



Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa  
Bilimleri Dergisi  
Usak University Journal of Science and Natural Sciences

<http://dergipark.gov.tr/usufedbid>  
<https://doi.org/10.47137/usufedbid.1404354>



*Derleme Makalesi (Review Article)*

## Çimlendirilmiş Pseudo-tahılların Bazı Besinsel Özelliklerindeki Değişimler

Ayşe Nur Kunca, Onur Güneşer\*

Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Uşak Üniversitesi, Uşak, Türkiye

Geliş: 13 Aralık 2023  
Received: 13 December 2023

Revizyon: 22 Ocak 2024  
Revised: 22 January 2024

Kabul: 25 Ocak 2024  
Accepted: 25 January 2024

### Özet

Bitkisel besin grubunda yer alan pseudo-tahıllar yüksek besin değerleri ve gluten içermemeleri nedeniyle son yıllarda sağlık uzmanları ve gıda üreticilerinin dikkatini çekmektedir. Yüksek kaliteli bitkisel protein kaynağı olarak pseudo-tahılların tüketimi için birçok araştırma gerçekleştirilmektedir. Bitkisel kaynaklı gıdalarda bulunan besin bileşenlerinin biyo-yararlılık ve biyo-erişebilirlik özellikleri birçok etkene bağlı olarak sınırlanmaktadır. Besin bileşenlerinin biyo-yararlılık ve biyo-erişebilirlik özelliklerini arttırabilmek için birçok gıda işleme yöntemi kullanılmaktadır. Söz konusu yöntemlerden biri de tahılların çimlendirme işlemidir. Çimlendirmeye pseudo-tahıllardaki makro, mikro ve anti besin bileşenlerinde çeşitli değişimler gözlemlenmektedir. Bu çalışmada bazı pseudo-tahılların çimlendirilmesiyle meydana gelen besinsel değişimler kısaca tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Pseudo-tahıllar, çimlenme, biyoaktif bileşenler, antioksidan, anti-besin öğeleri.

## Changes in Some Nutritional Properties of Germinated Pseudo-Cereals

### Abstract

Pseudo-cereals, which are a plant food group, are taken notice of by nutritionist and food producers because of their higher nutritional value and gluten-free content. Several studies have been conducted on the consumption of pseudo-cereals as a high-quality plant protein source. The bioavailability and bioaccessibility of nutritional components from plant-based foods are restricted depending on certain factors. Several food processing techniques are used to improve the bioavailability and bioaccessibility of nutritional components. One of the methods in question is the germination of cereals. Several changes in the macro-, micro-, and anti-nutritional components of pseudo-cereals are observed with germination. In this review, the nutritional changes of pseudo-cereals occurring during the germination process are briefly discussed.

**Keywords:** Pseudo-cereals, germination, bioactive components, antioxidant, anti-nutrients.

©2024 Usak University all rights reserved.

\*Corresponding author: Onur GÜNEŞER

E-mail: [onur.guneser@usak.edu.tr](mailto:onur.guneser@usak.edu.tr) (ORCID ID: 0000-0002-3927-4469)

E-mail: [aysenurkunca@gmail.com](mailto:aysenurkunca@gmail.com) (ORCID ID: 0000-0002-8039-3646)

©2024 Usak University all rights reserved.

## 1. Giriş

İnsanların yaşamlarını devam ettirebilmesi için önemli olan faktörlerden biri de yeterli ve dengeli beslenmektir. Artan nüfusa bağlı sağlıklı gıdalara olan talep artışı yeni gıdalar ve alternatiflerine karşı araştırmaları hızlandırmıştır [1]. Bu kapsamda gluten içermeme, hayvansal proteine alternatif protein profiline sahip olma, yüksek fenolik madde içermenin yanı sıra tarımsal süreçteki zorlu koşullara dayanıklılık, farklı iklim koşullarına uyum ve düşük maliyetli olmaları nedeniyle pseudo-tahılların üretimi ve tüketimine olan ilgi son yıllarda artış göstermiştir [2,3]. Nitekim; kinoa kaliteli protein ve lipid profili, polifenoller, flavonoidler ve saponinler açısından değerli bir pseudo-tahıl olduğundan, kinoaaya dikkat çekmek amacıyla Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından 2013 yılı “Uluslararası Kinoa Yılı” ilan edilmiştir [4].

