



PSEUDO-TAHILLARIN ANTI-BESİNSEL BİLEŞİKLERİ VE AZALTMA YÖNTEMLERİ

Ayşenur Arslan, Erkan Yalçın*

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bolu, Türkiye

Geliş/ Received 31.10.2022; Kabul/ Accepted : 20.02.2023; /Online baskı: Published online 28.02.2023

Arslan, A., Yalçın, E. (2023). Pseudo-tahılların anti-besinsel bileşikleri ve azaltma yöntemleri. GIDA (2023) 48 (2) 347-359 doi: 10.15237/ gida.GD22106

Arslan, A., Yalçın, E. (2023). Antinutritional compounds of pseudocereals and reducing methods. GIDA (2023) 48 (2) 347-359 doi: 10.15237/ gida.GD22106

ÖZ

Pseudo-tahıllar, karabuğday, kinoa ve amaranttan meydana gelmektedir. Glutensiz olmaları sebebiyle, çölyak hastalığı veya glutene hassasiyeti bulunan bireyler için çok önemli gıda kaynaklarıdır. Pseudo-tahılların tüketiminin, anti-besinsel bileşiklerinin gıda güvenliğini riske atması sebebiyle sınırlandırıldığı bildirilmiştir. Pseudo-tahıllar, saponin, tanen, nitrat, okzalit, lektin, proteaz inhibitörleri ve fitik asit gibi bazı anti-besinsel bileşikler içerirler. Anti-besinsel bileşiklerin, gıdanın sindirilirliğini ve besin öğelerinin emilimini engelleyerek, besinsel değerini azalttığı belirtilmiştir. Bu bileşiklerin sebep olduğu zararlı metabolik olayları azaltmak/ortadan kaldırmak için pseudo-tahılların tüketiminden önce uygun bir teknikle işlenmesi gerekir. Uygulanacak yöntem seçilirken anti-besinsel bileşiklerin kimyasal yapısı, tohum içerisindeki dağılımı, biyolojik etkileri, ısıya duyarlılıkları ve suda çözünürlükleri ile işlemin maliyetinin bilinmesi tavsiye edilmektedir. Bu yöntemler kavuz ayırma, mekanik aşındırma, su ile yıkama, ıslatma, kaynatma, kavurma, ekstrüzyon, çimlendirme, fermantasyon, yüksek hidrostatik basınç ve genetik yöntemlerdir.

Anahtar kelimeler: Pseudo-tahıllar, karabuğday, kinoa, amarant, anti-besinsel bileşikler

ANTINUTRITIONAL COMPOUNDS OF PSEUDOCEREALS AND REDUCING METHODS

ABSTRACT

Pseudocereals consist of buckwheat, quinoa and amaranth. Due to their gluten-free nature, they are very important food sources for people suffering from celiac disease or gluten sensitivity. It is reported that the consumption of pseudocereals is limited by antinutritional compounds which have some risks for food safety. Pseudocereals contain some antinutritional compounds, such as saponin, tannin, nitrate, oxalate, lectin, protease inhibitors and phytic acid. It is indicated that antinutritional compounds decrease the nutritional value by preventing the digestibility of food and the absorption of nutrients. Pseudocereals must be processed with appropriate technic in order to reduce or suppress unsafe metabolic pathways. It is recommended that the chemical structure of seeds, their distribution in the seed, biological effects, heat sensitivity, water solubility and processing cost of antinutritional compounds should be known while choosing the reducing method. These processing technics are hull/husk separating, mechanical abrasion, washing with water, steeping, boiling, roasting, extrusion, germination, fermentation, high hydrostatic pressure and genetic methods.

Keywords: Pseudocereals, buckwheat, quinoa, amaranth, antinutritional compounds

*Yazışmalardan sorumlu yazar / corresponding author;

✉: yalcin_e@ibu.edu.tr

☎: (+90) 374 253 4640 / 5832

☎: (+90) 374 253 4558

Ayşenur Arslan; ORCID No: 0000-0003-1658-746X

Erkan Yalçın; ORCID No: 0000-0002-7417-9088

GİRİŞ

Pseudo-tahıllar son yıllarda besinsel özelliklerinin ayrıcalıklığı sayesinde gıda endüstrisi ve tüketiciler nezdinde popülerlik kazanmıştır. Glutensiz olmaları sebebiyle, çölyak hastalığı veya glutene hassasiyeti bulunan bireyler için çok önemli gıda kaynaklarıdır. Gıda formülasyonlarında geniş uygulama alanı bulabilen pseudo-tahıllar, kinoa, amarant ve karabuğdaydan oluşmaktadır. Bununla birlikte kinoa, karabuğday ve amarant; saponin, tanen, nitrat, lektin, okzalit, proteaz inhibitörleri ve fitik asit gibi bazı anti-besinsel bileşikler içerirler. Anti-besinsel bileşikler, tek mideli hayvanların performanslarını ve yaşamlarını olumsuz yönde etkileyen maddelerdir. Örneğin; besin emiliminde azalma ve bunun sonucunda büyüme ve ağırlık artışında gerileme, tiroit bezi fonksiyonunda azalma, lokal kanama, divalent katyonların ve amino asitlerin şelatlanarak absorpsiyonlarında azalma ve sonucunda dengesiz beslenmenin ortaya çıkması ve bağışıklık sisteminin değişmesi gibi olumsuz etkiler belirtilmiştir. Gıdalarda bulunan anti-besinsel bileşiklerin gıdaların besinsel değerini düşürerek, sindirilirliği ve besinlerin emilimini azalttığı veya engellediği çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Satheesh ve Fanta 2018; Mir vd., 2018; Thakur ve Kumar, 2019; Gobbetti vd., 2020; Manyelo vd., 2020; Melini ve Melini, 2021; Thakur vd., 2021a).

ANTI-BESİNSEL BİLEŞİKLER

Fitik Asit

Fitik asit (miyo-inositol heksakisfosfat) veya fitat (fitik asitin tuz formu), bitkideki toplam fosforun %50-85'ini kapsayan başlıca fosfor deposudur. Fitik asit, yüksek negatif yükü sebebiyle, minerallerin (Ca^{+2} , Fe^{+2} , Mg^{+2} , Zn^{+2} ve Cu^{+2} gibi) yanısıra nişasta, protein ve enzimleri de şelatlayarak biyoyararlanımlarını azalttığı bildirilmiştir. Gıdaların fitat içeriği, fitaz enziminin eklenmesiyle azaltıldığı çalışmalarda gösterilmiştir (Filho vd., 2017; Sinha ve Khare, 2017; Satheesh ve Fanta 2018; Manyelo vd., 2020; Melini ve Melini, 2021).

Saponinler

Saponinler, sulu çözeltilerde köpürme meydana getiren, yoğun acı tada sahip yüzey aktif maddelerdir. Saponinlerin, bitkilerin, zararlı

mikroorganizmalara, kuşlara ve böceklere karşı kendisini korumak için sentezlediği bitki glikozitleri olduğu bildirilmiştir. Saponinlerin, bir veya daha fazla monosakkarit veya oligosakkarite bağlı aglikon biriminden meydana geldiği belirtilmiştir. Saponinlerin şeker birimleri yüksek hidrofilik özellikler gösterirken, saponinler (sadece triterpen fraksiyonu tarafından oluşturulur) lipofilik özellikler gösterdiği belirtilmiştir. Saponinler, proteinler ve lipitler (kolesterol) ile kompleks bileşikler oluştururlar ve hemolitik etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Filho vd., 2017; Sinha ve Khare, 2017; Mattila vd., 2018; Mir vd., 2018; Suárez-Estrella vd., 2018; Hernández-Ledesma, 2019; Yousif vd., 2020; Melini ve Melini, 2021).

