

Atıf İçin: Olcay N, Demir MK, 2022. Yalancı Tahıllarda Çimlendirme Prosesinin Etkileri. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(1): 252-265.

To Cite: Olcay N, Demir MK, 2022. Effects of Germination Process on Pseudocereals. Journal of the Institute of Science and Technology, 12(1): 252-265.

Yalancı Tahıllarda Çimlendirme Prosesinin Etkileri

Nezahat OLCAY^{1*}, Mustafa Kürşat DEMİR¹

ÖZET: Dünyada en çok görülen gıda alerjilerinden birisi olan çölyak, hasta bireylerde önerilen miktarlardan daha az B vitamini, demir, kalsiyum ve lif gibi besin öğelerinin emilimine, dolayısıyla besin eksikliğine bağlı komplikasyonların oluşmasına neden olmaktadır. Çölyak hastaları için yüksek besin değerine sahip yeni gıda formülasyonlarının oluşturulmasında, zenginleştirmenin yanı sıra, kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), amarant (*Amaranthus* sp.) ve karabuğday (*Fagopyrum* sp.) gibi yalancı tahılların kullanımı da giderek artmaktadır. Çimlendirme, yenilebilir tohumların besleme kalitesini iyileştiren basit bir proses olarak görülmektedir. Dolayısıyla glutensiz gıdaların besin değerinin artırılmasındaki bir diğer yaklaşım ise formülasyonda kullanılacak yalancı tahıllara çimlendirme prosesi uygulamaktır. Bu çalışmada, yalancı tahıllardan kinoa, amarant ve karabuğdayın çimlendirilmesi ile besin içeriklerinde gerçekleşen değişimler hakkında yapılan çalışmalar derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çimlendirme, yalancı tahıllar, kinoa, karabuğday, amarant

Effects of Germination Process on Pseudocereals

ABSTRACT: Celiac disease, is one of the most common food allergies in the world, causes malnutrition of vitamin B, iron, calcium and fiber below the recommended amounts in patients, thus causing complications due to nutrient deficiency. In addition to enrichment, the usage of pseudocereals such as quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), amaranth (*Amaranthus* sp.) and buckwheat (*Fagopyrum* sp.) has an increasing trend in the improvement of new food formulations with high nutritional value for celiac patients. Germination is seen as a simple process that improves the nutritional quality of edible seeds. Therefore, another approach to increase the nutritional value of gluten-free foods is to apply the germination process to pseudocereals that can be used in the formulation. In this study, studies researching the changes in nutrient content with the germination of quinoa, amaranth and buckwheat from pseudocereals were compiled.

Keywords: Germination, pseudocereals, quinoa, buckwheat, amaranth

¹Nezahat OLCAY ([Orcid ID: 0000-0003-3302-8969](https://orcid.org/0000-0003-3302-8969)), Mustafa Kürşat DEMİR ([Orcid ID: 0000-0002-4706-4170](https://orcid.org/0000-0002-4706-4170)), Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Nezahat OLCAY, e-mail: olcaynezahat@gmail.com

GİRİŞ

Dünya genelinde yetişkinlerin %2'sinde, çocukların ise %5'inde gıda alerjisi bulunmaktadır. Bu yüzde, nüfus bazında değerlendirildiğinde yalnızca Avrupa ve Amerika'da 20 milyon insanın gıda alerjisine sahip olduğu görülmektedir. Alerjen özellik gösteren 70'ten fazla gıda olduğu bilinmektedir (Jedrychowski, 2010; Omary ve ark., 2012).

Çölyak hastalığı, dünyada en çok görülen gıda alerjilerinden birisidir. Çölyak, genetik olarak duyarlı bireylerde gluten içeren tahılların tüketilmesi ile tetiklenen bir otoimmün enteropatidir. Çölyak hastalarında gluten tüketimi, sürekli mukozal hasara neden olmakta ve ancak glutenin diyetten tamamen çıkarılması ile tam mukozal iyileşme gözlenmektedir (Fasano ve Catassi, 2001; Alvarez-Jubete ve ark., 2009). Çölyak hastalarında bağırsaktaki mukozal hasarın bir sonucu olarak, besinlerin kötü emilimi, sindirim bozukluğunun neden olduğu gastrointestinal semptomlar ve yetersiz beslenmeye bağlı hastalıklar yaygın olarak gözlenmektedir (See ve Murray, 2006; Alvarez-Jubete ve ark., 2009). Bunun yanı sıra, çölyak hastalığına bağlı olarak hasta bireylerde, anemi, bağırsak bozuklukları veya osteoporoz gibi birçok farklı semptom görülebilmektedir (McGough ve Cummings, 2005; Alvarez-Jubete ve ark., 2009). Glutensiz bir diyet ile çölyak hastalarında semptomatik ve histolojik iyileşmeler görülebilmektedir. Ayrıca glutensiz bir beslenmenin; besin eksikliği, kemik hastalığı ve lenfoma gibi komplikasyon risklerinde de azalmaya neden olacağı bildirilmiştir (See ve Murray, 2006; Alvarez-Jubete ve ark., 2009).

Hallert ve ark. (2002), glutensiz diyetle beslenen çölyak hastalarında, uygulanan diyetle ilgili olarak hastaların yarısının vitamin eksikliği belirtileri gösterdiğini gözlemlemiştir. Başka bir çalışma çölyak hastalarının sağlıklı bireylere kıyasla oldukça düşük kiloya ve vücut kitle indeksine sahip olduğu görülmüş, ileri yaştaki çölyak hastası kadınlarda kemik dokusunda mineral içeriğinin de daha düşük olduğu bildirilmiştir. Ayrıca çölyak hastalarının uyguladıkları diyetle enerji alımının çoğunun karbonhidratlar yerine yağlardan sağlandığı, bu nedenle glutensiz beslenmenin dengesiz olduğu bildirilmiştir (Ciacci ve ark., 2002). Thompson (2000), glutensiz ürünlerin beslenme kalitesini değerlendirdiği bir çalışmada, bu ürünlerin çoğunun buğday içeren ürünlere kıyasla daha düşük tiamin, riboflavin, niasin, folat ve demir içeriğine sahip olduğunu bildirmiştir. Mariani ve ark. (1998), glutensiz diyetle beslenen çocukların günlük diyetlerinde daha fazla protein ve yağ tükettiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Bardella ve ark. (2000), yetişkin çölyak hastalarının günlük enerji ihtiyacının çoğunluğunu yağ tabiatındaki gıdalardan karşıladığını buna karşın karbonhidrat bazlı beslenmenin oldukça düşük olduğunu bildirmişlerdir. Hopman ve ark. (2006), çölyak hastalarının lif ve demir alımının oldukça düşük, doymuş yağ alımının ise yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Dolayısıyla çölyak hastalarının diyetlerinde besin takviyesinin gerekli olduğuna dikkat çekilmiştir.

