını sağlayabilmektedir. Tahıldaki baskın mikrofloranın büyük bir çoğunluğunun sahip olduğu fitaz enzimi aktivitesi sonucu, fitik asit içeriğinde belirli bir ölçüde düşüş olmaktadır. Yapılan bir çalışmada, laktik asit bakterilerinin fermantasyonu sonucunda fitat içeriğinin önemli miktarda düştüğü, diğer yandan laktik asit bakterilerinin fitat degradasyonunda direk olarak rol almadığı, endojen fitaz enziminin aktivasyonunu sağlayarak ortam koşullarını oluşturduğu ifade edilmiştir (Reale vd., 2007). Fitaz enzimi, fitatı defosforize ederek, fitatın serbest inorganik fosfata ve inositol fosfat esterlerine dönüşümünü sağlamaktadır (Mukhametzhanova vd., 2012). Bu dönüşümün, çözünür demir, çinko ve kalsiyum miktarında artırıcı etki oluşturduğu bildirilmiştir. Tannin seviyesindeki düşüşün de, demir minerali absorpsiyonunda önemli düzeyde artış sağladığı rapor edilmiştir (Kohajdova ve Karovicova, 2007).

BİYOAKTİF BİLEŞENLER ÜZERİNE FERMANTASYONUN ETKİSİ

Biyoaktif/biyolojik olarak aktif bileşikler; gıdalarda doğal olarak bulunan veya işleme sırasında açığa çıkan, diyetle alınmaları elzem olmayan, biyolojik aktiviteleri sayesinde çeşitli kronik hastalıkların ve kanser tiplerinin önlenmesinde etkileri olan, gıdalardaki başlıca besin öğelerinin dışındaki ikincil metabolitlerdir (Hayes ve Garcia-Vaquero, 2016).

Tahıl ve bakliyat taneleri ile tam tahıllı gıdalar, diyet lifleri, fenolik bileşikler, vitaminler ve mikroelementler gibi kendilerine has çok sayıda biyoaktif bileşeni içeren, önemli besinlerdir

(Bartłomiej vd., 2011). Bunun yanında, yüksek miktardaki tahıl biyoaktif bileşeni, tanede ilgili matrise bağlı halde bulunduğundan, biyoyararlılığı düşüktür (Gani vd., 2012). Fermantasyon uygulaması süresince meydana gelen biyokimyasal değişikliklerin, tahıl biyoaktif bileşenlerinin de biyoaktivitesine ve sindirilebilirliğine etki ettiği yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (Wang vd., 2014b).

Fenolik Asit İçeriği Üzerine Fermantasyonun Etkisi

Tahıllarda serbest ve bağlı formda bulunan fenolik asitler, genel olarak perikarp tabakasının dış kısmında bulunmaktadır (Wang vd., 2014a). Tahıl tanelerinde baskın olan *p*-kumarik asit, ferulik asit, sinapik asit ve vanillik asit gibi fenolik asitler (Guo ve Beta, 2013), geçiş metallerini şelatlamakta ve ayrıca sülfür içeren amino asitler (sistein ve metyonin) hücre içinde sentezlenen başlıca antioksidan olan glutationun sentezine katkıda bulunurken, belirli genleri aktive edebilme veya baskılayabilme özelliklerine sahiptirler (Masiş vd., 2016). Tahıl tanelerinin fenolik asit içeriği, meyve ve sebzeler ile kıyaslandığında daha yüksek konsantrasyonlardadır. Ancak, meyve ve sebzelerdeki fenolik asitler, serbest formda veya ince bağırsaklarda kolayca hidrolize edilebilen çeşitli şeker molekülleri, kuinik, tartarik ve malik asitler ile konjuge halde bulunurken (Hole vd., 2012), tahıllarda genel olarak ester bağları ile arabinoksilan zincirlerine veya eter bağları ile ligninlere bağlı halde bulduklarından, sindirim enzimleri tarafından hidrolize edilemedikleri (Pallin, 2015), kolona ulaştıklarında mikrobiyal esterazlar, ksilanazlar gibi enzimlere maruz kaldıkları bildirilmiştir (Hole vd., 2012).