Tanenler

Tanenler bitkilerde yaygın olarak bulunan polifenolik bileşiklerdir. Başlıca tanenler, kondense tanenler ve hidrolize tanenlerdir. Kondense tanenler, flavan-3-ol birimlerinden oluşan oligomerler veya polimerler olduğu bildirilmiştir. Hidrolize tanenler, sırasıyla gallik ve elajik asitlere hidrolize edilebilen galloanninleri ve elajitanninleri içerdiği belirtilmiştir. Tanenler, protein ve nişasta ile kompleks oluşturarak birçok sindirim enziminin inaktivasyonuna sebep olduğu bildirilmiştir. Tripsin ve kimotripsin enzimlerinin aktivitesini azaltarak protein sindirilirliğini düşürdüğü, amilaz ve lipaz enzimlerinin aktivitelerini engelleyerek gıdaların besinsel değerini azalttığı bildirilmiştir. Ayrıca, bağırsak mukozasında hasar meydana getirerek demir, glukoz ve B₁₂ vitamini emilimini engellediği çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir (Thakur vd., 2019; Manyelo vd., 2020; Melini ve Melini, 2021).

Proteaz İnhibitörleri

Proteaz inhibitörlerinin anti-besinsel aktivitesi, ince bağırsaktaki tripsin ve kimotripsin enzimlerinin aktivitesini baskılayarak, protein sindirilirliğini azalttığı ve amino asit emilimini ve proteinlerin biyoyararlanımını düşürdüğü belirtilmiştir. Proteaz inhibitörleri, kanserojen maddeler olarak da tanımlanmıştır. Proteaz inhibitörleri, özel protein yapıları sebebiyle, üretilen ürünlerde hala bir miktar aktivite göstermesine rağmen, ısl işleme kolayca denatüre

edilebileceği belirtilmiştir (Filho vd., 2017; Sinha ve Khare, 2017; Satheesh ve Fanta 2018; Manyelo vd., 2020).

Lektinler (Fitohemaglutininler)

Fitohemaglutininler olarak da adlandırılan lektinler, protein (glikoprotein) yapısındaki bileşikler olup, karbonhidratlara bağlanma yeteneğine sahip oldukları bildirilmiştir. Lektinler, kırmızı kan hücrelerinin pıhtılaşmasına (aglutinasyon) sebep olduğu belirtilmiştir. Lektinin sindirim enzimleri üzerine doğrudan etkisi sebebiyle besinlerin biyoyararlanımını azalttığı bildirilmiştir. İnsanlarda gastroenterit, mide bulantısı ve ishale sebep olduğu söylenmektedir. Lektinlerin, bağırsak sistemi epitelini tahrip etme, hücrenin mitoz bölünmesine müdahale etme, lokal kanamalara sebep olma, böbrek, karaciğer ve kalp dokularında tahribat gibi çeşitli etkileri farklı çalışmalarda incelenmiştir (Sinha ve Khare, 2017).

Okzalatlara

Okzalata, okzalik asitin tuzu olup toksik bir maddedir ve sağlık için büyük risk oluşturduğu söylenmektedir. İnsanlar tarafından metabolize edilemediği ve hem metabolizma tarafından üretilen hem de beslenme ile alınan okzalatin idrarla birlikte atıldığı, ancak tüm okzalatlara ise çözünür olmadığı belirtilmiştir. Gıdalarda bulunan minerallerin biyoyararlanımını engellediği söylenmektedir. Örneğin vücutta bulunan kalsiyumu bağladığı belirlenmiştir. Tüm böbrek taşlarının yaklaşık %85'i kalsiyum okzalata veya kalsiyum fosfat kristali olduğu ve okzalata alımının gecikmiş etkisinin böbrek yetmezliği olduğu araştırmalarda belirtilmiştir. Vücuttaki düşük dozlardaki okzalata ayrıca baş ağrısı, kaslarda seğirme ve kramplara sebep olduğu vurgulanmıştır. Daha yüksek dozların kişiyi hızla şoka soktuğu, zayıf ve düzensiz kalp atışına, kan basıncında düşüğe ve kalp yetmezliğine sebep olduğu bildirilmiştir (Filho vd., 2017; Sinha ve Khare, 2017; Satheesh ve Fanta 2018; Manyelo vd., 2020).

Nitrat (NO₃) ve Nitrit (NO₂)

Nitratlar, bitkilerin gelişmeleri için gerekli azot kaynakları olduğu ve bitkilerin topraktan nitratları

olarak proteinler gibi daha karmaşık azot formlarına dönüştürdükleri bildirilmiştir. Özellikle azotlu gübreleme, herbisit kullanımı, kuraklık veya don gibi durumlar fotosentez sürecini yavaşlattığı ve bitkilerin nitrat biriktirdiği belirlenmiştir. İnsan vücudunda %0.5-2 arasındaki nitrat kanda methemoglobin, %10 düzeyindeki nitrat cilt ve dudaklarda mavi renk oluşumuna (siyanoz), %25 düzeyinde nitratın halsizlik ve hızlı nabız atımına, %50-60 düzeyindeki nitratın bilinç kaybına sebep olduğu belirtilmiştir. İnsan vücudunda nitratların, A vitamini metabolizmasına ve tiroit bezlerinin işlevlerine müdahale ettiği de vurgulanmıştır. Nitrat, nitrite indirgenebilir ve nitritler ise kandaki hemoglobine bağlanarak, hemoglobinin oksijen taşıma kabiliyetini kaybettiği söylenmiştir. Bu anti-besinsel bileşiklerin, suda kaynatma veya buharda pişirme yöntemleri ile kısmen uzaklaştırıldığı/azaltıldığı rapor edilmiştir (Sinha ve Khare, 2017; Bhattarai, 2018; Mir vd., 2018; Manyelo vd., 2020).

PSEUDO-TAHILLAR VE YAPISINDA BULUNAN ANTI-BESİNSEL BİLEŞİKLER

Kinoa (*Chenopodiaceae*; *Chenopodium quinoa*)

Kinoada bulunan anti-besinsel bileşiklerin triterpenik saponinler, fitik asit, tanenler, nitratlar, okzalatlara ve tripsin inhibitörleri olduğu belirtilmiştir. Kinoadaki anti-besinsel bileşikler uygun işleme yöntemleri uygulandığında bu bileşiklerin yok edilebileceği veya gıda güvenliğini tehdit etmeyecek düzeylere düşürülebileceği araştırmalarda belirtilmiştir (Satheesh ve Fanta, 2018; Castro-Alba vd., 2019; Fotschki vd., 2020).

Fotschki vd. (2020), kinoada fitik asit miktarını 8.3 mg/g olarak tespit etmişlerdir. Ham kinoada fitik asit miktarı 10.4 mg/g ve işlem görmüş kinoalarda 7.8 mg/g iken; çavdarda 7.7 mg/g, buğdayda 8.7 mg/g, mercimekte 8.4 mg/g ve baklada 8.0 mg/g olarak bulunmuştur (Demir ve Bilgiçli, 2020). Koziol (1992), beş farklı kinoa çeşidinde fitik asit miktarını 10.5-13.1 mg/g arasında bulmuştur. Bulunan değerlerin, Mezgebo vd. (2018)'nin, arpa (9.7-11.6 mg/g), mısır (8.9-9.9 mg/g), pirinç (8.9 mg/g) ve buğdayda (6.2-13.5 mg/g) bildirdiği

değerlere yakın olduğu görülmüştür. Bhinder vd. (2021), beyaz ve siyah kinoa örneklerinde fitik asit miktarını sırasıyla; 375.3 mg/100 g ve 445.7 mg/100 g olarak bulmuşlardır. Reguera vd. (2018) tarafından, İspanya, Peru ve Şili'de yetiştirilen üç kinoa çeşidinin fitik asit miktarı araştırılmıştır. Buna göre kinoa tohumlarındaki fitik asit miktarının en çok çevresel faktörlerden etkilendiği sonucu çıkarılmıştır.