Yalancı Tahıllar

Glutensiz diyetler gluten içermeyen amarant, karabuğday ve kinoa gibi yalancı tahıllar kullanılarak üretilen gıdalarla çeşitlendirilebilir (Dykes ve Rooney, 2007; Smeds ve ark., 2007; Gorinstein ve ark., 2008; Omary ve ark., 2012). Monokotiledon olan buğday, pirinç, arpa gibi çoğu tahılın aksine dikotiledon bitkiler olan amarant, kinoa ve karabuğday botanikte "yalancı tahıllar veya tahıl benzeri" olarak bilinmektedir. Bu tanelerin fonksiyonları ve bileşimleri gerçek tahıllara benzediği için yalancı tahıl olarak isimlendirilmektedirler. Yalancı tahıllar arasındaki en önemli türler kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), amarant (*Amaranthus* sp.) ve karabuğdaydır (*Fagopyrum* sp.). Kinoa ve amarant, Güney Amerika'daki And bölgesine özgü Chenopodiaceae familyasına aittir. Orta ve Batı Çin'e özgü, Polygonaceae familyasına ait karabuğdayın ise *F. sculentum* (yaygın karabuğday), *F. tataricum* (tartar

karabuğday) ve *F. cymosum* (uzun karabuğday) olmak üzere 3 yaygın türü bulunmaktadır (Martínez-Villaluenga ve ark., 2020).

Amarant ve kinoa tanelerindeki dairesel şekilli embriyo veya ruşeym, nişastaca zengin perispermi çevrelemekte ve tohum kabuğu ile birlikte yağ ve protein açısından nispeten daha zengin olan kepek fraksiyonunu oluşturmaktadır (Taylor ve Parker, 2002; Bressani, 2003; Alvarez-Jubete ve ark., 2009). Amarant ve kinoa kepek fraksiyonunun (tohum kabuğu ve embriyo) oranı, mısır ve buğday gibi tahıllara kıyasla daha yüksek olduğundan, protein ve yağ içerikleri de daha fazladır (Bressani, 2003; Alvarez-Jubete ve ark., 2009). Karabuğday tohumlarında ise nişasta endospermde depolanmakta ve iki kotiledonlu embriyo, nişastalı endosperm boyunca uzanmaktadır (Mazza ve Oomah, 2003; Alvarez-Jubete ve ark., 2009). Yalancı tahılların ve buğdayın bazı besinsel içerikleri Çizelge 1'de karşılaştırılmıştır.

Çizelge 1. Yalancı tahıllar ve buğdayın kimyasal bileşimi (Alvarez-Jubete ve ark., 2009)

	Amarant	Kinoa	Karabuğday	Buğday
Protein (%)	16.5	14.5	12.5	12.0
Yağ (%)	5.7	5.2	2.1	2.5
Toplam nişasta (%)	61.4	64.2	58.9	63.0
Diyet lif (%)	20.6	14.2	29.5	17.4
Kül (%)	2.8	2.7	2.1	1.5
Kalsiyum (mg 100 g ⁻¹)	180.1	32.9	60.9	34.8
Magnezyum (mg 100 g ⁻¹)	279.2	206.8	203.4	96.4
Çinko (mg 100 g ⁻¹)	1.6	1.8	1.0	1.2
Demir (mg 100 g ⁻¹)	9.2	5.5	4.7	3.3

Glutensiz diyetler, ürünlere besin ögesi, mikrobesein ögesi, fitokimyasal madde ve lif içeriği yüksek gıdaların eklenmesiyle zenginleştirilebilmektedir. Zenginleştirmedeki bir diğer yaklaşım ise glutensiz diyetlerde çimlendirilmiş yalancı tahılların kullanımınıdır. Literatürde, çimlendirme ile tanede besin içeriğinin, toplam polifenolik madde içeriğinin ve antioksidan aktivitenin iyileştiği, antibesinsel faktörlerin ise azaldığı bildirilmiştir. Çimlendirmenin önemli bir avantajı ise yenilebilir tohumların beslenme kalitesini iyileştirmede kullanılabilir, karmaşık ekipman gerektirmeyen basit bir proses olmasıdır (Omary ve ark., 2012).

Çimlendirme tahıllar ve baklagillerde olduğu gibi yalancı tahılların da besinsel, fonksiyonel ve duyuşal özelliklerini geliştirebilen bir prostestir. Çimlendirme ile örneklerde vitamin (folat), mineral ve lif içerikleri ile glukoz, maltoz, sakkaroz gibi şekerlerin miktarı artırılabilir. Ayrıca çimlendirme ile tahıl, baklagil ve yalancı tahıl unlarının enzim içerikleri artırılabilir. Çimlendirilmiş örneklerden elde edilecek ürünlerin sindirilebilirliği, dolayısıyla besinsel yararlılıkları da artırılabilir. Tüm bu faydalı etkileri ile çimlendirilen yalancı tahıl unları glutensiz fonksiyonel gıda üretiminde önemli potansiyele sahiptir (Bellaio ve ark., 2013).

Çimlendirilmiş Yalancı Tahıllar

Kinoa

Demir ve Bilgiçli (2020)'nin bir çalışmasına göre ham ve çimlendirilmiş kinoa ununa ait bazı özellikler Çizelge 2'de özetlenmiştir. Bu çalışmada çimlenme ile renk parametrelerinde, L^* ve a^* değerlerinin arttığı, b^* değerinin ise azaldığı, bu durumun çimlendirilmiş örneklerde toplam fenolik madde içeriğinin daha yüksek olmasından kaynaklanıyor olabileceği bildirilmiştir. Çimlendirme ile kinoa küllü, ham protein, toplam fenolik madde ve mineral içeriklerinin arttığı, ham yağ ve fitik asit içeriklerinin ise azaldığı tespit edilmiştir. Kül içeriğindeki artışın kuru madde kaybından kaynaklanıyor

olabileceği belirtilmiştir. Fitik asit miktarındaki önemli azalışın nedeninin ise çimlenme ile fitaz aktivitesinde gerçekleşen artış ve bu artışa bağlı olarak fitatların parçalanmasından kaynaklandığı bildirilmiştir. Toplam fenolik madde içeriğindeki artışın muhtemel sebebinin, hücre duvarının parçalanması sonucu serbest formdaki fenolik bileşiklerin miktarında artış olması veya çimlenme sırasında endojen esteraz enzimleri vasıtasıyla yeni fenolik bileşiklerin sentezi olduğu belirtilmiştir. Mineral madde içeriklerindeki artışın da kül içeriğine benzer şekilde kuru madde kaybından kaynaklanıyor olabileceği bildirilmiştir.