Fenolik asitler, antiviral, antibakteriyel ve güçlü antioksidan özelliğe sahiptir (Hole vd., 2012). Tahıl tanelerinin fenolik bileşik içeriği, öğütme, ekstrüzyon, çimlendirme ve ekşi maya uygulaması gibi çeşitli işleme teknolojileri uygulandığında önemli derecede değişiklik göstermektedir. Fermantasyon uygulaması süresince, esterazlar, ksilanazlar ve fenoloksidazlar gibi endojen ve bakteriyel enzimlerin etkisiyle tahıl bileşenleri modifikasyona uğramaktadır (Hole vd., 2012). Proses boyunca çözünürlüğü artan arabinoksilanların enzim aktivitesi ile degradasyonu

sağlanmakta (Katina vd., 2012) ve böylece yapılarında, biyoaktivitelerinde ve biyoyararlılıklarında değişimlerin görüldüğü ifade edilmektedir (Hole vd., 2012). Fermantasyon uygulamasının, fenolik asitlerin miktarına ve biyoyararlılığına etkisinin incelendiği ve Anson vd. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, kepeksiz buğday unlu ekmekek, tam buğday unlu ekmekek ve fermente kepek ilaveli tam buğday unlu ekmekek örneklerinin fenolik asit içerikleri incelenmiştir. Fermantasyon etkisiyle fenolik asit içeriğinin arttığı, serbest ve toplam fenolik asit miktarının fermente kepek ilaveli tam buğday ekmeğinde en yüksek değerde olduğu bulunmuştur. Fenolik asitlerin biyoerişilebilirliğinin belirlenmesi ve metabolik sindirimlerinin incelenmesi için *in vitro* kolon modeli kullanılmış, fenolik bileşiklerin farklı düzeyde hidrosilasyonu sonucu açığa çıkan kolon sonu metabolitlerinin miktarında artış gözlemlenmiştir. Buna göre fermantasyon uygulamasıyla fenolik asitlerin biyoerişimlerinin arttığı, etkili bir şekilde metabolize edildikleri bildirilmiştir (Anson vd., 2009).

Doğal olarak ayrılmış çavdar kepeği ve kabuk soyma makinesi ile ayrılmış çavdar kepeğinin fenolik asit içeriği karşılaştırıldığında, doğal olarak ayrılmış çavdar kepeğinin ferulik asit içeriğinde, fermantasyon sonunda daha fazla artış görülmüştür. Bunun, doğal olarak ayrılmış kepekte, başlangıç fenolik içeriğinin daha yüksek olmasından ve daha yüksek düzeyde olan endojen ve mikrobiyal orjinli enzim aktivitesinden kaynaklandığı bildirilmiştir. Yüksek enzim aktivitesine sahip, doğal olarak ayrılmış kepeklerin fermantasyonu sonucunda, hücre duvarının etkin bir şekilde yıkımının sağlanmasıyla, fenolik asitlerin salınımının daha yüksek seviyeye çıktığı belirtilmiştir (Katina vd., 2007).

Fermantasyon koşullarının serbest ferulik asit içeriğine etkisi incelendiğinde ise, en yüksek ferulik asit içeriğinin, tam çavdar unundaki sinnamoil esterazların optimum çalışma pH'sına (pH 7) yakın olan, pH 6-6.5'te ortaya çıktığı, düşük pH değerlerinde (3.9-4.1) serbest ferulik asit içeriğinin ise en düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir. Kabuk soyma işlemi ile ayrılmış kepekte, amilaz, proteaz ve ksilanaz gibi enzim

aktivitelerinde düşüş meydana gelmiştir. Dolayısıyla, ferulik asit içeriği üzerine fermantasyonun etkisinin, endojen enzimlerin aktivasyonuna bağlı olarak değiştiği rapor edilmiştir (Katina vd., 2007).