Saponin, kinoanın perikarp tabakasında bulunan, keskin ve acı tada sahip toksik özellikte (hemoliz) bir anti-besinsel bileşiktir. Araştırmaların çoğunda kinoada yaklaşık 20 saponin çeşidi rapor edilmiş olsa da son araştırmalarda 43 farklı saponin çeşidi tanımlanmıştır. Saponinlerle ilişkili acı tat, kinoanın gıda olarak kullanımını büyük ölçüde sınırlandırdığı söylenmiştir (Satheesh ve Fanta 2018; Suárez-Estrella vd., 2018). Kinoanın perikarp dış tabakasının, glikozit ve hidrofobik özellikte saponinlerden oluştuğu bildirilmiştir. Kinoadaki saponinlerin başlıca dördü oleanolik asit, hederajenin, fitolakjenik asit ve 30-O-metil-espergulajenattır. Soyma işlemi ile saponin miktarının çoğunun uzaklaştırılabileceği belirtilmiştir (Filho vd., 2017; Mattila vd., 2018; Yousif vd., 2020). Kinoanın karakteristik acı tadının saponin miktarının 1.1 mg/g'den daha yüksek olduğunda ortaya çıktığı belirtilmiştir. Kinoanın perikarpında saponin miktarının 0.1-50 mg/g arasında değiştiği bildirilmiştir. Saponin miktarının büyük ölçüde çevre, iklim koşulları ve genotipten etkilendiği belirtilmiştir (Suárez-Estrella vd., 2018).

Tam kinoa ununun saponin miktarı literatürde %0.03-2.05 arasında değiştiği bildirilmiştir. Kinoa yapraklarındaki toplam saponin miktarının bitkinin gelişimi sırasında arttığı, ancak içeriği tatlı genotiplerde 0.2-0.4 mg/g kuru ağırlık ve acı genotiplerde 4.7-11.3 mg/g kuru ağırlık olduğu ve bunun kinoa tohumlarında bulunan saponin miktarından daha az olduğu bildirilmiştir (Filho vd., 2017; Mir vd., 2018). Bazı araştırmacılar, acı genotiplerdeki saponin miktarını 140-2300 mg/100 g kuru madde arasında, tatlı genotiplerde ise 20-40 mg/100 g kuru madde arasında bulmuşlardır (Mastebroek vd., 2000; Hernández-Ledesma, 2019). Han vd. (2019a), 7 farklı renkli

kinoa çeşidinin saponin miktarını 7.51-12.12 mg oleanolik asit eşdeğeri (OAE)/g kuru ağırlık olarak bulmuştur. Bhinder vd. (2021), beyaz ve siyah kinoa örneklerinde saponin miktarını sırasıyla 1.63 g/100 g ve 2.42 g/100 g olarak bulmuşlardır. Saad-Allah ve Youssef (2018), Afrika'dan topladıkları kinoalarda saponin miktarını 2.76-3.31 mg/g kuru ağırlık arasında tespit etmişlerdir. Han vd. (2019b), Çin'de yetiştirilen pigmentless kinoa çeşidinde toplam saponin miktarını 15.50 mg OAE/g kuru ağırlık olarak tespit etmişlerdir. Del Hierro vd. (2018), İspanya'daki kinoa örneklerinde saponin miktarını etanol, etanol-su ve suda ultrason destekli ekstraksiyonlar ile sırasıyla 5.51 g/100g, 4.43 g/100g ve 0.26 g/100g olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, saponin miktarının ekstraksiyon çözeltisi ve yöntemine göre değiştiği sonucuna varmışlardır.

Diaz-Valencia vd. (2018), 2015 ve 2016 yıllarında Güney Almanya'da yetiştirilen dört farklı renkteki Avrupa kinoa çeşidinde saponin miktarlarını incelemişlerdir. Tatlı çeşitte her iki yetiştirilme mevsiminde (2015'te <0.7 mg/g ve 2016'da 0.0 mg/g) en düşük düzeyde gözlenmişken, Puno, Titicaca ve Zeno çeşitlerinde önemli miktarda saponin (2015'te 2.6-2.8 mg/g ve 2016'da 2.8-3.5 mg/g) tespit etmişlerdir. 2016'da yetiştirilen kinoa örneklerinin yetiştirme mevsiminin daha kurak olması sebebiyle daha yüksek saponin değerlerine sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Reguera vd. (2018), üç farklı ülkede (Şili, Peru ve İspanya) yetiştirilen üç farklı çeşit kinoada saponin miktarını 8-13 g/kg arasında bulmuş olup, aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı, saponin miktarının çevreden çok genotipten etkilendiğini bildirmişlerdir.

Fotschki vd. (2020) kinoada tripsin inhibitör aktivitesini 0.4 IU/mg olarak tespit etmiştir. Araştırmalarda, kinoa tohumlarındaki proteaz inhibitörü konsantrasyonu <50 mg/kg olarak belirtilmiştir. Ayrıca, kinoa tohum kabuğunun uzaklaştırılmasının inhibitör aktivitesi üzerinde önemli etkisinin olmadığı ve proteaz inhibitörünün tohumun perispermde yer aldığı gösterilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre sekiz farklı kinoa çeşidindeki tripsin inhibitörü (1.36-

5.04 UTI/mg), soya fasulyesi (24.5-41.5 UTI/mg), fasulye (12.9-42.8 UTI/mg) ve mercimekten (17.8 UTI/mg) daha düşük bulunmuştur (Mattila vd., 2018; Satheesh ve Fanta 2018). Sobota vd. (2019), kinoa örneklerindeki proteaz inhibitörü aktivitesini ortalama 589 U/g olarak bulmuşlar ve sonucun düşük düzeyde olduğunu belirtmişlerdir. Ando vd. (2002), kinoa embriyosu ile tam kinoa ununu karşılaştırmış, embriyonun toplam fitatın %60'ını ve tripsin inhibitör aktivitesinin %89'unu içerdiğini bildirmişlerdir.

Okzalate, kinoanın yaprak ve gövdesinde (258-1029 mg/100 g) yüksek miktarda bulunurken tohumlarında daha düşük miktarda (143-232 mg/100 g) bulunduğu belirtilmiştir (Satheesh ve Fanta, 2018). Jancurová vd. (2009), kinoaadaki en yüksek okzalate içeriğini yapraklarda ve gövdelerde bulunduğunu belirtmiştir. Çözünür okzalate miktarlarının kök ve tohumlarda 59-131 mg/100g, yaprak ve gövdelerde 258-1029 mg/100 g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Toplam okzalate miktarının ise köklerde ve tohumlarda 143-232 mg/100g, yaprak ve gövdelerde 874-1959 mg/100g arasında değiştiği rapor edilmiştir. Villacrés vd. (2022) ise kinoa yaprakları ve tanelerinde okzalate miktarını sırasıyla 12.9 mg/100 g ve 4.3 mg/100 g olarak bulmuşlardır.

Tam kinoaadaki nitrat (NO₃) miktarının (63.26 mg/100 g), ıspanak, marul, turp ve pancar gibi sebzelerde bulunan miktardan (100 mg/100 g'nin üzeri) düşük olduğu bildirilmiştir (Filho et al. 2017). Villacrés vd. (2022), kinoa yaprakları ve tanelerinde nitrat miktarını sırasıyla 60.1 mg/100 g ve 21.8 mg/100 g olarak bulmuşlardır.

Kinoa tohumlarının az miktarda tanen içerdiği (%0.53) ve yeterli düzeyde işlemenin miktarı azalttığı söylenmiştir (Melini ve Melini, 2021). Drzewiecki vd. (2018), Peru'da yetiştirilen kinoa tohumlarında toplam tanen miktarını 0.88 mg kateşin eşdeğeri (CE)/g; Saad-Allah ve Youssef (2018), Afrika'dan topladıkları kinoaaldaki tanen miktarını kuru madde üzerinden 0.23-0.31 mg/g arasında bulmuşlardır. Bhinder vd. (2021) ise, beyaz ve siyah kinoa örneklerinde tanen miktarını

sırasıyla 3.41 mg/100 g ve 4.81 mg/100 g olarak belirlemişlerdir.