Çizelge 2. Ham ve çimlendirilmiş kinoa ununun bazı özellikleri (Demir ve Bilgiçli, 2020)

	Ham kinoa unu	Çimlendirilmiş kinoa unu
<i>L</i> *	85.60	86.76
<i>a</i> *	0.90	1.61
<i>b</i> *	13.47	12.77
Kül (%)	2.07	3.12
Ham yağ (%)	4.32	3.98
Ham protein (%)	18.69	25.68
Fitik asit (mg 100g ⁻¹)	970.97	221.05
Toplam fenolik madde (mg GAE g ⁻¹)	1.48	3.13
Antioksidan aktivite (%)	35.51	79.26
Ca (mg 100 g ⁻¹)	46.34	87.24
Fe (mg 100 g ⁻¹)	3.90	4.56
K (mg 100 g ⁻¹)	652.40	959.55
Mg (mg 100 g ⁻¹)	124.47	154.07
P (mg 100 g ⁻¹)	398.33	516.89
Zn (mg 100 g ⁻¹)	2.41	3.75

Bhinder ve ark. (2021), çimlendirme uygulanmış kinoa ununda, fenolik bileşik içeriğinin, antioksidan aktivitenin, protein içeriğinin ve indirgen şeker içeriğinin önemli ölçüde arttığını bildirmişlerdir. En yüksek artış çimlenmenin 48. ve 72. saatlerinde gözlenmiştir. 96 saat çimlenen örneklerde ise polifenol ve protein içeriklerinde kayıplar meydana geldiği görülmüştür.

Carciochi ve ark. (2014), 72 saatlik çimlendirme ile kinoa örneklerinin toplam fenolik madde miktarında %101.2'lik, toplam flavonoid miktarında ise %59.6'lık bir artış tespit etmişlerdir. 3 günlük çimlendirme ile toplam fenolik madde miktarının 8.57 kat arttığı, fenolik maddeler arasındaki ana bileşenlerin ise vanilik asit (%51.2) ve ferulik asit (%21.6) olduğu bildirilmiştir. Fenolik maddeler arasında en büyük artış, 21 kat artış gösteren p-kumarik asitte görülmüştür. Toplam flavonoid miktarı ise çimlenme ile 4.4 kat artış gösterirken, başlıca flavonoidin kuersetin (1.36 mg 100 g⁻¹) olduğu tespit edilmiştir. Tespit edilen fenolik bileşikler ile DPPH antioksidan aktivite arasında pozitif bir korelasyon bulunmuş, buna paralel olarak 3 gün çimlendirme ile kinoa örneklerinin DPPH antioksidan aktivitesinin 2 kat arttığı tespit edilmiştir.

Suárez-Estrella ve ark. (2020), filizlendirmenin kinoaadaki protein ve nişasta molekülleri üzerine etkilerini araştırdıkları bir çalışmada, proteaz enzim aktivitesine bağlı olarak protein fraksiyonunda gözlenen değişikliklerin çimlenmenin 48. saatinden sonra başladığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada proteaz aktivitesiyle bakır ve çinko gibi elementlerin miktarında artış görülmüş, protein yapısındaki değişiklikler sonucu örneklerin köpük stabilitesi iyileşirken, köpük kapasitesi bu değişimlerden olumsuz etkilenmiştir. Filizlenme ile artan amilolitik enzim aktivitesine bağlı olarak ise ısıtma ile nişasta jelaletleşmesinin artış gösterdiği bildirilmiştir.

Darwish ve ark. (2020), bir çalışmalarında çimlendirmenin kinoaadaki etkisini ve kinoa filizlerinin antianemik potansiyelini araştırmışlardır. Çimlendirmeyle kinoa tanelerinde demir, kalsiyum, çinko, C vitamini ve karotenoid içeriklerinin sırasıyla %39, %49, %20, %32 ve %26 oranında artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bununla beraber antibesinsel faktör olan saponin, fitik asit ve tanen içerikleri sırasıyla %60, %50 ve %11 oranında azalmıştır. Biyolojik analizler sonunda, %10 oranında kinoa filizi içeren yemlerle beslenen demir eksikliği anemisine sahip deneklerin; vücut ve organ ağırlıklarının, serum profillerinin, kan hücresi sayımlarının ve kırmızı kan hücresi indekslerinin, 2 haftalık bir dönemden sonra kontrol grubuyla kıyaslanabilecek kadar iyileştirdiği bildirilmiştir. Bu çalışmanın sonunda, antioksidan özellikleri, vitamin ve mineral içerikleri, besinsel bileşenlerinin biyoyararlılıkları geliştirilmiş, antibesinsel özellikleri ise azaltılmış kinoa filizlerinin antianemik sağlık potansiyellerine dikkat çekilmiştir.

Ali (2019) bir çalışmada, nikotin enjekte edilen fare deneklerinin lipid profili, karaciğer enzimleri ve böbrek fonksiyonları üzerinde çimlendirilmiş kinoanın koruyucu etkisini araştırmıştır. Bu çalışmada çimlendirilmiş kinoanın kimyasal bileşiminin, besinsel değerini artıran diyet lif, polifenoller ve diğer antioksidan bileşikler açısından iyi bir kaynak olarak kabul edilebileceği belirtilmiştir. %10 oranında çimlendirilmiş kinoa içeren diyetle beslenen deneklerde böbrek ve karaciğer fonksiyonlarının iyileştiği, diyetle kullanılan çimlendirilmiş kinoanın tüm oranlarının (%5, 10 ve 15) ise toplam kolesterol üzerinde azaltıcı bir etki gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada çimlendirilmiş kinoanın iç organları nikotinin neden olduğu hasarlardan korumadaki önemine vurgu yapılmıştır. Ayrıca çimlendirilmiş kinoanın fonksiyonel gıdalarda kullanımıyla, kalp hastalığı, hiperkolesterolemik (kolesterol yüksekliği) ve karaciğer hastalıklarına karşı sağlığa faydalı etkileri ortaya konmuştur. Bu çalışmanın sonucunda, çimlendirilmiş kinoanın, zenginleştirilmiş diyetlerde ve besin takviyelerinde kullanımı ile kronik hastalık risk faktörlerinin azaltılabileceği önerilmiştir.

de Oliveira Lopes ve ark. (2019) bir çalışmalarında, filizlenmiş ve fermente edilmiş gıdaların çözünür karbonhidrat konsantrasyonunun azalarak, diyet lif ve dirençli nişasta içeriklerinin artması fikrinden yola çıkarak, filizlenmiş ve fermente edilmiş kinoa örneklerinin fare deneklerinde hipoglisemik etkilerini araştırmışlardır. Uygulanan prosesler ile kinoa örneklerinin basit karbonhidrat içeriklerinin arttığı, buna bağlı olarak da örneklerin glisemik indeksi azaltma yeteneğinin arttığı bildirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, filizlenmiş ve fermente edilmiş kinoanın, diyabet, obezite ve dislipidemi gibi hastalıkların riskini azaltıcı etki gösterebilecek beslenme açısından önemli bir kaynak olabileceği bildirilmiştir.

Amarant

Çimlendirilmiş amarant ununun bazı özellikleri Çizelge 3'te özetlenmektedir. Çimlendirme sonucu amarant tanelerinin protein içeriği %28.8 oranında artarken, yağ içeriği ise %28.5 oranında azalmıştır. Benzer şekilde çimlenmiş örneklerin esansiyel aminoasit içeriklerinde %6.7-%57.9 oranında artış görülmüştür. Ayrıca çimlendirmenin amarant ununda protein sindirilebilirliğini %11.7 oranında, protein verimliliğini ise %57 oranında artırdığı tespit edilmiştir. Çimlendirme ile örneklerin antioksidan aktivitesi ve fenolik madde içeriklerinde de artış gözlenmiş olup, tüm bu artışlara paralel şekilde örneklerin daha iyi antihipertansif (yüksek tansiyon önleyici) etki gösterdiği bildirilmiştir. Çalışma sonucunda çimlendirilmiş amarant ununun fonksiyonel gıda üretiminde kullanım potansiyelinin olduğu bildirilmiştir.