Pseudo-tahıllar; görünüş ve nişasta yoğunluğu gibi pek çok yönden gerçek tahıla benzeyen ancak gerçek tahıllar gibi tek çenekli değil, çift çenekli yani dikotiledon yenilebilir bitki tohumlarıdır. Amarant (*Amaranthum*), chia (*Salvia hispanica*), kinoa (*Chenopodium quinoa*), karabuğday (*Fagopyrum esculentum*), ak sirken tohumu (*Chenopodium album*) gibi tohumlar pseudo-tahılların en yaygın türleridir [2]. Pseudo-tahılları diğer tahıllardan üstün kılan özelliklerden birisi de esansiyel aminoasitlerin varlığına bağlı olarak proteinlerinin biyolojik değeri ve verimliliklerinin yüksek olmasıdır. Bu durum gıda endüstrisinde pseudo-tahıl kullanımı ile yüksek proteinli gıda geliştirmede besin çeşitliliğini arttırmaktadır [4,6].

Bağırsak sağlığı ile insan sağlığı arasındaki ilişki yapılan birçok çalışma ile kanıtlanmıştır [5-7]. Bağırsak mikrobiyotasında bakteri kompozisyonunu etkileyen faktörlerden olan yüksek lifli diyetler için pek çok araştırma yapılmıştır [8-10]. Genel olarak diyetlerinde tahıl grubundan pirinç ve mısır ağırlıklı beslenen çölyak hastaları için pseudo-tahıllar yüksek besin değeri, yüksek lif oranı ve çeşitli fitokimyasallar içermesi ile glutensiz beslenmede iyi bir kaynak oluşturmaktadırlar [11, 12].

Pseudo-tahıllar; fenoller, fitosteroller, fitoesteroid ve betalainler gibi çok çeşitli fitokimyasalları yüksek oranda içermektedirler. Söz konusu bileşikler; özellikle hücreyi oksidatif strese karşı korumak ve oksidatif stres ile gelişen dejenerasyonu zayıflatmaktadır. Bu nedenle pseudo-tahılların kanser, diyabet, kardiyovasküler hastalıklar ve hipertansiyon gibi hastalıklara karşı da sağlığı koruyucu etki gösterdikleri bilinmektedir. Pseudo-tahılların çözünür lif içeriklerinin yüksek olması glikemik dengeyi düzenleyip kan şekerinin pozitif regülasyonunu sağlama ve hiperkolesterolemiyi normal seviyeye düşürücü etkileri bulunmaktadır. Diğer taraftan, pseudo-tahıllar potasyum, kalsiyum gibi mineraller ile vitamin A, vitamin B6, folat gibi vitaminler yönünden de zengin bir içeriğe sahiptirler [3, 11, 12].

Çimlendirme; tahılların duyuşal ve beslenme özelliklerini geliştirebilmek, içeriğinde bulunan anti-besinsel maddeleri azaltmak, kullanım alanlarını ve sindirilebilirliklerini arttırabilmek için son yıllarda sıkça uygulanan, tohumda fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri değiştirmek için yararlanılan bir yöntemdir [13,14]. Kuru tohum ıslandığı ilk andan itibaren metabolik aktivitesinde artış başlamaktadır. Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA) çimlendirilmiş bir tahıl “tohumun dış kabuğunu, tohumun kendisini ve iç çekirdeğini bütün halde içeren, filizlenen bölümleri kendi boyutunu aşmayan ve besin değerleri azalmayan tam tahıl” şeklinde tanımlamıştır [15,16]. Çimlendirilmiş tahıl filizlerinde; amino asit, vitamin, mineral ve peptitler gibi içerikler çimlenmemiş tohumundan daha fazladır. Lektin, galaktosid, tannin ve tripsin inhibitörleri gibi besleyici değeri düşüren bileşenler filizlerde azalmaktadır. Polifenol ve antioksidan miktarları