Amarant (*Amaranthaceae*, *Amaranthus hypochondriacus*, *A. caudatus*, *A. cruentus*)

Amarantta bulunan anti-besinsel bileşikler tanenler, okzalate, fitatlar, tripsin inhibitörleri, saponinler ve nitratlar olarak belirtilmiştir (Carrizo vd., 2017; Thakur ve Kumar, 2019). Amaranttaki okzalate ve fitatların, besin maddelerinin emilimi üzerindeki etkilerinin daha fazla endişe kaynağı olduğu söylenmektedir. Amarantın yüksek ve kaliteli protein içeriği olmasına rağmen, anti-besinsel bileşiklerin varlığı besinsel biyoyararlanımını kısıtladığı bildirilmiştir (Hejazi vd., 2016)

Hejazi vd. (2016), amarantın fitik asit miktarını %0.3-2.25 arasında tespit etmişler ve fitik asidin protein ve nişastanın sindirimini engellediğini kanıtlamışlardır. Akin-Idowu vd. (2017), 5 amarant çeşidinde yaptığı bir araştırmada en yüksek fitat miktarını *A. hybridus*'ta 1.58 g/100 g olarak bulmuşlardır. Isaac-Bamgboye vd. (2019) ise amarant tohumunda fitat miktarını 17.4 mg/g olarak tespit etmişlerdir.

Saponinin, amarant tohumlarında düşük miktarda (%0.09) bulunduğu ve amarant tohumlarındaki bu düşük saponin konsantrasyonunun tüketiciler için önemli bir toksisite yaratmadığı rapor edilmiştir (Mir vd., 2018). Isaac-Bamgboye vd. (2019) ise amarant tohumunun saponin miktarını 4.8 mg/g olarak belirlemişlerdir. Beniwal vd. (2019), amarant örneğinde saponin miktarını 2.66 g/100 g olarak bildirmişlerdir. Valadez-Vega vd. (2021), *A. hypochondriacus* protein ekstraktlarında saponin miktarını incelemişler ve 145.5 hemoliz birimi/mg olarak tespit etmişlerdir.

Proteaz inhibitörlerinin, amarantta düşük miktarlarda bulunduğu ifade edilmiştir. Hayvanlarda sitotoksik ve toksikolojik etkilere sebep olabileceği rapor edilmiştir (Shadi vd., 2020; Valadez-Vega vd., 2021). Valadez-Vega vd. (2021), tripsin inhibitörü aktivitesini siyah ve sarı amarant tohumlarında sırasıyla 938-2100 TIU/g ve 300-5150 TIU/g arasında bulmuşlardır. Aynı araştırmacılar, *A. hypochondriacus* protein

ekstraktlarında ise tripsin inhibitörü aktivitesini 18 TIU/mg olarak bulmuşlardır. *A. hypochondriacus* protein ekstraktlarında lektin miktarı ise 2.389 hemagglutinin aktivite birimi/mg protein olarak bulunmuştur.

Okzalate bileşiminin amarantta yüksek miktarda bulunduğu bildirilmiştir. Tanen ve fitik aside benzer şekilde okzalatin da tahılların besin ve mineral biyoyararlanımını azalttığı ifade edilmiştir (Hejazi vd., 2016). Gélinas ve Seguin (2007), 30 farklı amarant genotipi ile yaptığı bir araştırmasında toplam okzalate konsantrasyonunu 178-278 mg/100 g arasında bulmuşlardır. Çözünmeyen ve çözünen okzalate miktarını ise sırasıyla 151-224 mg/100 g (%66-86) ve 26-82 mg/100 g (%14-34) arasında tespit etmişlerdir. Shadi vd. (2020), 4 farklı taze yem ve sapıyla hasat edilmiş 4 farklı amarant çeşidinde okzalate miktarını sırasıyla 4.7-13.0 g/kg kuru ağırlık ve 4.5-12.0 g/kg kuru ağırlık arasında bulmuşlardır. Nyonje vd. (2021), amarant yapraklarının okzalate miktarını en düşük *A. cruentus* (205 mg/100 g) ve en yüksek *A. hypochondriacus* (421 mg/100 g) türlerinde tespit etmişlerdir.

Nitratın amarantta yüksek miktarda, özellikle yapraklarda bulunduğu söylenmiştir. Avustralya'da kümes hayvanlarının nitrat bakımından zengin ham amarant tohumları ile beslenmesi sonucu tavukların yüksek ateş sonucu şoka girip, öldüğü bildirilmiştir (Bhattarai, 2018). Shadi vd. (2020), 4 farklı taze yem ve sapıyla hasat edilmiş 4 farklı amarant çeşidinde nitrat miktarını sırasıyla 2.3-3.5 g/kg 0.35-0.51 g/kg kuru ağırlık arasında bulmuşlardır.

Tanenler, amarantta yüksek miktarlarda bulunan, yoğunlaştırılmış acı bitki polifenolikleridir. Tanenlerin, tanenin perispermine kıyasla tohum kabuğunda daha fazla bulunduğu ve miktarının tohumun rengine bağlı olduğu bildirilmiştir. Renkli ve koyu tohumlarda daha yüksek miktarda bulunduğu belirtilmiştir. Amarantın tanen miktarı 0.04-0.8 mg CE/100 g arasında bildirilmiştir (Hejazi vd., 2016; Coelho vd., 2018). Shadi vd. (2020), 4 farklı taze yem ve sapıyla hasat edilmiş 4 farklı amarant çeşidinde toplam tanen miktarını sırasıyla 5.0-6.4 g/kg ve 1.7-4.9 g/kg kuru ağırlık

arasında bulmuşlardır. Valadez-Vega vd. (2021), *A. hypochondriacus* çeşidinin protein ekstraktlarında tanen miktarını 1.28 mg CE/g olarak bulmuşlardır. Akin-Idowu vd. (2017), araştırmalarında 5 amarant çeşidi arasında en yüksek tanen miktarını *A. caudatus* çeşidinde 0.14 g/100 g olarak belirlemiş olup, demir bağlama kapasitesini %66.72 olarak tespit etmişlerdir. Drzewiecki vd. (2018), Peru'da yetiştirilen amarant tohumlarında tanen miktarını 0.23-0.89 mg CE/g arasında bulmuşlardır. Beniwal vd. (2019) ise amarant örneğinde tanen miktarını 1.58 mg/100 g olarak bildirmiştir.

Karabuğday (*Polygonaceae*; *Fagopyrum esculentum*, *Fagopyrum tataricum*)

Karabuğdayda bulunan başlıca anti-besinsel bileşiklerin tripsin inhibitörleri ve saponinler olduğu belirtilmiştir. Karabuğday unu ile unlu mamullerin katkılanması sonucu fitat ve tanenler gibi anti-besinsel bileşiklerin varlığı sebebiyle karabuğday proteinlerinin sindirilirliğinin azaldığı ve acı tat oluşumu gibi teknolojik problemlerin meydana geldiği bildirilmiştir (Mattila vd., 2018; Thakur ve Kumar, 2019; Gobbetti vd., 2020).

Karabuğday tohumlarının 35-38 g/kg fitik asit içerdiği bildirilmiştir (Zhang vd., 2012; Thakur vd., 2021a). Fotschki vd. (2020) ise karabuğdaydaki fitik asit miktarını 15.9 mg/g olarak tespit etmişlerdir. Kasar vd. (2021), fitik asit miktarını en yüksek karabuğday kavuzunda %3-3.25 olarak bulmuşlardır. En düşük fitat miktarını ise ince un ve kaba un fraksiyonlarında sırasıyla %0.59-0.62 ve %1.12-1.72 arasında tespit etmişlerdir (Kasar vd., 2021).

Saponin miktarı karabuğday tohumu ve çimlendirilmiş karabuğdayda sırasıyla 80.8 mg soya proteini saponin B eşdeğeri/100 g kuru madde ve 25.4 mg soya proteini saponin B eşdeğeri/100 g kuru madde olarak bulunmuştur (Aloo vd., 2021).

Proteaz inhibitörleri genellikle karabuğday tohumunun endosperm kısmında bulunan anti-besinsel bileşiklerdir. Karabuğday, araştırılan örnekler arasında en güçlü inhibisyon aktivitesine sahipken, tripsin aktivitesi kullanılan farklı protein

konsantrasyonları ile tamamen bloke edilmiştir. Bu, karabuğdayın ya birkaç proteaz inhibitörü ya da tanenler gibi diğer anti-besinsel bileşikler ile birlikte tripsini inhibe ettiği daha önceki çalışmalarda gösterilmiştir (Mattila vd., 2018; Thakur vd., 2021a). Fotschki vd. (2020), karabuğdayda tripsin inhibitörü aktivitesini 13.3 IU/mg olarak tespit etmişlerdir.