Çizelge 3. Ham ve çimlendirilmiş amarant ununun kimyasal bileşimi¹ (Argüelles-López ve ark., 2018)

	Özellik	Ham amarant unu	Çimlendirilmiş amarant unu
Kimyasal özellikler (%)	Protein	14.22	18.31
	Yağ	7.50	5.36
	Çözünür lif	4.69	3.55
	Çözünmeyen lif	9.74	20.31
	Toplam lif	14.43	23.86
Aminoasit bileşimi (g 100 g ⁻¹ protein)	Histidin	1.96	2.62
	İzolösin	3.81	4.40
	Lösin	6.96	6.98
	Lizin	7.39	7.47
	Metiyonin+sistein	5.28	6.54
	Metiyonin+tirozin	9.94	9.03
	Treonin	4.55	4.91
	Triptofan	0.59	1.13
Antioksidan aktivite (mikromol TE 100 g ⁻¹)	Valin	5.49	5.95
	Serbest antioksidan içeriği	2.134	11.089
	Bağlı antioksidan içeriği	2.768	10.132
	Toplam	4.902	21.221
Fenolik madde içeriği (mg GAE 100 g ⁻¹)	Serbest fenolik madde içeriği	11.94	146.0
	Bağlı fenolik madde içeriği	16.11	101.6
	Toplam	28.05	247.6

¹Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir

Guardianelli ve ark. (2019), çimlendirilmiş amarant tanelerinin %50.4 nişasta, %14.6 protein, %5.4 yağ, %10.4 lif, %2.76 kül ve %8.8 nem içeriğine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada çimlendirilmiş ve ham amarant unları %5, 15 ve 25 oranlarında buğday unu ile karıştırılmış ve bu karışımlardan elde edilen unların reolojik özellikleri incelenmiştir. Çimlendirilmiş amarant ununun %25 oranında buğday ununa karıştırılmasıyla elde edilen hamurun diğer örnekler göre nem içeriğinin daha yüksek olduğu, moleküler hareketliliğinin ise daha düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca %25 oranında amarant unu içeren hamur kontrol örneğine kıyasla daha iyi elastiklik ve daha viskoz bir yapı göstermiştir. Bu çalışmanın sonucunda ham ve çimlendirilmiş amarant ununun %25 oranına kadar buğday ununa karıştırılmasıyla, ekmek yapımına uygun reolojik özelliklere sahip bir bileşen elde edilebileceği bildirilmiştir.

Siwatch ve ark. (2019)'nın bir çalışmasına göre ham ve çimlendirilmiş amarantın bazı özellikleri Çizelge 4'te özetlenmiştir. Bu çalışmada çimlendirme ile amarant ununun şişme gücünün, jelatinizasyon entalpisinin ve viskozitesinin azaldığı, çözünürlüğünün, kırılma viskozitesinin ve çirilenme sıcaklığının ise arttığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda çimlenmiş amarant ununun sindirilebilirliğinde artış meydana gelebileceği bildirilmiştir.

Kanensi ve ark. (2013), suda bekletme ve çimlendirme koşullarındaki değişimlerin amarant örneğinin diastatik aktivitesi ve şeker içeriği üzerindeki etkilerini araştırdıkları bir çalışmada, en yüksek aktivitenin 5 saat suda bekletme (631.4 mg maltoz 10 g⁻¹) ve 72 saat çimlendirme (1658.9 mg maltoz 10 g⁻¹) ile elde edildiğini bildirmişlerdir. 5 saat suda bekletmenin ardından 24 saat çimlendirme ile en yüksek indirgen şeker içeriği (%13.1) elde edilmiştir. İndirgen olmayan şeker içeriği ise maksimum değere 5 saat suda bekletme ve ardından 72 saat çimlendirme ile (%17.0) ulaşmıştır. Suda

bekletme ve çimlendirme süresindeki artışın amarant tanelerindeki nişasta içeriğini azaltıcı bir etki gösterdiği bildirilmiştir.

Vora ve ark. (2014) bir çalışmalarında, amarant tanelerinde çimlendirme ile protein, karbonhidrat, kalsiyum, demir ve C vitamini içeriğinde bir artış gözlemlendiğini ve çimlenmiş amarantın besinsel içeriğinin buğdaya kıyasla oldukça yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Hem çimlenmiş hem de çimlenmemiş amarant örneklerinin sulu ekstraktlarının antimikrobiyal etkinliğinin ortaya konduğu bu çalışmada, *Salmonella typhi* gibi şiddetli gastro intestinal sistem patojenlerine karşı dahi efektif bir antimikrobiyal aktivite gözlenmiştir. Bu çalışmanın sonunda, çimlendirmenin amarant tanelerindeki metabolik aktiviteyi artırdığı, besinsel ve duyuşal özellikleri ise geliştirdiği bildirilmiştir.

Çizelge 4. Ham ve çimlendirilmiş amarant ununun bazı özellikleri (Siwath ve ark., 2019)

Özellik		Ham	Çimlendirilmiş
Nem		9.51	9.05
Kül		2.93	2.20
Yağ	(%)	7.33	6.51
Ham lif		2.04	2.19
Protein		15.27	16.19
Amiloz		7.05	5.99
Toplam fenolik içerik		3.96	5.02
Fitat içeriği	(mg g ⁻¹)	2.91	1.85
Tanen içeriği		0.80	0.51
Su absorpsiyon kapasitesi	(g g ⁻¹)	2.26	2.73
Yağ absorpsiyon kapasitesi		2.02	2.52
Yığın yoğunluğu	(g ml ⁻¹)	0.54	0.50

Karabuğday

Ham ve çimlendirilmiş karabuğdayın bazı özellikleri Çizelge 5'te gösterilmektedir. Yapılan bir çalışmada, çimlendirilmiş tahıllar ve yalancı tahılların, α -amilaz aktiviteleri sayesinde glukozidaz için iyi bir inhibitör olduğu bildirilmiştir (Donkor ve ark. 2012). Araştırmacılar, ham karabuğday tanelerinin antioksidan aktivitesinin yüksek olduğunu ve çimlendirmeyle bu aktivitenin %50 oranında arttığını bildirmişlerdir. Ayrıca çimlendirme ile örneklerin arabinoksilan ve aminoasit içerikleri de artış göstermiştir.