Flavonoid İçeriği Üzerine Fermantasyonun Etkisi

Flavonoidler, meyve, sebze, çay, şarap ve kakao gibi gıdalarda yaygın olarak bulunan, sarı renkli olmaları sebebiyle latince 'sarı' anlamına gelen 'flavus' sözcüğünden türetilmiş (Keservani ve Sharma, 2014), güçlü antioksidan ve şelatlama özelliğine sahip bitkisel polifenolik bileşiklerdir ve P vitamini olarak da kabul edilirler (Kumar ve Pandey, 2013). Genel yapıları, difenilpropan iskeletine (C₆C₃C₆) sahiptir. Genellikle oksijen ile halka yapmış üç karbonlu köprü iki fenil grubunu birbirine bağlar. Flavonoidler; flavon'lar ve flavonol'ler, flavanonlar, kateşinler ve lökoantosiyonidinler, antosiyonidinler, proantosiyonidinler olmak üzere 5 alt gruba ayrılırlar, bunların kimyasal yapı farklılıkları ortadaki pıran halkasından kaynaklanmaktadır (Batra ve Sharma, 2013; Sommano, 2014). Bitkilerde fotosentezle meydana gelirler, bitkilerin yaşamsal faaliyetleri için kullandıkları karbonhidrat, aminoasitler gibi birincil metabolitlerden açığa çıkan ikincil metabolitlerdir (Weston ve Mathesius, 2013).

Flavonoidlerin, antioksidan, anti-karsinogenik, anti-alerjik, gastrointestinal sistemi koruyucu etkilerinin olduğu belirtilmiştir (Kozłowska ve Szostak-Wegierek, 2014). *In vivo* ve *in vitro* sistemlerde yapılan çalışmalarla yüksek antioksidan kapasiteleri olduğu kanıtlanmış (Khlestkina, 2013) ve çeşitli epidemiyolojik çalışmalarla kardiyovasküler hastalıkları, çeşitli kanser tiplerini ve yaşa bağlı olarak gelişen hastalıkları engelleyici etkilerinin olduğu saptanmıştır (Liu vd., 2013).

Tahıllarda flavonoid içeriği bakımından ilk sırada yer alan sorgum üzerinde yapılan bir çalışmada, farklı laktik asit bakterilerinin kombinasyonu ile sorgum bazlı ekşi hamurlar hazırlanmış ve fermantasyonun fenolik asit ve flavonoid içeriğindeki etkisi incelenmiştir. Fermantasyon boyunca, laktik asit bakterilerinin glukozidaz, fenolik asit redüktaz ve fenolik asit dekarboksilaz

aktivitesi sonucu, fenolik asitlerin, fenolik asit esterlerinin ve flavonoid glukozidlerinin metabolize edildiği, böylece çözünmez, hücre duvarına bağlı halde bulunan flavonoidlerin salınımının sağlandığı belirlenmiştir. Laktik asit fermantasyonu uygulanmış hamurlardaki polifenol içeriğinin, fermantasyon uygulanmayan örneklerle göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (Svensson vd., 2010).

Soya (*Glycine max*) izoflavonoidlerinin içeriği ve miktarına, fermantasyonun etkisinin incelendiği bir başka çalışmada, tam soya ununda (WSF) ve *Aspergillus oryzae* inoküle edilmiş fermente tam soya unundaki (24 ve 48 saat, FAWSF-24h, 48h) izoflavonoid konsantrasyonları karşılaştırılmış, toplam izoflavonoid konsantrasyonunun 459.19 ± 1.80 $\mu\text{g/g}$ 'dan, 676.54 ± 0.78 $\mu\text{g/g}$ 'a (FAWSF-24h) yükseldiği saptanmıştır. Bununla birlikte, glikozit formundaki soya izoflavonoidleri, asit veya alkali koşullarda veya β -glukozidaz enzimi etkisiyle aglikon formuna dönüşmüşlerdir (Da Silva vd., 2011). İzoflavonoid aglikonlarının, kardiyovasküler ve kronik hastalıkların önlenmesinde etkili oldukları bilinmektedir ve vücutta emilimleri daha kolaydır. *Aspergillus oryzae* tarafından sağlanan β -glukozidaz enzimi aktivitesi sonucu, fermantasyon uygulaması öncesinde %2.67 olan izoflavon aglikonlarının oranı, FAWSF-48h örneğinde %75.51'e yükselmiştir (Da Silva vd., 2011).

Folat/Folik Asit İçeriği Üzerine Fermantasyonun Etkisi

Folat terimi, B grubu vitaminlerinden folik asitlerin çeşitli formlarının genel ismi olarak kullanılır. Folatlar, amino asitlerin ve nükleotitlerin biyosentezinde yer alır, birçok enzimatik reaksiyon için kofaktör görevi görür. Önerilen günlük folat alımı yetişkenler için 300 μg iken, hamileler için 400 μg 'dır. Tahıllar, özellikle tam tahıllar, beslenmemizde temel folat kaynağıdır (Kariluoto vd., 2005). Çimlendirme, malta işleme, fermantasyon gibi prosesler uygulanarak gıdaların folat içeriklerinde artış sağlandığı yapılan çalışmalarda kanıtlanmıştır (Kariluoto vd., 2005). Buğday kepeği, folat içeriği bakımından oldukça zengin bir kaynaktır, buğday ununa kıyasla iki kat daha fazla folat içermektedir.