Tanenler, karabuğdayda kekre tada sebep olan fenolik bileşiklerdir. Kondense tanenin kantitatif özelliklerinin (ortalama polimerizasyon derecesi, prosiyanidin/propelargonidin oranı) kepek ve un fraksiyonlarında benzer olduğu gözlenmiştir (Mattila vd., 2018; Thakur vd., 2021a). Kasar vd. (2021), karabuğdayda tanen miktarını en yüksekten en aza doğru kepek>kavuz>kaba un>ince un şeklinde sıralamışlar, en yüksek tanen miktarını kepekte (%1.06-1.39) belirlemişlerdir. Zhang vd. (2012), karabuğdayda tanen miktarını %1.6 ve Fotschki vd. (2020) ise 13.9 mg/g olarak tespit etmişlerdir. Drzewiecki vd. (2018), Peru'da yetiştirilen karabuğday tohumunda tanen miktarını 0.93 mg CE/g olarak bulmuşlardır.

ANTI-BESİNSEL BİLEŞİKLERİ AZALTMA YÖNTEMLERİ

Pseudo-tahılların anti-besinsel bileşiklerini azaltma yöntemleri ıslak (yıkama) yöntemler, kuru yöntemler (ısıl işlem, ekstrüzyon, kavurma veya mekanik aşındırma) ve genetik yöntemler (genetiği değiştirilmiş ve melez tohumlar, örneğin saponinsiz kinoa) olarak sınıflandırılmıştır. Genetik yöntemler sayesinde saponin miktarını azaltmak için tatlı kinoa çeşitleri geliştirilmiştir, ayrıca tatlı kinoa çeşitlerinin acı çeşitlerle melezleştirilmesi denenmiştir (Mir vd., 2018; Mattila vd., 2018; Satheesh ve Fanta 2018; Yousif vd., 2020).

Kavuz Ayırma ve Yıkama

Kavuz ayırma, gıda güvenliğini sağlamak ve lezzeti artırmak için hasat sonrası yapılan ilk işlemlerdendir. Tanenler ve saponinler kavuzda yüksek konsantrasyonlarda bulunur ve miktarlarının azaltılması bakımından etkili bir yöntem olduğu, ancak, fitik asit ve proteaz inhibitörlerini azaltmaya yönelik etkisinin olmadığı belirtilmiştir (Coelho vd. 2018;

Aderibigbe vd. 2020; Manyelo vd. 2020; Kumar vd., 2022). Kinoa tohumlarından saponinleri uzaklaştırmak için kullanılan su ile yıkama yöntemi, hem laboratuvar hem de endüstride en çok kullanılan yöntem olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, su ile yıkama yönteminin çevre kirliliği yaratması, su israfı, kinoanın çimlenme problemi ve kurutma maliyeti sebebiyle ekonomik ve ekolojik açıdan dezavantajlarının olduğu bildirilmiştir. Endüstride, saponinleri uzaklaştırmak için mekanik aşındırma yönteminin de kullanıldığı söylenmektedir. Ancak bu yöntemin dezavantajının, kepeklerle birlikte protein, vitamin ve mineral kayıplarının da meydana geldiği bildirilmiştir (Filho vd., 2017; Melini ve Melini, 2021). Kinoanın saponin miktarında yıkama işlemi ile azalma sağlandığı fakat tatlı kinoa elde etmek için %30 oranında mekanik aşındırma işleminin yeterli olacağı bildirilmiştir (Srujana vd., 2019).

Islatma

Pseudo-tahılların belirli bir süre oda sıcaklığında ıslatılması ile anti-besinsel bileşik miktarında azalma meydana geldiği bildirilmiştir. Islatma suyu işlem sonunda atılmaktadır. Anti-besinsel bileşik miktarındaki azalma, ıslatma ortamına (su, tuzlu su veya bikarbonatlı su) ve süresine bağlıdır. Islatma işlemi ile fitik asit, tanen ve saponin miktarının azaldığı bildirilmiştir (Kumar vd., 2022). Çalışmalarda amarant tohumlarının anti-besinsel bileşiklerinin azalması için 5 saat ıslatmanın yeterli olduğu bildirilmiştir (Coelho vd., 2018; Aderibigbe vd., 2020; Manyelo vd., 2020). Thakur vd. (2021b), amarant, karabuğday ve kinoa örneklerinin anti-besinsel bileşik miktarını azaltmak için oda sıcaklığında 12 ve 24 saat boyunca ıslatma (1:5 oranında) uygulamış, amarantta tanen (%0.065) ve fitik asit (%1.15) miktarının 24 saatlik ıslatma ile sırasıyla %0.056 ve %1.10'a düştüğünü gözlemlemiştir. Karabuğdaydaki tanen (%0.222) ve fitik asit (%1.32) miktarı 24 saatlik ıslatma ile sırasıyla %0.103 ve %1.24'e düştüğü görülmüştür. Kinoada ise tanen (%0.048) ve fitik asit (%1.03) miktarının 24 saatlik ıslatma ile sırasıyla %0.041 ve %0.97'ye düştüğü tespit edilmiştir.

Isıl İşlemler

Pseudo-tahılların genellikle ısı işlemlerden sonra tüketildiği, özellikle tohum bileşimi, tohum yapısı ve tohum boyutunun kaynatma ile pişirme işlemini etkilediği bildirilmiştir. Moleküler ağırlığı düşük bileşiklerin kaynatma sırasında suya geçtiği gözlenmiştir. Kaynatmanın proteaz inhibitörleri, hemagglutinin aktivitesi, fitik asit, tanenler ve saponinleri azaltma ve *in vitro* protein sindirilirliğinde artış sağladığı bildirilmiştir (Jin vd., 2020; Kumar vd., 2022). Deng vd. (2015), karabuğdayları suda kaynatma işlemi ile fitik asit miktarını, kontrol örneklerine kıyasla %62.7 ve başlangıçtaki tripsin inhibitörü aktivitesi seviyesini de %62.5 oranında azaltmışlardır. Karabuğdayların tanen ve saponin miktarlarında ise suda kaynatma işleminden sonra sırasıyla %35.7 ve %27.6 oranında azalma gözlenmiştir. Beniwal vd. (2019), beyaz kinoa ve amarant örneklerine suda kaynatma işlemi uygulamışlardır. İşlem sonrası amarant ve kinoa örneğinin saponin miktarları sırasıyla 2.66 g/100 g'dan 1.26 g/100 g'a ve 1.42 g/100 g'dan 0.90 g/100 g'a düştüğü gözlenmiştir. İşlem sonrası amarant ve kinoa örneğinin tanen miktarları sırasıyla 1.58 g/100 g'dan 1.14 g/100 g'a ve 0.57 g/100 g'dan 0.13 g/100 g'a azaldığı kaydedilmiştir. Otoklavlama ve haşlama gibi ısı işlemlerin tanen ve okzalit miktarını azaltmada daha etkili olduğu söylenmiştir. Kuru ısıtma işlemi (160°C'de 10 dakika kavurma ve 190°C'de 15 saniye patlatma) ve suda kaynatma işlemi (su:tam tohum, 4:1; su:amarant unu, 6:1) *Amaranthus albus*'a uygulandığında önemli sonuçlar bulunmuştur. Un ve tam tohumun kaynatılması protein sindirilirliğini sırasıyla %24 ve %15 oranında artırırken, kavurmanın protein sindirilirliğini azalttığı bildirilmiştir. Kaynatmanın tanen, fitat ve okzalit miktarını azaltmadaki etkisi, kavurma ve patlatmadan daha fazla olduğu belirtilmiştir (Coelho vd., 2018; Aderibigbe vd., 2020; Manyelo vd., 2020). Beniwal vd. (2019), beyaz kinoa ve amarant örneklerine 180°C'de 10 saniye kavurma işlemi uygulamışlardır. İşlem sonrası amarant ve kinoa örneğinin saponin miktarları sırasıyla 2.66 g/100 g'dan 1.12 g/100 g'a ve 1.42 g/100 g'dan 0.64 g/100 g'a düşüş gösterdiği belirtilmiştir. İşlem sonrası amarant ve kinoa örneğinin tanen miktarları sırasıyla 1.58 g/100 g'dan 0.84 g/100

g'a ve 0.57 g/100 g'dan 0.08 g/100 g'a azaldığı gözlenmiştir. Deng vd. (2015) karabuğday örneklerinde mikrodalga işleminin anti-besinsel bileşik miktarı üzerine etkisini araştırmışlardır. Kontrol örneklerinin fitik asit, tripsin inhibitörü, tanen ve saponin miktarları sırasıyla 18.07 g/100 g, 5.94 g/100 g, 5.13 g/100 g ve 3.23 g/100 g kuru ağırlık değerlerinden sırasıyla 12.03 g/100 g, 5.18 g/100 g, 3.72 g/100 g ve 2.58 g/100 g kuru ağırlık değerlerine azaldığı rapor edilmiştir.