Tanwar ve ark. (2019) çimlendirilmiş karabuğday ununun özelliklerini araştırdıkları çalışmalarından elde edilen verilere göre, ham ve çimlendirilmiş karabuğday ununun kimyasal kompozisyonu Çizelge 6'da özetlenmiştir. Bu çalışmada çimlendirme ile örneklerin yığın yoğunluğunda %15.66 oranında bir azalma görülmüştür. Çimlendirilmiş karabuğday ununun emülsiyon aktivitesi ve emülsiyon kapasitesinde sırasıyla %62.79 ve %24.52 oranında bir düşüş tespit edilmiştir. Örneklerin yağ absorpsiyon kapasitesinde, şişme gücünde (%48.07) ve su absorpsiyon kapasitesinde (%25.78) ise önemli bir artış görülmüştür. Ayrıca çimlendirme ile karabuğday ununun toplam fenolik madde içeriği (%26.12) ve antioksidan aktivitesinde önemli bir artış tespit edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen veriler doğrultusunda, çimlendirilmiş karabuğday ununun tahıl bazlı beslenmede görülen eksikliklerin giderilmesinde kullanılabilecek bir bileşen olduğu ve hem ekonomik hem de besinsel açıdan üstün özelliklere sahip ürünlerin üretiminde kullanılabileceği bildirilmiştir.

Çizelge 5. Ham ve çimlendirilmiş karabuğday ununa ait bazı özellikler (Donkor ve ark. 2012)

Özellik	Ham	Çimlendirilmiş
Kül	1.89	1.91
Protein	12.88	16.93
Yağ (g 100 g ⁻¹)	4.10	1.93
Nişasta	46.88	62.60
Gallik asit	0.73	nd
Epigallokateşin	14.04	1.41
Kateşin	26.80	13.53
Epikateşin	38.30	9.45
Epigallokateşingallat (µg ml ⁻¹)	4.03	3.08
p-kumarik asit	13.39	6.63
Ferulik asit	29.34	4.45
Luteolin	17.35	3.96
IP4 ¹	0.63	0.61
IP5 ² (g 100 g ⁻¹)	nd	0.05
IP6 ³	0.04	nd

¹ inositol tetraphosphate, ² inositol pentaphosphate, ³inositol hexaphosphate

Çizelge 6. Ham ve çimlendirilmiş karabuğdayunun kimyasal bileşimi (Tanwar ve ark., 2019)

	Ham	Çimlendirilmiş
Kül (%)	2.33	1.8
Karbonhidrat (%)	68.39	62.84
Yağ (%)	1.67	1.33
Lif (%)	8.23	7.87
Nem (%)	12.66	14.66
Protein (%)	11	11.5

Morita ve ark. (2013) çalışmalarında, karabuğdayın 5 farklı fraksiyonunun besinsel içeriğini ve çimlendirmenin karabuğdayın besinsel özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada, karabuğday tanesinin iç fraksiyonlarından dış fraksiyonlarına doğru protein, yağ ve kül içeriklerinin arttığı ve nem içeriğinin ise azaldığı bildirilmiştir. İç fraksiyonların daha az kalsiyum içerdiği ve tüm fraksiyonların ise potasyum, magnezyum ve fosfor açısından oldukça zengin olduğu tespit edilmiştir. 24 saat çimlendirmenin karabuğdayın fitik asit içeriği üzerine önemli bir etkisi bulunmazken, aminoasit içeriğini önemli ölçüde artırdığı görülmüştür. 24 saat inkübasyon ile karabuğdayın γ-aminobütirik asit (GABA) içeriğinin 2.5 kat arttığı tespit edilmiştir. Karabuğdayın α-amilaz ve proteaz aktivitelerinin çimlenme sürecinde buğdaydan daha aktif olduğu görülmüştür. Karabuğdayın lizin ve triptofan aminoasitlerince oldukça zengin olduğu bilgisinden yola çıkılarak, alerjen protein içeriğinin düşürülmesi amacıyla karabuğdaya çimlendirme işlemi uygulanmıştır. Çimlendirme işleminin, düşük alerjen içeren ya da hiç alerjen içermeyen karabuğday ürünleri eldesinde efektif, uygun ve faydalı bir proses olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada elde edilen veriler doğrultusunda, çimlendirme işleminin, karabuğdayda GABA, mineral, aminoasit ve diğer besin bileşenlerinin içeriklerini artırdığı, karabuğdayın alerjenik özelliklerini azalttığı, gıda ürünlerinde daha iyi tat sağladığı ve böylece karabuğdaya besinsel açıdan değer katarak daha sağlıklı yeni bir gıda alternatifi oluşturduğu sonucuna varılmıştır.

Caterina ve Camelia (2012) bir çalışmalarında, karabuğday tanelerinin toplam fenolik madde içeriğinin 7 günlük çimlendirme sonucunda 50.26 mg 100 g⁻¹ değerinden 298.03 mg 100 g⁻¹ değerine yükseldiğini tespit etmişlerdir. Fenolik madde içeriğindeki artışın, hidrolitik enzim aktivitesindeki artışa

bağlı olarak, hücre duvarının parçalanması ve serbest formun açığa çıkmasından kaynaklandığı bildirilmiştir. Flavonoid içeriğindeki değişimin rutin ve kuersetin olarak ifade edildiği bu çalışmada, çimlendirme ile rutin içeriğinin 13.66 mg 100 g⁻¹'dan 283.43 mg 100 g⁻¹'a, kuersetin içeriğinin ise 4.77 mg 100 g⁻¹'dan 223.76 mg 100 g⁻¹'a yükseldiği tespit edilmiştir. Ayrıca suda çözünür askorbik asit içermeyen karabuğday tanelerinde, çimlendirme ile askorbik asit içeriğinin doğrusal bir şekilde arttığı ve çimlendirmenin 7. gününde örneklerin en yüksek (1.09 mg 100 g⁻¹) askorbik asit içeriğine sahip olduğu rapor edilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda çimlendirilmiş karabuğday ununun fonksiyonel gıda üretiminde kullanılabilecek bir bileşen olduğu bildirilmiştir.

Hung ve ark. (2020), farklı çimlendirme süresinin karabuğdayın kimyasal kompozisyonu, enzim aktivitesi ve biyoaktif bileşenleri üzerindeki etkilerini araştırdıkları bir çalışmada, çimlendirme süresi uzadıkça örneklerdeki protein ve yağ içeriklerinin arttığını, kül ve karbonhidrat içeriklerinin ise azaldığını tespit etmişlerdir. En yüksek protein (%15.76) ve yağ (%4.19) içeriğine 48 saat çimlendirmenin ardından ulaşılmıştır. Örneklerin indirgen şeker içeriğinin çimlendirme prosesinin ilk 16 saatinde değişmediği, fakat 24-48 saat arasındaki çimlendirme ile indirgen şeker içeriğinin önemli derecede arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca çimlendirme ile esansiyel aminoasit içeriğinde de önemli bir artış gözlenmiş, tahıllarda sınırlayıcı aminoasitler olan lizin, histidin ve metiyonin içeriklerinin de esansiyel aminoasitlere benzer şekilde çimlendirme ile %11.72'den %15.64'e arttığı görülmüştür. Bunun yanı sıra ürünlerin acılığında sorumlu olan lösin ve arginin miktarının da çimlendirmeyle azaldığı gözlenmiştir. Çimlendirilmiş karabuğday örneklerindeki başlıca yağ asitlerinin palmitik, oleik ve linoleik asit olduğu, çimlendirmeyle doymamış yağ asitlerinin miktarı değişmezken, doymuş yağ asidi içeriğinin azaldığı bildirilmiştir. Çimlendirme ile diastatik ve α -amilaz enzim aktivitelerinde beklenildiği üzere artış görüldüğü, aktivite artışının çimlendirmenin 8. saatinde başladığı ve en fazla aktivitenin 48 saat çimlendirme ile elde edildiği bildirilmiştir. Proteaz aktivitesinin ise çimlendirmenin 16. saatinde artmaya başladığı ve 48. saatte maksimum değere ulaştığı bildirilmiştir. Serbest fenolik ekstraktlarındaki fenolik asit ve flavonoid miktarları bağlı ekstratlardan yüksek bulunurken, hem serbest hem bağlı fraksiyonların toplam fenolik ve flavonoid içeriklerinde çimlendirme ile artış görülmüştür. Karabuğday örneklerindeki ana fenolik bileşikler olarak tespit edilen rutin konsantrasyonunda artan, ve kuersetin konsantrasyonunda ise azalan bir eğilim gözlenmiştir. Tüm bu sonuçlar doğrultusunda, çimlendirilmiş karabuğdayın fonksiyonel gıda üretiminde kullanılabilecek sağlıklı bir gıda bileşeni olduğu bildirilmiştir.