Buğday unları genel olarak 27-66 μg folat/100 g buğday unu aralığında folat içerirken, %20 oranında fermente buğday kepeği ilavesi ile bu miktarda 72-97.8 $\mu\text{g}/100$ g'a yükselmiştir (Katina vd., 2012).

Yapılan çalışmalarda, maya kaynaklı fermantasyon ile folat içeriğinin etkili bir şekilde artışının sağlandığı ve *S. cerevisiae* faaliyetinin diğer maya türlerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Normal bir buğday unu ekmeği ile karşılaştırıldığında, maya kaynaklı fermente kepek ilave edilmiş ekmeklerdeki folat içeriğinin %32-62 oranında daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte yapılan bir çalışmada, en yüksek folat içeriğinin doğal laktik asit bakterisi ve diğer doğal olarak bulunan bakterilerin bulunduğu örneklerde tespit edildiği, bu bakterilerin folat sentezinde destekleyici rolünün bulunduğu bildirilmiştir (Katina vd., 2012). Kariluoto vd. (2006)'nin yaptığı bir çalışmada, farklı mikroorganizma kültürleri ile ürettikleri çavdar ekmeklerindeki folat içeriğine fermantasyonun etkisini incelemişlerdir. Bu çalışma için, mayalı ekmek (*Saccharomyces cerevisiae*), maya ve laktik asit bakterisi karışımı ile hazırlanmış ekşi mayalı ekmek (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus plantarum*, *Candida milleri*) ve laktik asit bakterisi ile hazırlanmış ekşi mayalı ekmek (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis*) kullanılmıştır. Farklı fermantasyon uygulamalarıyla üretilen ekmeklerdeki folat içeriği incelendiğinde, en düşük değer yalnızca laktik asit bakterisi kullanılarak üretilen ekşi mayalı ekmekte saptanmış, fermantasyon boyunca folatların büyük ölçüde mayalar tarafından sentezlendiği bulunmuştur. Ekmek mayası ile üretilen ekmek ile maya ve laktik asit bakterisi karışımı ile hazırlanmış ekşi mayalı ekmek karşılaştırıldığında, mayalar tarafından sentezlenen folat miktarında azalma görülmüştür (Kariluoto vd., 2005). Laktik asit bakterilerinin, bileşikleri metabolize ederek organik asit üretmek için mayalar ile rekabet halinde olduğu (Gerez vd., 2013), dolayısıyla maya gelişimini inhibe edici etki oluşturduğu bildirilmiştir (Kariluoto vd., 2005).

Lignan İçeriği Üzerine Fermantasyonun Etkisi

Lignanlar, genel olarak glikozidik bağlar ile karbonhidratlara bağlı halde bulunan, fitoöstrojen grubuna ait bitkisel kaynaklı difenolik bileşiklerdir (Bartkiene vd., 2015). Moleküler yapıları ve molekül ağırlıkları, steroidler ile benzer olduğundan, hormonal sistemi düzenleyici önemli besinsel bileşikler olarak tanımlanabilir (Sommano, 2014).

Yapılan çalışmalar, lignanca zengin gıdalar ile beslenmenin, hormonlarla ilişkili kanser ve kalp hastalıklarını ve osteoporezi önleyici etkilerinin olduğunu göstermiştir (Durazzo vd., 2013; Sarwar vd., 2013). Temel kaynakları, yağlı tohumlar, tam tahıllar, baklagiller ve özellikle kırmızı meyveler olmak üzere çeşitli meyve ve sebzelerdir (Durazzo vd., 2013).

Arpa kepeği, öğütülmüş acı bakla tohumu ve bezelye lifi örneklerine, farklı laktik asit bakterileri (*Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus sakei*, *Pediococcus pentosaceus*) ile optimum çalışma sıcaklıklarında (sırasıyla 32, 30, 35°C), 48 saat katı hal fermantasyonu uygulanmıştır. Farklı laktik asit bakterileri ile uygulanan her fermantasyon koşulunda, tüm örneklerdeki lignan içeriğinde artış gözlenirken, en fazla artış görülen arpa kepeği örneğinde, fermantasyon öncesinde lignan içeriği 291.2±7.2 µg/100 g iken, *Pediococcus acidilactici* bakterisinin uygulandığı koşullarda 451.0±9.1 µg/100 g'a yükselmiştir (Bartkiene vd., 2015).