Çimlendirme

Amarant tanesinin 24 saat çimlendirilmesi, kuru madde kaybı ve anti-besinsel bileşik miktarındaki azalmaya bağlı olarak optimum işleme süresi olarak kaydedilmiştir (Coelho vd., 2018; Aderibigbe vd., 2020). Thakur vd. (2021b), amarant, karabuğday ve kinoa örneklerinin anti-besinsel bileşik miktarını azaltmak için 24, 48 ve 72 saat boyunca 25°C'de çimlendirme işlemi uygulamışlardır. Amarantta tanen (%0.065) ve fitik asit (%1.15) miktarı 72 saatlik çimlendirme sonrası sırasıyla %0.044 ve %0.81'e düştüğü gözlenmiştir. Karabuğdayda tanen (%0.222) ve fitik asit (%1.32) miktarı 72 saatlik çimlendirme sonrası sırasıyla %0.089 ve %1.09'a düştüğü tespit edilmiştir. Kinoa ise tanen (%0.048) ve fitik asit (%1.03) miktarı 72 saatlik çimlendirme sonrası sırasıyla %0.035 ve %0.54'e azaldığı kaydedilmiştir. Bhinder vd. (2021), beyaz ve siyah kinoa örneklerini çimlendirme (24, 48, 72 ve 96 saat), 50°C'de kurutma, öğütme ve ardından eleme işlemleri ile malt ununa işlemişlerdir. Beyaz kinoaaların 24 saat çimlendirme sonrası saponin, tanen ve fitik asit miktarı sırasıyla 1.63 g/100 g'dan 1.13 g/100 g'a, 3.41 mg/100 g'dan 3.21 mg/100 g'a ve 375.27 mg/100 g'dan 308.2 mg/100 g'a düştüğü gözlenmiştir. Siyah kinoaaların 24 saat çimlendirme sonrası saponin, tanen ve fitik asit miktarları sırasıyla 2.42 g/100 g'dan 1.69 g/100 g'a, 4.81 mg/100 g'dan 4.53 mg/100 g'a ve 445.73 mg/100 g'dan 331.93 mg/100 g'a azaldığı kaydedilmiştir. Beniwal vd. (2019), amarant ve beyaz kinoaanın çimlendirme işlemi 32°C'de 48 saat yapmışlardır. İşlem sonrası amarant ve kinoa unlarında saponin miktarları sırasıyla 2.66 g/100 g'dan 0.84 g/100 g'a ve 1.42 g/100 g'dan 0.46 g/100 g'a düşüş gösterdiği bildirilmiştir. Amarant ve kinoa unlarının tanen miktarları ise sırasıyla

1.58 g/100 g'dan 0.68 g/100 g'a ve 0.57 g/100 g'dan 0.03 g/100 g'a azaldığı gözlenmiştir. Hejazi vd. (2016), amarant tohumlarının *in vitro* protein sindirilirliği ve anti-besinsel bileşikleri üzerine malta işleminin etkisini araştırmışlardır. Çimlendirilmiş (24, 36 ve 48 saat sürede ve 22, 26 ve 30°C sıcaklıkta) tohumların, ham tohumlara göre protein içeriği (13.76 g/100 g kuru ağırlık'dan 14.86 g/100 g kuru ağırlık'a) ve protein sindirilirliğinin (%76.03'dan %83.58'e) artış gösterdiği kaydedilmiştir. Çimlendirme işleminden sonra fitik asitte ve okzalatta önemli düşüşler (sırasıyla %30 ve %38 oranlarında) ve tanen miktarında ise artış (%47 oranında) gözlenmiştir. Çalışmada, anti-besinsel bileşik miktarı ile protein sindirilirliği arasında korelasyonların olduğu bildirilmiştir (Hejazi vd., 2016).

Fermantasyon

Fermantasyon işlemi ile pseudo-tahılların fitik asit, tanen ve enzim inhibitörleri gibi anti-besinsel bileşik miktarlarının azaltılabildiği bildirilmiştir. Pseudo-tahıl unlarına laktik asit bakterilerinin ilave edilmesi ile gerçekleşen fermantasyon işlemi ile özellikle fitik asit miktarında azalma, fenolik bileşik miktarı ve B grubu vitaminlerinde artış sağlandığı belirtilmiştir (Rollán vd., 2019; Caeiro vd., 2022). Cizeikiene vd. (2021), kinoa örneklerinin *L. plantarum* MR24, *L. brevis* R26 ve *L. acidophilus* DSM 20079 bakterileri ile 72 saat fermantasyonu sonrası amilaz aktivitesi (0.259 AU/g) sırasıyla 0.082 AU/g, 0.333 AU/g ve 0.015 AU/g olarak bulunmuştur. Aynı bakterilerin fitaz aktivitesinin (0 PhU/g) ise sırasıyla 0.125 PhU/g, 0.142 PhU/g ve 0.100 PhU/g'a yükseldiği görülmüştür. Fermantasyon sonrası aynı bakterilerin proteaz aktivitesi (0 PU/g) ise sırasıyla 0.038 PU/g, 0.042 PU/g ve 0 PU/g olarak tespit edilmiştir. Bolívar-Monsalve vd. (2017), kinoa örneğinin saponin miktarı üzerine *L. plantarum* ile yapılan fermantasyonun etkisini araştırmışlardır. Kontrol kinoa örneğinde saponin miktarını 141.2 mg/100 g olarak bulmuşlardır. Fermantasyonunda %6 oranında *L. plantarum* kullanılan kinoa hamurlarında saponin miktarının 3. ve 4. günlerde sırasıyla 104.2 mg/100 g ve 80.2 mg/100 g'a düştüğü gözlenmiştir. Fermantasyonunda %8 oranında *L. plantarum*

kullanılan kinoa hamurlarındaki saponin miktarı ise 3. ve 4. günlerde sırasıyla 137.3 mg/100 g ve 91.6 mg/100 g'a azaldığı bildirilmiştir. Castro-Alba vd. (2019) ise, kinoa örneğini *L. plantarum* ile 4 ve 10 saat boyunca 30°C'de fermantasyon işlemine tabi tutmuşlardır. Fitat miktarında, uygulanan koşullara bağlı olarak %19.2-73.0 arasında azalma tespit etmişlerdir. Bazı araştırmacılar ise hem kendiliğinden gerçekleşen fermantasyon hem de *L. plantarum* 299v ile yapılan fermantasyon işlemi ile fitat miktarının %72 oranında azaltıldığını bildirmişlerdir (Melini ve Melini, 2021; Satheesh ve Fanta 2018).