Ispiryan ve ark. (2021) karabuğdayda çimlendirme ile FODMAP (fermente olabilir oligosakkaritler disakkaritler, monosakkaritler ve polioller) içeriğindeki değişimleri araştırdıkları çalışmanın sonuçları Çizelge 7'de özetlenmektedir. Bu çalışmanın sonucunda karabuğdaydaki çözünür, sindirilemeyen ve fermente olabilen karbonhidratların çimlendirme işlemi sırasında azaldığı, dolayısıyla karabuğday maltının düşük FODMAP içeriği ile sağlıklı bir gıda bileşeni olduğu bildirilmiştir.

Çizelge 7. Ham ve çimlendirilmiş karabuğdayın FODMAP içerikleri (Ispiryan ve ark., 2021)

	Ham karabuğday	Çimlenmiş karabuğday
Nem (%)	13.90	7.45
α -amilaz (cU g ⁻¹)	0.05	33.75
β -amilaz (U g ⁻¹)	0.12	0.50 U/g
Glukoz (g 100 g ⁻¹)	0.09	1.84
Fruktoz (g 100 g ⁻¹)	0.04	0.08
Sorbitol (g 100 g ⁻¹)	0.03	0.08

Çimlendirilmiş Yalancı Tahılların Bazı Özelliklerinin Karşılaştırılması

Ham ve çimlendirilmiş amarant ile kinoa unlarının bazı özellikleri Çizelge 8’de özetlenmiştir. Bu çalışmada hem amarant hem de kinoada çimlendirme işlemi ile un örneklerinin L^* değerlerinde düşüş görülmüştür. a^* değerleri üzerinde çimlendirme prosesinin önemli bir etkisi bulunmazken, çimlendirme ile amarant örneğinde b^* değeri artmış, kinoa örneğinde ise b^* değeri azalmıştır. Ayrıca çimlendirme yalancı tahıl unlarının viskozite değerlerinin düşmesine neden olmuştur.

Çizelge 8. Çimlendirilmiş amarant ve kinoaya ait bazı özellikler (Sindhu ve ark., 2019)

Özellik		Ham amarant	Çimlendirilmiş amarant	Ham kinoa	Çimlendirilmiş kinoa
Nem		7.60	5.46	7.93	5.20
Kül	%	3.33	2.33	3.46	2.60
Yağ	%	7.53	4.06	8.10	5.26
Protein		16.60	17.40	14.50	15.60
Çözünürlük	%	37.87	26.76	17.63	10.29
Su absorpsiyon kapasitesi	g g ⁻¹	1.53	2.77	1.25	2.14
Yağ absorpsiyon kapasitesi	ml g ⁻¹	1.53	2.73	1.73	2.53
Yığın yoğunluğu	g ml ⁻¹	0.82	0.56	0.63	0.36
Saponin içeriği	g 100 g ⁻¹	2.66	0.84	1.42	0.46
Tanen içeriği	mg 100 g ⁻¹	1.58	0.68	0.57	0.03
Demir		19.58	14.82	6.07	3.25
Magnezyum	mg 100 g ⁻¹	325.42	302.46	207.7	170.80
Çinko		4.92	4.25	4.58	3.60
Kalsiyum		201.88	196.27	69.18	60.97

Jimenez ve ark. (2019), çimlendirme prosesinin kinoa ve amarantın besinsel ve teknolojik özellikleri üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, çimlendirmenin örneklerin protein ve kül içeriğini önemli derecede artırdığını tespit etmişlerdir. Protein içeriği kinoa örneklerinde %12-22 arasında, amarant örneklerinde ise %7-11 arasında artış göstermiştir. Örneklerdeki proteinler, özellikle de yüksek moleküler ağırlığına sahip proteinler, çimlendirmeyle hidrolize uğramış, dolayısıyla sindirilebilirlik değerleri önemli ölçüde artış göstermiştir. Protein sindirilebilirliğinin kinoada %15-42, amarantta ise %19-20 oranlarında arttığı bildirilmiştir. Ayrıca örneklerin amiloz içeriğinde de önemli ölçüde bir artış görülmüştür. Amiloz artışı kinoada %13-65 arasında bulunurken, amarantta oldukça yüksek bir oranda (>%100) tespit edilmiştir. Örneklerin sindirilebilir nişasta içeriği çimlendirmeyle azalırken, dirençli nişasta içeriğinde önemli bir değişim görülmemiştir. Çimlendirme, örneklerin jelatinizasyon enerjisi (ΔH) ve retrogradasyon entalpisi (ΔH_r) üzerinde de azaltıcı bir etki göstermiştir. Çimlendirme ile retrogradasyonda (%R) gözlenen artışın, örneklerdeki yüksek amiloz/amilopektin oranından kaynaklandığı belirtilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, çimlendirmenin kinoa ve amarantta besinsel özellikleri geliştirdiği bildirilmiş, fakat retrogradasyondaki artışa bağlı olarak, çimlendirilmiş kinoa ve amarant unlarının kullanılacağı ürünlerde reolojik, tekstürel ve duyuşsal özelliklerin olumsuz etkilenebileceğine dikkat çekilmiştir.

Egli ve ark. (2002), suda bekletme ve çimlendirmenin yalancı tahıllardaki fitaz aktivitesi ve fitik asit içeriği üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmanın sonuçları Çizelge 9’da özetlenmektedir. Bu çalışmanın sonunda, yalancı tahılların düşük fitaz aktivitesine sahip olduğu, fakat suda bekletme ve çimlendirme ile fitaz aktivitesinin artırılarak fitik asit içeriğinin düşürülebileceği bildirilmiştir.