çimlendirme gibi bazı işlemlerle arttırılabilirken pişirme gibi ısı işlemlerle azaltılabilmektedir [17]. Günümüzde, pseudo-tahıllar dahil olmak üzere çimlendirilmiş soya fasulyesi, yer fıstığı, bezelye gibi tohumlardan veya bunların unlarında yapılan gıda ürünleri tüketicilere sunulmaktadır. Örneğin; çimlendirilmiş soya, nohut, fasulye, mercimek, acı bakla ve bezelye unlarının ekmek üretiminde kullanılması çok yaygın bir uygulama olup çimlendirilmiş kahverengi pirinçten kahvaltılık gevrek, içecek ve yoğurt; çimlendirilmiş tritikale unundan kurabiye, çimlendirilmiş soya unundan besleyici bebek maması ve çimlendirilmiş pirinçten fonksiyonel besin takviyelerinin üretilmesi de hali hazırda mevcut sağlıklı gıda uygulamalarından bazılarıdır [18-20]. Bu çalışmada bazı pseudo-tahılların çimlendirilmesi ile meydana gelen besinsel değişimler kısaca tartışılmıştır.

## 2. Çimlendirmenin Pseudo-tahıllardaki Makro Besin Bileşenlerine Etkileri

Pseudo-tahıllar da diğer tahıllar gibi tohum içeriğinin büyük bölümü, karbonhidrat kaynağı olan nişasta ve nişasta olmayan polisakkaritlerden oluşmaktadır. Çimlenme başlangıcında endospermdeki çözünmeyen nişasta türevleri çözünmüş hale gelmektedir. Sonrasında hidrolaz enzimleri olan  $\alpha$ -amilaz ve  $\beta$ -amilaz tarafından hidroliz edilerek toplam nişasta miktarı azalmaktadır. Dekstrinler maltoza, sonrasında  $\alpha$ -glükosidaz ile glikoza dönüşmektedirler [4, 21]. Çimlenme için gerekli enerji sağlandıktan sonra yeni kompleks bileşikler sentezlenmeden önce glikoz ve diğer indirgen şekerlerin miktarı en yüksek konsantrasyonda olmaktadır. Buna göre; Suárez-Estrella ve ark. [22] yaptıkları bir çalışma kinoa tohumlarının 72 saat boyunca çimlendirilmesi süresince tohumlardaki nişasta miktarının %60,6'dan %50,7'ye düştüğü; buna karşın glikoz ve maltoz miktarlarında önemli bir artışın meydana geldiği; tohumdaki glikoz miktarının 0,43 g/100 g'dan 2,23 g/100 g düzeyine, maltoz miktarının ise 0,43 g/100 g'dan 0,60 g/100 g düzeyine artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Diğer taraftan, nişastayı parçalayan  $\alpha$ -amilaz ve  $\beta$ -amilaz enzim aktivitelerinin sırasıyla 24,2 ve 1,21 kat artış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Hernandez-Garcia ve ark. [23] çimlendirilmiş amaranth tohumları üzerine yaptıkları bir çalışmada çimlenmemiş tohumdaki indirgen şeker miktarının 0,28 g glikoz/100 g tohum düzeyinde olduğu, söz konusu indirgen şeker miktarının çimlenmenin 48. saatine kadar düzenli olarak arttığı ve maksimum miktara (3,25 g glikoz/100 g tohum) ulaştığını tespit etmişlerdir. Çimlenmenin 48. saatinden sonra ise amaranth tohumlarındaki indirgen şeker miktarında önemli bir azalmanın meydana geldiği belirlenmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada [18], çimlendirilmiş karabuğday ununun toplam karbonhidrat miktarının %71,23'ten %61,21'e düştüğü belirlenirken, toplam şeker miktarının %2,40'tan %4,85'e, indirgen şeker miktarının ise %0,80'den %0,97'ye yükseldiği tespit edilmiştir. Araştırmacılar çimlendirilmiş karabuğday ununun karbonhidrat miktarındaki azalmanın tohumların ıslatılma ve çimlenme sürecinde aktif solunum gerçekleştirmesinden, toplam şeker ve indirgen şeker miktarındaki artışların ise  $\alpha$ -amilaz ve  $\beta$ -amilaz aktivitesindeki artışlardan ileri geldiğini belirtmişlerdir [24].