Diğer Yöntemler

Han vd. (2019b), kinoanın öğütme derecesinin toplam saponin miktarı (15.50 mg OAE/g kuru ağırlık) üzerine etkisini incelemiş ve saponinin 9.02 mg OAE/g kuru ağırlığa düştüğünü belirlemişlerdir. Fitatın hidrolizini gerçekleştirmek için, gıdaların işlenmesi sırasında bitki kaynaklı (örneğin buğday fitazı) veya mikrobiyal kökenli (örneğin laktik asit bakterileri) eksojen fitazın eklenebileceği belirtilmiştir. Endojen fitazı aktive etmek için ise ısıtma, erken aşamada uygulanan ısı işlem, çimlendirme ve fermantasyon gibi işlemlerin uygulanması tavsiye edilmiştir (Carrizo vd., 2017; Castro-Alba vd., 2019). Deng vd. (2015) tarafından karabuğday örneklerine uygulanan yüksek hidrostatik basınç işlemi sonrası fitik asit, tripsin inhibitörü, tanen ve saponin miktarlarının sırasıyla 9.85 g/100 g, 5.19 g/100 g, 4.11 g/100 g ve 2.76 g/100 g kuru ağırlığa düştüğü kaydedilmiştir.

SONUÇ

Pseudo-tahıllar çok iyi birer protein, besinsel lif ve birçok vitamin ve mineral kaynağıdır. Bunun yanı sıra, ikincil metabolizma yoluyla üretilen, çok çeşitli biyolojik aktivitelere sahip olan ve farklı biyolojik veya ekolojik işlevlere yardımcı olan birçok organik bileşik içerir. Anti-besinsel bileşikler olarak tanımlanan bu bileşikler, besinlerin lezzetini, sindirilirliğini ve biyoyararlanımı üzerine olumsuz etkiler sergiler. Pseudo-tahıllarda bulunan anti-besinsel bileşikler proteaz inhibitörleri (tripsin ve kimotripsin inhibitörü), tanenler, fitik asit, saponinler, okzalatlardan, nitratlar ve lektinlerdir. Bundan dolayı

bu bileşiklerin sebep olduğu zararlı metabolik olayları azaltmak/ortadan kaldırmak için pseudotahılların tüketiminden önce uygun bir teknikle işlenmesi gerekmektedir. Uygulanacak yöntem seçilirken anti-besinsel bileşiklerin kimyasal yapısı, tohum içerisindeki dağılımı, biyolojik etkileri, ısıya duyarlılıkları ve suda çözünürlükleri ile işlemin maliyetinin belirlenmesi tavsiye edilmektedir. Anti-besinsel bileşiklerin azaltılması için kavuz ayırma, yıkama, ıslatma, kaynatma, çimlendirme ve fermantasyon işlemlerinin ilk etapta düşünülmesi gereken yöntemler olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarların, başka kişiler ve/veya kurumlar ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKILARI

AA ve EY derlemeyi birlikte planlamış, yazmış ve son halini onaylamışlardır.

KAYNAKLAR

Aderibigbe, O.R., Ezekiel, O.O., Owolade, S.O., Korese, J.K., Sturm, B., Hensel, O. (2020). Exploring the potentials of underutilized grain amaranth (*Amaranthus* spp.) along the value chain for food and nutrition security: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(3), 656-669.

Akin-Idowu, P.E., Ademoyegun, O.T., Olagunju, Y.O., Aduloju, A.O., Adebo, U.G. (2017). Phytochemical content and antioxidant activity of five grain amaranth species. *American Journal of Food Science and Technology*, 5(6), 249-255.

Aloo, S.O., Ofosu, F.K., Oh, D.H. (2021). Effect of germination on alfalfa and buckwheat: Phytochemical profiling by UHPLC-ESI-QTOF-MS/MS, bioactive compounds, and *in vitro* studies of their diabetes and obesity-related functions. *Antioxidants*, 10(10): 1613, 1-18.

Ando, H., Chen, Y.C., Tang, H., Shimizu, M., Watanabe, K., Mitsunaga, T. (2002). Food components in fractions of quinoa seed. *Food Science and Technology Research*, 8(1), 80-84.

Beniwal, S.K., Devi, A., Sindhu, R. (2019). Effect of processing on nutritional and physico-chemical, functional and pasting properties of

amaranth and quinoa flours. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 18(3), 500-507.

Bhattacharai, G. (2018). Amaranth: A golden crop for future. Review Article, *Himalayan Journal of Science and Technology*, 2, 108-116.

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, 1-12.

Bolívar-Monsalve, E.J., Ceballos-González, C., Ramírez-Toro, C., Bolívar, G.A. (2017). Reduction in saponin content and production of gluten-free cream soup base using quinoa fermented with *Lactobacillus plantarum*. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(12): e13495, 1-10.

Caeiro, C., Pragosa, C., Cruz, M.C., Pereira, C.D., Pereira, S.G. (2022). The role of pseudocereals in celiac disease: Reducing nutritional deficiencies to improve well-being and health. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2022: 8502169, 1-8.

Carrizo, S.L., Oca, M.C.E., Hébert, M.E., Saavedra, L., Vignolo, G., LeBlanc, J.G., Rollán, G.C. (2017). Lactic acid bacteria from Andean grain amaranth: A source of vitamins and functional value enzymes. *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology*, 27(5), 289-298.

Castro-Alba, V., Lazarte, C.E., Perez-Rea, D., Sandberg, A.S., Carlsson, N.G., Almgren, A., Bergenstahl, B., Granfeldt, Y. (2019). Effect of fermentation and dry roasting on the nutritional quality and sensory attributes of quinoa. *Food Science & Nutrition*, 7(12), 3902-3911.

Cizeikiene, D., Gaide, I., Basinskiene, L. (2021). Effect of lactic acid fermentation on quinoa characteristics and quality of quinoa-wheat composite bread. *Foods*, 10(1): 171, 1-16.

Coelho, L.M., Silva, P.M. dos S., Martins, J.T., Pinheiro, A.C., Vicente, A.A. (2018). Emerging opportunities in exploring the nutritional/functional value of amaranth. *Food & Function*, 9(11), 5499-5512.

- Del Hierro, J.N., Herrera, T., García-Risco, M.R., Fornari, T., Reglero, G., Martín, D. (2018). Ultrasound-assisted extraction and bioaccessibility of saponins from edible seeds: Quinoa, lentil, fenugreek, soybean and lupin. *Food Research International*, 109, 440-447.
- 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(4), 3884-3892.
- Deng, Y., Padilla-Zakour, O., Zhao, Y., Tao, S. (2015). Influences of high hydrostatic pressure, microwave heating, and boiling on chemical compositions, antinutritional factors, fatty acids, *in vitro* protein digestibility, and microstructure of buckwheat. *Food and Bioprocess Technology*, 8(11), 2235-2245.
- Diaz-Valencia, Y.K., Alca, J.J., Calori-Domingues, M.A., Zanabria-Galvez, S.J., Cruz, S.H. (2018). Nutritional composition, total phenolic compounds and antioxidant activity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) of different colours. *Nova Biotechnologica et Chimica*, 17(1), 74-85.
- Drzewiecki, J., Martinez-Ayala, A.L., Lozano-Grande, M.A., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Jastrzebski, Z., Pasko, P., Gorinstein, S. (2018). *In vitro* screening of bioactive compounds in some gluten-free plants. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 186(4), 847-860.
- Filho, A.M.M., Pirozi, M.R., Borges, J.T.S., Sant'Ana, H.M.P., Chaves, J.B.P., Coimbra, J.S.R. (2017). Quinoa: Nutritional, functional, and antinutritional aspects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(8), 1618-1630.
- Fotschki, B., Juśkiewicz, J., Jurgóński, A., Amarowicz, R., Opyd, P., Bez, J., Muranyi, I., Petersen, I.L., Llopis, M.L. (2020). Protein-rich flours from quinoa and buckwheat favourably affect the growth parameters, intestinal microbial activity and plasma lipid profile of rats. *Nutrients*, 12(9): 2781, 1-12.
- Gélinas, B., Seguin, P. (2007). Oxalate in grain amaranth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(12), 4789-4794.
- Gobbetti, M., Angelis, M., Cagno, R., Polo, A., Rizzello, C.G. (2020). The sourdough fermentation is the powerful process to exploit the potential of legumes, pseudo-cereals and milling by-products in baking industry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(13), 2158-2173.
- Han, Y., Chi, J., Zhang, M., Zhang, R., Fan, S., Huang, F., Xue, K., Liu, L. (2019a). Characterization of saponins and phenolic compounds: Antioxidant activity and inhibitory effects on α -glucosidase in different varieties of colored quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Bioscience, Biotechnology & Biochemistry*, 83(11), 2128-2139.
- Han, Y., Chi, J., Zhang, M., Zhang, R., Fan, S., Dong, L., Huang, F., Liu, L. (2019b). Changes in saponins, phenolics and antioxidant activity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) during milling process. *LWT-Food Science and Technology*, 114: 108381, 1-7.
- Hejazi, S.N., Orsat, V., Azadi, B., Kubow, S. (2016). Improvement of the *in vitro* protein digestibility of amaranth grain through optimization of the malting process. *Journal of Cereal Science*, 68, 59-65.
- Hernández-Ledesma, B. (2019). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a source of nutrients and bioactive compounds: A Review. *Bioactive Compounds in Health and Disease*, 2(3), 27-47.
- Isaac-Bamgboye, F.J., Edema, M.O., Oshundahunsi, O.F. (2019). Nutritional quality, physicochemical properties and sensory evaluation of amaranth-*kunu* produced from fermented grain amaranth (*Amaranthus hybridus*). *Annals. Food Science and Technology*, 20(2), 322-331.
- Jancurová, M., Minarovičová, L., Dandár, A. (2009). Quinoa – A Review. *Czech Journal of Food Sciences*, 27(2), 71-79.
- Jin, J., Ohanenye, I.C., Udenigwe, C.C. (2020). Buckwheat proteins: Functionality, safety, bioactivity, and prospects as alternative plant-based proteins in the food industry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 16: 1-13.