Çizelge 9. Ham ve çimlendirilmiş amarant, karabuğday ve kinoanın fitaz aktivitesi ve fitik asit içeriği¹ (Egli ve ark., 2002)

Örnek	Ham	Suda bekletme	24 saat çimlendirme	48 saat çimlendirme	72 saat çimlendirme	
Fitaz aktivitesi (PU g ⁻¹)	Amarant	1.27	1.01	1.21	1.57	nd
	Karabuğday	2.90	1.49	2.18	2.01	1.27
	Kinoa	0.62	0.40	0.74	0.54	nd
Fitik asit içeriği (g 100 g ⁻¹)	Amarant	1.39	1.43	1.44	1.30	nd
	Karabuğday	1.42	1.30	1.44	1.46	1.44
	Kinoa	0.97	1.03	0.93	0.85	nd

¹Değerler kuru madde üzerinden verilmiştir

Motta ve ark. (2019), kinoa, amarant ve karabuğday tanelerinde çimlendirmenin etkisini araştırdıkları çalışmalarında, çimlendirme ile örneklerin nem içeriğinin düştüğünü tespit etmişlerdir. Örneklerin folat içeriklerinin amarant ve karabuğdayda çimlendirme ile arttığı, kinoada ise değişmediği görülmüştür. Örneklerin toplam folat içerikleri, folik asit (FA), 5-metiltetrahidrofolat (5-MTHF) ve 10-formiltetrahidrofolat (10-CHOTHF) içeriklerinin toplamı şeklinde ifade edilmiş (folik asit eşdeğeri), ham ve çimlendirilmiş kinoa, amarant ve karabuğdaydaki miktarları Çizelge 10'da özetlenmiştir. Çimlendirme ile örneklerin 5-MTHF ve toplam folat içeriklerinde önemli bir artış meydana geldiği görülmüş, çimlendirilmiş yalancı tahılların iyi bir folat kaynağı olduğu bildirilmiştir. EFSA (Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi) önerilerine göre, çimlendirilmiş amarant ve kinoanın folat içeriği açısından diyet referans değerinin %25'inden fazlasına katkıda bulunabildiği, çimlendirilmiş karabuğdayın ise %19 oranında katkıda bulunabildiği bildirilmiştir.

Çizelge 10. Ham ve çimlendirilmiş kinoa, amarant ve karabuğdayın folat içerikleri (Motta ve ark., 2017)

Örnek	FA	5-MTHF	10-CHOTHF	Toplam Vitamin ¹	
Amarant	Tane	4.88	211	21.2	228
	Çimlendirilmiş	4.87	268	14.6	276
Kinoa	Tane	9.35	259	53.4	309
	Çimlendirilmiş	6.41	233	57.8	285
Karabuğday	Tane	1.75	148	9.10	153
	Çimlendirilmiş	0.94	187	13.4	193

¹Değerler folik asit eşdeğeri olarak verilmiştir.

SONUÇ

Yalancı tahıllardan kinoa, amarant ve karabuğday glutensiz gıdaların üretiminde besin değerini artıran bileşenler olarak kullanılabilir. Bunun yanı sıra çimlendirme ile yalancı tahılların besinsel ve fitokimyasal özellikleri geliştirilebilmekte, bileşimlerdeki antibesinsel faktörler azaltılabilmekte ve çölyak hastaları için daha kaliteli besin ögesi içeriğine sahip gıdaların üretiminde kullanılabilir. Bu bağlamda, çimlendirilmiş yalancı tahılların glutensiz ürün formülasyonlarında kullanım olanakları ve glutensiz diyetlerde kullanımı ile çölyak hastaları üzerindeki etkilerinin araştırılması hakkında literatürde daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

TEŞEKKÜR

Yazar Nezahat Olcay, Yenilikçi Gıda İşleme Teknolojileri ve Gıda Biyoteknolojisi alanında Yüksek Öğretim Kurulu (YÖK) 100/2000 Doktora Bursiyeridir.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- Alvarez-Jubete L, Arendt EK, Gallagher E, 2009. Nutritive Value and Chemical Composition of Pseudocereals as Gluten-Free Ingredients. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60 (4): 240-257.
- Ali OIED, 2019. Nutritional Value of Germinated Quinoa Seeds and Their Protective Effects on Rats' Health Injected by Nicotine. *Egyptian Journal of Food Science*, 47 (2): 227-241.
- Argüelles-López OD, Reyes-Moreno C, Gutiérrez-Dorado RR, Sánchez-Osuna MF, López-Cervantes J, Cuevas-Rodríguez EO, Jorge Milán-Carrillo J, Perales-Sánchez JXK, 2018. Functional Beverages Elaborated from Amaranth and Chia Flours Processed by Germination and Extrusion. *Biotechnia*, 20 (3): 135-145.
- Bardella MT, Fredella C, Prampolini L, Molteni N, Giunta AM, Bianchi PA, 2000. Body Composition and Dietary Intakes in Adult Celiac Disease Patients Consuming a Strict Gluten-Free Diet. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72 (4): 937-939.
- Bellaio S, Kappeler S, Rosenfeld EZ, Jacobs M, 2013. Partially Germinated Ingredients for Naturally Healthy and Tasty Products. *Cereal Foods World*, 58 (2): 55.
- Bhinder S, Kumari S, Singh B, Kaur A, Singh N, 2021. Impact of Germination on Phenolic Composition, Antioxidant Properties, Antinutritional Factors, Mineral Content and Maillard Reaction Products of Malted Quinoa Flour. *Food Chemistry*, 346, 128915.
- Bressani R, 2003. Amaranth. In: B Caballero (Eds.). *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. Oxford: Academic Press, pp. 166-173.
- Carciochi RA, Manrique GD, Dimitrov K, 2014. Changes in Phenolic Composition and Antioxidant Activity During Germination of Quinoa Seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.). *International Food Research Journal*, 21 (2): 767-773.
- Caterina B, Camelia V, 2012. Sprouted Buckwheat an Important Vegetable Source of Antioxidants. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technology*, 36 (1): 53-60.
- Ciacchi C, Cirillo M, Cavallaro R, Mazzacca G, 2002. Long-Term Follow-up of Celiac Adults on Gluten-Free Diet Prevalence and Correlates of Intestinal Damage. *Digestion*, 66: 178-185.
- Darwish AM, Al Jumayi HA, Elhendy HA, 2020. Effect of Germination on the Nutritional Profile of Quinoa (*Cheopodium quinoa* Willd.) Seeds and Its Antianemic Potential in Sprague–Dawley Male Albino Rats. *Cereal Chemistry*, 98 (2): 315-327.
- de Oliveira Lopes C, Barcelos MDFP, de Goes Vieira CN, de Abreu WC, Ferreira EB, Pereira RC, de Angelis-Pereira MC, 2019. Effects of Sprouted and Fermented Quinoa (*Chenopodium quinoa*) on Glycemic Index of Diet and Biochemical Parameters of Blood of Wistar Rats Fed High Carbohydrate Diet. *Journal of Food Science and Technology*, 56 (1): 40-48.