Lignanlar kolondaki bakteriler tarafından karbonhidratlardan ayrılarak, intestinal absorpsiyonu daha kolay olan ve enterolignan olarak bilinen enterodiol (ENL) ve enterolaktonlara (END) dönüştürülürler (Bartkiene vd., 2012). Laktik asit bakterilerinin faaliyetiyle de lignanların enterolignanlara dönüşümünün gerçekleşerek, sindirilebilirliklerinde artış sağlandığı belirlenmiştir (Bartkiene vd., 2015).

Gama-Aminobutirik Asit (GABA) İçeriği Üzerine Fermantasyonun Etkisi

Gama-aminobutirik asit (GABA), yaygın olarak bakterilerde, bitkilerde ve omurgalılarda dört karbonlu serbest amino asit formunda bulunan,

bakterilerde ve bitkilerde Krebs döngüsünde metabolik rolü olan, omurgalılarda ise sinirsel iletimde rol alan biyolojik olarak aktif bir bileşiktir (Diana vd., 2014; Dhakal vd., 2012). Aynı zamanda tansiyonu düşürme, idrar söktürme gibi önemli fizyolojik etkileri olan gama-aminobutirik asit, özellikle laktik asit bakterileri olmak üzere mikroorganizma faaliyetiyle de üretilebilmektedir (Bhanwar vd., 2013). Ayrıca GABA, pankreastan insülin salgılanmasını uyarıcı sekretagog olması sebebiyle, etkili bir şekilde diyabetik hastalıkları önleyici özelliğe sahiptir. Gama-aminobutirik asitçe zengin gıdaların büyük çoğunluğunu, tahıl bazlı gıdalar oluşturmaktadır (Diana vd., 2014).

Yapılan bir çalışmada, yüksek glutamat dekarboksilaz aktiviteye sahip mikroorganizmalar ile özellikle glutamik asitçe (L-Glu) zengin gıdaların fermantasyonu sonucunda GABA içeriğinin arttığı belirlenmiştir (Nagaoka, 2005). Coda vd. (2010), çeşitli tahıl unları ve farklı laktik asit bakterileri ile hazırladıkları ekşi hamurlarda, GABA ve serbest amino asit içeriğindeki değişimleri incelemişlerdir. Kültür aşlaması yapılmadan asitlendirme işlemi ile hazırladıkları kontrol grubuna göre, farklı laktik asit bakterilerinin aşılandığı hamurlardaki serbest amino asit içeriklerinde %28-76 arasında artış gözlemlenmiştir. Kontrol örneklerinde GABA içerikleri 7±2 - 78±13 mg/kg arasında değişirken, fermantasyon uygulanan örneklerde bu değer 30±13-1031±9 mg/kg arasında değiştiği belirtilmiştir (Coda vd., 2010). Mikroorganizma faaliyeti sonucu GABA üretimi, ortamın pH'sına (Bhanwar vd., 2013), glutamik asit veya glutamik asit tuzlarının varlığına ve dışarıdan eklenen karbon ve azot kaynaklarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Diana vd., 2014).

SONUÇ

Fermente tahıl ve bakliyat ürünlerinde kullanılan hammadde, işlem parametreleri ve son ürünün duyu özellikleri dünyanın çeşitli bölgelerinde kültürden kültüre oldukça değişiklik göstermektedir. Bu ürünlerde uygulanan fermantasyon işleminin, hem ürünün besinsel kalitesini artırdığı hem de üründe çeşitli biyoaktif bileşiklerin oluşumuna sebep olduğu ortaya konmuştur. Son yıllarda, tüketicilerin fonksiyonel gıdalara

eğiliminin arttığı bildirilmektedir (Hassani vd., 2016). Geleneksel olarak gıdaların korunması amacıyla yapılan birçok fermantasyon işleminin günümüzde artık gıdanın biyokimyasal ve besinsel özelliklerini geliştirmeye yönelik gerçekleştirildiği rapor edilmiştir (Ojha ve Tiwari, 2016). Tahıl ve bakliyalara uygulanan fermantasyon işleminin, biyoaktif bileşiklerce zenginleştirilmiş yeni fonksiyonel gıdaların üretimi için iyi bir alternatif olacağı ifade edilmektedir.