Tahıl tohumlarının çimlendirilmesiyle  $\alpha$ -amilazın nişasta granüllerini parçalaması tohum içinde paketlenmiş proteinlerin açığa çıkmasına da neden olduğu ve bunun sonucunda çimlenmiş tohumda protein miktarının ve protein sindirilebilirliğinin arttığı belirtilmiştir [25]. Diğer taraftan, çimlenme süresince protein olmayan bileşenlerin metabolizması ve tohumun su almasıyla söz konusu bileşenlerin kaybı nedeniyle çimlenmiş tohumlarda proteinlerin oransal olarak artışının gerçekleştiği de ifade edilmektedir [26]. Thakur ve ark. [25]'nin yaptıkları bir çalışmada amaranth, karabuğday ve kinoa tohumlarının 25°C sıcaklıkta 72 saat boyunca çimlendirilmeleriyle protein miktarları sırasıyla ortalama %7, %19 ve %19,6 oranında arttığını belirlemişlerdir. Yapılan diğer bir çalışmada [27]

çimlendirilmiş kinoa tohumlarından elde edilen unun ham protein miktarının çimlendirilmemiş kinoalardan elde edilen unun protein miktarından %37,39 daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Beltrán-Orozco ve ark. [26] chia tohumlarının 30°C sıcaklıkta 96 saat boyunca çimlendirilmesinde ilk 48 saat çimlendirme sonunda chia tohumlarının ham protein miktarının %13 oranında arttığını daha sonra protein miktarında önemli bir düşüşün meydana geldiğini belirlenmişlerdir. Yapılan diğer bir çalışmada ise chia tohumlarının 21°C sıcaklıkta 157 saat çimlendirilmesinde protein miktarının %20,9 arttığı tespit edilmiştir [28].

Proteinlerin sindirilebilirliği, içerdiği aminoasit çeşitlerine, proteinlerin gıda matriksindeki yerine ve diğer polimer özellikteki bileşenlerle etkileşimlerine bağlı olarak da farklılık göstermektedir. Lif ve diğer bitkisel dokular protein sindirilebilirliğini azaltmaktadır [29]. Çimlendirme ile aktif proteaz enzimi tahıl tohumunun endospermünde depolanan proteinleri hidroliz ederek peptit ve aminoasitler meydana getirmektedir. Bu durumda çimlenmiş tohumlarda serbest aminoasit miktarı artmaktadır. Çimlenme, hidrolitik enzim aktivitesini artırarak polimerlerin mobilizasyonunu da sağlamaktadır. Proteazların serbest aminoasit oluşumunu artırmasıyla tohumlardaki anti-besin maddeler azalarak protein sindirilebilirliği artmaktadır [29-31]. Nitekim; Khare ve ark. [30] yaptıkları bir çalışmada keten tohumunun çimlendirilmesiyle in vitro protein sindirilebilirliğinin %42,83'ten %59,51'e önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada ise çimlendirme ile sorgum proteinlerinin in vitro sindirilebilirlik değerinin %20,8 oranında arttığı tespit edilmiştir [32].

Protein kalitesinin belirteçlerinden birisi de elzem aminoasit (EAA) miktarlarının toplam aminoasit miktarına oranıdır. Van Hung ve ark. [31] çimlendirme süresince karabuğdayın EAA miktarındaki değişimleri incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, çimlenme başlangıcında %30,61 olan EAA miktarının, çimlenmenin 24. saatte %34,96 ve 48. saatte ise %35,83 olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir. Buna göre; çimlendirmenin karabuğday tohumlarında EAA miktarı önemli ölçüde arttırdığı ve çimlenmiş karabuğdaydaki elzem aminoasitler arasında lizin konsantrasyonunun en yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada lizin yönünden düşük aminoasit miktarına sahip olan arpa, buğday gibi diğer tahıllara göre çimlenmiş karabuğdayın yüksek lizin konsantrasyonu ile alternatif bir kaynak olduğu vurgulanmıştır [31].