- Demir B, Bilgiçli N, 2020. Changes in Chemical and Anti-nutritional Properties of Pasta Enriched with Raw and Germinated Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Flours. *Journal of Food Science and Technology*, 57 (10): 3884-3892.
- Donkor ON, Stojanovska L, Ginn P, Ashton J, Vasiljevic T, 2012. Germinated Grains–Sources of Bioactive Compounds. *Food Chemistry*, 135 (3): 950-959.
- Dykes L, Rooney LW, 2007. Phenolic Compounds in Cereal Grains and Their Health Benefits. *Cereal Foods World*, 52: 105-111.
- Egli I, Davidsson L, Juillerat MA, Barclay D, Hurrell RF, 2002. The Influence of Soaking and Germination on the Phytase Activity and Phytic Acid Content of Grains and Seeds Potentially Useful for Complementary Feeding. *Journal of Food Science*, 67 (9): 3484-3488.
- Fasano A, Catassi C, 2001. Current Approaches to Diagnosis and Treatment of Celiac Disease: An Evolving Spectrum. *Gastroenterology*, 120: 636-651.
- Gorinstein S, Lojek A, Číž M, Pawelzik E, Delgado-Licon E, Medina OJ, Moreno M, Salas IA, Goshev I, 2008. Comparison of Composition and Antioxidant Capacity of Some Cereals and Pseudocereals. *International Journal of Food Science & Technology*, 43: 629-637.
- Guardianelli LM, Salinas MV, Puppo MC, 2019. Hydration and Rheological Properties of Amaranth-Wheat Flour Dough: Influence of Germination of Amaranth Seeds. *Food Hydrocolloids*, 97: 105242.
- Hallert C, Grant C, Grehn S, Grännö C, Hultén S, Midhagen G, Ström M, Svensson H, Valdimarsson T, 2002. Evidence of Poor Vitamin Status in Celiac Patients on a Gluten-Free Diet for 10 Years. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 16: 1333-1339.
- Hopman EGD, Le Cessie S, Von Blomberg ME, Mearin ML, 2006. Nutritional Management of the Gluten-Free Diet in Young People with Celiac Disease in The Netherlands. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 43: 102-108.
- Hung PV, Trinh LND, Thuy NTX, Morita N, 2020. Changes in Nutritional Composition, Enzyme Activities and Bioactive Compounds of Germinated Buckwheat (*Fagopyrum esculantum* M.) Under Unchanged Air and Humidity Conditions. *International Journal of Food Science & Technology*, 56: 3209–3217.
- Ispiryan L, Kuktaite R, Zannini E, Arendt EK, 2021. Fundamental Study on Changes in the FODMAP Profile of Cereals, Pseudo-cereals, and Pulses During the Malting Process. *Food Chemistry*, 343: 128549.
- Jedrychowski L, 2010. General Characteristics of Food Allergens. In: L Jedrychowski, HJ Wichers (Eds.). *Chemical and Biological Properties of Food Allergens*. CRC Press: Boca Raton, pp. 185-192, FL.
- Jimenez MD, Lobo M, Sammán N, 2019. Influence of Germination of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Amaranth (*Amaranthus*) Grains on Nutritional and Techno Functional Properties of Their Flours. *Journal of Food Composition and Analysis*, 84: 103290.
- Kanensi OJ, Ochola S, Gikonyo NK, Makokha A, 2013. Effect of Steeping and Germination on the Diastatic Activity and Sugar Content in Amaranth Grains and Viscosity of Porridge. *Journal of Agriculture and Food Technology*, 3 (1): 1-7.
- Mariani P, Viti MG, Montuori M, La Vecchia A, Cipolletta E, Calvani L, Bonamico M, 1998. The Gluten-Free Diet: A Nutritional Risk Factor for Adolescents with Celiac Disease?. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 27 (5): 519-523.

- Martínez-Villaluenga C, Peñas E, Hernández-Ledesma B, 2020. Pseudocereal Grains: Nutritional Value, Health Benefits and Current Applications for the Development of Gluten-Free Foods. *Food and Chemical Toxicology*, 137: 111178.
- Mazza G, Oomah BD, 2003. Buckwheat. In: B Caballero (Eds.). *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. Oxford: Academic Press, pp. 692-699.
- McGough N, Cummings JH, 2005. Coeliac Disease: A Diverse Clinical Syndrome Caused by Intolerance of Wheat, Barley and Rye. *Proceedings of the Nutrition Society*, 64: 434- 450.
- Morita N, Miyake K, Maeda T, Van Hung P, 2013. Germinated Buckwheat for Functional Foods. In: *Advances in Cereal and Pseudocereal Research for Functional Foods*. pp. 75–90.
- Motta C, Castanheira I, Gonzales GB, Delgado I, Torres D, Santos M, Matos AS, 2019. Impact of Cooking Methods and Malting on Amino Acids Content in Amaranth, Buckwheat and Quinoa. *Journal of Food Composition and Analysis*, 76: 58-65.
- Omary MB, Fong C, Rothschild J, Finney P, 2012. Effects of Germination on the Nutritional Profile of Gluten-Free Cereals and Pseudocereals: A Review. *Cereal Chemistry*, 89 (1): 1-14.
- See J, Murray JA, 2006. Gluten-Free Diet: The Medical and Nutrition Management of Celiac Disease. *Nutrition in Clinical Practice*, 21: 1-15.
- Sindhu R, Beniwal SK, Devi A, 2019. Effect of Grain Processing on Nutritional and Physico-Chemical, Functional and Pasting Properties of Amaranth and Quinoa Flours. *Indian Journal of Traditional Knowledge (IJTK)*, 18 (3): 500-507.
- Siwach M, Yadav RB, Yadav BS, 2019. Chemical, Physicochemical, Pasting and Microstructural Properties of Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) Flour as Affected by Different Processing Treatments. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 11 (1): 3-13.
- Smeds AI, Eklund PC, Sjöholm RE, Willför SM, Nishibe S, Deyama T, Holmbom BR, 2007. Quantification of a Broad Spectrum of Lignans in Cereals, Oilseeds, and Nuts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 1337-1346.
- Suárez-Estrella D, Bresciani A, Iametti S, Marengo M, Pagani MA, Marti A, 2020. Effect of Sprouting on Proteins and Starch in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Plant Foods for Human Nutrition*, 75 (4): 635-641.
- Tanwar B, Lamsal N, Goyal A, Kumar V, 2019. Functional and Physicochemical Characteristics of Raw, Roasted and Germinated Buckwheat Flour. *Asian Journal of Dairy & Food Research*, 38 (2).
- Taylor JRN, Parker ML, 2002. Quinoa. In: PS Belton, JRN Taylor (Eds.). *Pseudocereals and Less Common Cereals: Grain Properties and Utilization*. Berlin: Springer Verlag, pp. 93-122.
- Thompson T, 2000. Folate, Iron and Dietary Fiber Contents of the Glutenfree Diet. *Journal of the American Dietetic Association*, 100: 1389-1396.
- Vora JD, Rane AG, Jadhav P, 2014. Biochemical, Antimicrobial and Organoleptic Studies on the Germination Profile of Finger Millet (*Eleusine coracana*). *International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research*, 3 (4): 123.