KAYNAKLAR

- Achi, O.K., Ukwuru, M. (2015). Cereal-Based Fermented Foods of Africa as Functional Foods. *Int J Microbiol Appl*, 2(4): 71-83.
- Adeyemo, S.M., Onilude, A.A. (2013). Enzymatic reduction of anti-nutritional factors in fermenting soybeans by *Lactobacillus plantarum* isolates from fermenting cereals. *Nig Food J*, 31(2): 84-90.
- Anson, N.M., Selinheimo, E., Havenaar, R., Aura, A.M., Mattila, I., Lehtinen, P., Bast, A., Poutanen, K., Haenen, G.R. (2009). Bioprocessing of Wheat Bran Improves *in vitro* Bioaccessibility and Colonic Metabolism of Phenolic Compounds. *J Agricult Food Chem*, 57: 6148-6155.
- Bartkiene, E., Skabeikyte, E., Krungleviciute, V., Jakobsone, I., Bobere, N., Bartkevics, V., Juodeikiene, G. (2015). The influence of fermentation on the content of alkylresorcinols and lignans in plant products. *The Open Biotech J*, 9: 31-38.
- Bartkiene, E., Juodeikiene, G., Basinskiene, L. (2012). *In vitro* production of plant lignans from cereal products in relationship with constituents of non-starch polysaccharides. *Food Technol Biotechnol*, 50(2): 237-245.
- Bartłomiej, S., Justyna, R.K., Ewa, N. (2011). Bioactive compounds in cereal grains – occurrence, structure, technological significance and nutritional benefits – a review. *Food Sci Technol Int*, 18(6): 559–568.
- Batra, P., Sharma, A.K. (2013). Anti-cancer potential of flavonoids: recent trends and future perspectives. *3 Biotech*, 3: 439-459.
- Bhanwar, S., Bamnia, M., Ghosh, M., Ganguli, A. (2013). Use of *Lactococcus lactis* to enrich sourdough bread with γ -aminobutyric acid. *Int J Food Sci Nutr*, 64(1): 77-81.
- Capozzi, V., Russo, P., Dueñas, M.T., Lopez, P., Spano, G. (2012). Lactic acid bacteria producing B-group vitamins: A great potential for functional cereal products. *Appl Microbiol Biotechnol*, 96: 1383-1394.
- Chavan, J.K., Kadam, S.S., Beuchat, L.R. (1989). Nutritional improvement of cereals by fermentation. *Critic Rev Food Sci Nutr*, 28(5): 349-400.
- Ciesarová, Z., Mikušová, L., Magala, M., Kohajdová, Z., Karovičová, J. (2017). Nonwheat cereal-fermented-derived products. In: *Fermented foods in health and disease prevention*, Frias, J., Martinez-Villaluenga, C., Peñas, E. (eds), Elsevier, Amsterdam, pp. 417-432.
- Coda, R., Rizzello, C.G., Gobbetti, M. (2010). Use of sourdough fermentation and pseudo-cereals and leguminous flours for the making of a functional bread enriched of γ -aminobutyric acid (GABA). *Int J Food Microbiol*, 137: 236-245.
- Da Silva L.H., Celeghini, R.M.S., Chang, Y.K. (2011). Effect of the fermentation of whole soybean flour on the conversion of isoflavones from glycosides to aglycones. *Food Chem*, 128: 640-644.
- Dhakal, R., Bajpai, V.K., Baek, K.H. (2012). Production of gaba (γ – aminobutyric acid) by microorganisms: a review. *Brazilian J Microbiol*, 43(4): 1230-1241.
- Diana, M., Quilez, J., Rafecas, M. (2014). Gamma-aminobutyric acid as a bioactive compound in foods: a review. *J Func Foods*, 10: 407-420.
- Dordević, T.M., Šiler-Marinković, S.S., Dimitrijević-Branković, S.I. (2010). Effect of fermentation on antioxidant properties of some cereals and pseudo-cereals. *Food Chem*, 119: 957-963.
- Durazzo, A., Zaccaria, M., Polito, A., Maiani, G., Carcea, M. (2013). Lignan content in cereals, buckwheat and derived foods. *Foods*, 2: 53-63.
- Gani, A., Wani, S.M., Masoodi, F.A., Hameed, G. (2012). Whole-grain cereal bioactive compounds