- Kasar, C., Thanushree, M.P., Gupta, S., Inamdar, A.A. (2021). Milled fractions of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) from the Himalayan regions: Grain characteristics, functional properties and nutrient composition. *Journal of Food Science and Technology*, 58(10), 3871-3881.
- Kozioł, M.J. (1992). Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 5(1), 35-68.
- Kumar, Y., Basu, S., Goswami, D., Devi, M., Shivhare, U.S., Vishwakarma, R.K. (2022). Anti-nutritional compounds in pulses: Implications and alleviation methods. *Legume Science*, 4(2), e111.
- Manyelo, T.G., Sebola, N.A., Rensburg, E.J., Mabelebele, M. (2020). The probable use of *genus amaranthus* as feed material for monogastric animals. *Animals*, 10(9):1504, 1-17.
- Mastebroek, H.D., Limburg, H., Gilles, T., Marvin, H.J.P. (2000). Occurrence of saponins in leaves and seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 80(1), 152-156.
- Mattila, P.H., Pihlava, J.M., Hellström, J., Nurmi, M., Euroala, M., Mäkinen, S., Jalava, T., Pihlanto, A. (2018). Contents of phytochemicals and antinutritional factors in commercial protein-rich plant products. *Food Quality and Safety*, 2(4), 213-219.
- Melini, F., Melini, V. (2021). Impact of fermentation on phenolic compounds and antioxidant capacity of quinoa. *Fermentation*, 7(1): 20, 1-19.
- Mezgebo, K., Belachew, T., Satheesh, N. (2018). Optimization of red teff flour, malted soybean flour, and papaya fruit powder blending ratios for better nutritional quality and sensory acceptability of porridge. *Food Science & Nutrition*, 6:891-903.
- Mir, N.A., Riar, C.S., Singh, S. (2018). Nutritional constituents of pseudo-cereals and their potential use in food systems: A Review. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 170-180.
- Nyonje, W.A., Schafleitner, R., Abukutsa-Onyango, M., Yang, R.Y., Makokha, A., Owino, W. (2021). Precision phenotyping and association between morphological traits and nutritional content in vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.). *Journal of Agriculture and Food Research*, 5: 100165, 1-8.
- Reguera, M., Conesa, C.M., Gil-Gómez, A., Haros, C.M., Pérez-Casas, M.Á., Briones-Labarca, V., Bolaños L., Bonilla, I., Álvarez, R., Pinto, K., Mujica, Á., Bascuñán-Godoy, L. (2018). The impact of different agroecological conditions on the nutritional composition of quinoa seeds. *PeerJ*, 14;6:e4442.
- Rollán, G.C., Gerez, C.L., LeBlanc, J.G. (2019). Lactic fermentation as a strategy to improve the nutritional and functional values of pseudocereals. *Frontiers in Nutrition*, 6:98.
- Saad-Allah, K.M., Youssef, M.S. (2018). Phytochemical and genetic characterization of five quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes introduced to Egypt. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 24(4), 617-629.
- Satheesh, N., Fanta, S.W. (2018). Review on structural, nutritional and anti-nutritional composition of teff (*Eragrostis tef*) in comparison with quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Cogent Food & Agriculture*, 4(1): 1546942, 1-27.
- Shadi, H., Rouzbehan, Y., Rezaei, J., Fazaeli, H. (2020). Yield, chemical composition, fermentation characteristics, in vitro ruminal variables, and degradability of ensiled amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) cultivars compared with corn (*Zea mays*) silage. *Translational Animal Science*, 4(4): 1-12.
- Sinha, K., Khare, V. (2017). Review on: Antinutritional factors in vegetable crops. *The Pharma Innovation Journal*, 6(12), 353-358.
- Sobota, A., Świeca, M., Gęsiński, K., Wirkliowska, A., Bochnak, J. (2019). Yellow-coated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) – Physicochemical, nutritional, and antioxidant Properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(5), 2035-2042.
- Srujana, M.N.S., Kumari, B.A., Suneetha, W.J., Prathyusha, P. (2019). Processing technologies

- and health benefits of quinoa. *The Pharma Innovation Journal*, 8(5), 155-160.
- Suárez-Estrella, D., Torri, L., Pagani, M.A., Marti, A. (2018). Quinoa bitterness: Causes and solutions for improving product acceptability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(11), 4033-4041.
- Thakur, A., Sharma, V., Thakur, A. (2019). An overview of anti-nutritional factors in food. *International Journal of Chemical Studies*, 7(1), 2472-2479.
- Thakur, P., Kumar, K. (2019). Nutritional importance and processing aspects of pseudo-cereals. *Journal of Agricultural Engineering and Food Technology*, 6(2), 155-160.
- Thakur, P., Kumar, K., Dhaliwal, H.S. (2021a). Nutritional facts, bio-active components and processing aspects of pseudocereals: A Comprehensive Review. *Food Bioscience*, 42: 101170, 1-13.
- Thakur, P., Kumar, K., Ahmed, N., Chauhan, D., Rizvi, Q.U.E.H., Jan, S., Singh, T.P., Dhaliwal, H.S. (2021b). Effect of soaking and germination treatments on nutritional, anti-nutritional, and bioactive properties of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.), quinoa (*Chenopodium quinoa* L.), and buckwheat (*Fagopyrum esculentum* L.). *Current Research in Food Science*, 4: 917-925.
- Valadez-Vega, C., Lugo-Magaña, O., Morales-González, J.A., Delgado-Olivares, L., Izquierdo-Vega, J.A., Sánchez-Gutiérrez, M., López-Contreras, L., Bautista, M., Velázquez-González, C. (2021). Phytochemical, cytotoxic, and genotoxic evaluation of protein extract of *Amaranthus hypochondriacus* seeds. *CYTA – Journal of Food*, 19(1): 701-709.
- Villacrés, E., Quelal, M., Galarza, S., Iza, D., Silva, E. (2022). Nutritional value and bioactive compounds of leaves and grains from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Plants*, 11(2): 213, 1-11.
- Yousif, A.M., Snowball, R., D'Antuono, M.F., Dhammu, H.S., Sharma, D.L. (2020). Water droplet surface tension method – An innovation in quantifying saponin content in quinoa seed. *Food Chemistry*, 343(2): 128483, 1-20.
- Zhang, Z.L., Zhou, M.L., Tang, Y., Li, F.L., Tang, Y.X., Shao, J.R., Xue, W.T., Wu, Y.M. (2012). Bioactive compounds in functional buckwheat food. *Food Research International*, 49(1), 389-395.