- and their health benefits: a review. *J Food Process Technol*, 3(3): 1-10.
- Gerez, C.L., Torres, M.J., Font de Valdez, G., Rollán, G. (2013). Control of spoilage fungi by lactic acid bacteria. *Biological Cont*, 64: 231-237.
- Guo, W., Beta, T. (2013). Phenolic acid composition and antioxidant potential of insoluble and soluble dietary fibre extracts derived from select whole-grain cereals. *Food Res Int*, 51(2): 518-525.
- Gupta, R.K., Gangoliya, S.S., Singh, N.K. (2013). Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains. *J Food Sci Technol*, 52(2): 676-684.
- Hassani, A., Procopio, S., Becker, T. (2016). Influence of malting and lactic acid fermentation on functional bioactive components in cereal-based raw materials: a review paper. *Int J Food Sci Technol*, 51: 14–22.
- Hayes, M., Garcia-Vaquero, M. (2016). Bioactive Compounds from Fermented Food Products. In: *Novel Food Fermentation Technologies*, Ojha, S.K., Tiwari, B.K. (eds), Springer, Switzerland, pp. 293-310.
- Hole, A.S., Rud, I., Grimmer, S., Sigl, S., Narvhus, J., Sahlström, S. (2012). Improved bioavailability of dietary phenolic acids in whole grain barley and oat groat following fermentation with probiotic *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus johnsonii*, and *Lactobacillus reuteri*. *J Agricult Food Chem*, 60: 6369-6375.
- Karaçıl, M.Ş., Tek, N.A. (2013). Dünyada üretilen fermente ürünler: tarihsel süreç ve sağlık ile ilişkileri. *Uludağ Üniv Ziraat Fak Der*, 27(2): 163-173.
- Kariluoto, S., Aittamaa, M., Korhola, M., Salovaara, H., Vahteristo, L., Piironen, V. (2006). Effects of yeasts and bacteria on the levels of folates in rye sourdoughs. *Int J Food Microbiol*, 106(2): 137–143.
- Katina, K., Laitila, A., Juvonen, R., Liukkonen, K.H., Kariluoto, S., Piironen, V., Landberg, R., Aman, P., Poutanen, K. (2007). Bran fermentation as a means to enhance technological properties and bioactivity of rye. *Food Microbiol*, 24: 175-186.
- Katina, K., Juvonen, R., Laitila, A., Flander, L., Nordlund, E., Kariluoto, S., Piironen, V., Poutanen, K. (2012). Fermented wheat bran as a functional ingredient in baking. *Cereal Chem*, 89(2): 126-134.
- Keservani, R.K., Sharma, A.K. (2014). Flavonoids: emerging trends and potential health benefits. *J Chinese Pharmac Sci*, 23(12): 815-822.
- Khlestkina, E.K. (2013). The adaptive role of flavonoids: emphasis on cereals. *Cereal Res Commun*, 41(2): 185-198.
- Kockova, M., Dilongová, M., Hybenová, E., Valík, L. (2013). Evaluation of cereals and pseudo-cereals suitability for the development of new probiotic foods. *J Chem*, Article ID 414303.
- Kohajdová, Z. (2017). Fermented Cereal Products. In: *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*, Pandey, A., Sanroman, M.A., Du, G., Soccol, C.R., Dussap, C.G. (eds). Elsevier, Amsterdam, pp. 91-117.
- Kohajdová, Z., Karovičová, J. (2007). Fermentation of cereals for specific purpose. *J Food Nutr Res*, 46(2): 51-57.
- Kozłowska, A., Szostak-Wegierek, D. (2014). Flavonoids - food sources and health benefits. *Annals of the National Institute of Hygiene*, 65(2): 79-85.
- Kumar, S., Pandey, A.K. (2013). Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. *The Scientific World J*, Article ID 162750.
- Liptáková, D., Matejčeková, Z., Valík, L. (2017). Lactic acid bacteria and fermentation of cereals and pseudo-cereals. In: *Fermentation Processes*, Jozala, A.F. (ed). Intech Publisher, DOI:10.5772/65459.
<https://www.intechopen.com/books/fermentation-processes/lactic-acid-bacteria-and-fermentation-of-cereals-and-pseudocereals>.
- Liu, Z., Liu, Y., Pu, Z., Wang, J., Zheng, Y., Li, Y., Wei, Y. (2013). Regulation, evolution, and functionality of flavonoids in cereal crops. *Biotechnol Lett*, 35(11): 1765-1780.

- Martián-Cabrejas, M.A., Sanfiz, B., Vidal, A. (2004). Effect of fermentation and autoclaving on dietary fiber fractions and antinutritional factors of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J Agricult Food Chem*, 52: 261–266.
- Masisi, K., Beta, T., Moghadasian, M.H. (2016). Antioxidant properties of diverse cereal grains: A review on *in vitro* and *in vivo* studies. *Food Chem*, 196: 90-97.
- Mukhametzhanova, A.D., Akhmetova, A.I., Sharipova, M.R. (2012). Microorganisms as phytase producers. *Microbiology*, 81(3): 267-275.
- Nagaoka, H. (2005). Treatment of germinated wheat to increase levels of GABA and IP6 catalyzed by endogenous enzymes. *Biotechnol Progress*, 21: 405-410.
- Ojha, K.S., Tiwari, B.K. (2016). Novel food fermentation technologies. In: *Novel Food Fermentation Technologies*, Ojha, K.S., Tiwari B.K. (Eds). Springer, Switzerland, 1-2.
- Pallin, A. (2015). Fermentation of barley flour with *Lactobacillus reuteri*. Swedish University of Agricultural Sciences, Licentiate Thesis, Upsala, Sweden, 60 p.
- Pallin, A., Agback, P., Jonsson, H., Roos, S. (2016). Evaluation of growth, metabolism and production of potentially bioactive components during fermentation of barley with *Lactobacillus reuteri*. *Food Microbiol*, 57: 159-171.
- Pranoto, Y., Anggrahini, S., Efendi, Z. (2013). Effects of natural and *Lactobacillus plantarum* fermentation on *in-vitro* protein and starch digestibilities of sorghum flour. *Food Biosci*, 2: 46-52.
- Reale, A., Konietzny, U., Coppola, R., Sorrentino, E., Greiner, R. (2007). The importance of lactic acid bacteria for phytate degradation during cereal dough fermentation, *J Agricult Food Chem*, 55: 2993-2997.
- Sarwar, M.H., Sarwar, M.F., Sarwar, M., Qadri, N.A., Moghal, S. (2013). The importance of cereals (*Poaceae: Gramineae*) nutrition in human health: a review. *J Cereals Oil Seeds*, 4(3): 32-35.
- Sommano, S. (2014). Effect of food processing on bioactive compounds. In: *Advances in Food Science and Nutrition*. Visakh, P.M., Iturriaga, L.B., Ribotta, P.D. (Eds). Vol 2, Scrivener Publishing, pp. 361-390.
- Svensson, L., Sekwati-Monang, B., Lutz, D.L., Schieber, A., Gänzle, M.G. (2010). Phenolic acids and flavonoids in nonfermented and fermented red sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Moench). *J Agricult Food Sci*, 58: 9214-9220.
- Todorov, S.D., Holzapfel, W.H. (2015). Traditional cereal fermented foods as sources of functional microorganisms. In: *Advances in Fermented Foods and Beverages*, Holzapfel, W (ed), Cambridge: Woodhead Publishing, 123-153.
- Vaz Patto, M. C., Amarowicz, R., Aryee, A. N. A., Boye, J. I., Chung, H-J., Martín-Cabrejas, M. A., Domoney, C. (2015). Achievements and challenges in improving the nutritional quality of food legumes. *Crit Rev Plant Sci*, 34, 105-143.
- Wang, T., He, F., Chen, G. (2014a). Improving bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds in cereal grains through processing technologies: A concise review. *J Funct Foods*, 7: 101-111.
- Wang, C.Y., Wu, S.J., Shyu, Y.T. (2014b). Antioxidant properties of certain cereals as affected by food-grade bacteria fermentation. *J Biosci Bioeng*, 117(4): 449-456.
- Weston, L.A., Mathesius, U. (2013). Flavonoids: their structure, biosynthesis and role in the rhizosphere, including allelopathy. *J Chem Ecology*, 39(2): 283-297.