Santral sinir sisteminde nörotransmitter görevi yapan  $\gamma$ -aminobütirik asit (GABA); vücutta kolesterolü düşürmeye yardımcı, inflamasyon engelleyici, kan şekerini düşürücü, kanser gibi kontrolsüz hücre büyümesi ve çoğalmasını engelleyen işlevleri olan bir aminoastir [33, 34]. Gómez-Favelave ark. [28] yaptıkları bir çalışmada chia tohumu çimlendirilmesi ile elde edilen tohum unlarının GABA miktarının arttığını belirtmişlerdir. Buna göre; chia tohumunun 21°C'de 157 saat çimlendirilmesiyle chia tohum unundaki GABA miktarının 9,51 mg/100 g'dan 117 mg/100 g seviyesine çıktığı tespit edilmiştir. Çimlendirilmiş chia tohumu unundaki EAA miktarının ise 29,49 g/100 g proteinden 48,53 g/100 g proteine önemli düzeyde yükseldiği belirlenmiştir. Yapılan diğer çalışmada [35] kinoa tohumlarının 26°C'de 63 saat çimlendirilmesi ile kinoa filizlerinin tohuma göre 5 kat daha fazla GABA içerdiği tespit edilmiştir.

Lipit katabolizması, tohumun gelişiminde biyolojik ve kimyasal değişimleri gerçekleştirilebilmesi için enerji sağlamaktadır. Lipaz enzimleri tohumun tane yapısının bozulmasıyla aktifleşmekte ve çimlenme ile lipaz enzimleri triaçilgliserollerini hidrolize ederek serbest yağ asitleri meydana getirmektedir. Bunun sonucunda tohumdaki serbest haldeki doymuş ve doymamış yağ asidi miktarlarında artış meydana getirmektedir. Çimlenme süresi fazla uzar ise lipaz ve lipoksigenaz enzimlerinin aktivitelerinin artması

ile tohumda oluşan aldehitler, serbest fenolik bileşikler, heterosiklik yapıdaki bileşikler ve dimetil sülfid nedeniyle kötü tat ve koku meydana gelmektedir. Çimlenme süresince lipaz enzim aktivitesinin artması ve yağların hidrolize olması nedeniyle pseudo-tahıllarda yağ miktarı genel olarak azalmaktadır [31, 37, 38]. Yapılan bir çalışmada [26] chia tohumlarının 30°C sıcaklıkta 48 saat boyunca çimlendirilmesinde toplam yağ içeriğinin arttığı ancak 96 saat çimlendirme süresi sonunda chia tohumlarının yağ miktarının %20 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Çalışmada yağ miktarının azalmasının çimlenme süresince tohumdaki yağın enerji kaynağı olarak kullanması nedeniyle olduğu belirtilmiştir. Benzer şekilde; Gamel ve ark. [39] 32°C'de 48 saat çimlendirme koşullarında iki farklı amaranth tohumunun yağ miktarlarında %4-6 bir azalma meydana geldiğini belirlemişlerdir. Yapılan diğer çalışmada [40] %95 rölatif nem, 22°C sıcaklık ve 72 saat çimlendirme koşullarında kinoa ve horoz ibiği çiçek tohumlarının yağ miktarında sırasıyla ortalama %30,9 ve %37,9 oranında bir azalmanın meydana geldiği belirlenmiştir. Çimlendirme işlemiyle pseudo-tahılların yağ asidi profillerinde de değişimler meydana gelmektedir [31]. Buna göre; Molska ve ark. [41] karabuğday tohumlarında toplam yağ asidi içeriğinin %78,48 oluşturan doymamış yağ asitleri içeriğinin çimlenme ile %83,04'e yükseldiğini tespit etmişlerdir. Yapılan diğer çalışmada [42], 30°C sıcaklık 72 saat çimlendirme koşullarında kinoda bulunan polar olmayan lipitler ve glikolipitlerin miktarında önemli bir artışın meydana geldiği fosfolipitlerin ise önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir. Çalışmada çimlenme süresince kinoa tohumlarında bulunan nonpolar lipit, glikolipit ve fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonlarında önemli farklılıkların meydana geldiği tespit edilmiştir. Buna göre; çimlenme süresince nonpolar lipit fraksiyonunda oleik ve linoleik yağ asitlerinin miktarında artış, palmitik asit yağ asidi miktarında ise bir azalış tespit edilmiştir. Fosfolipid fraksiyonunun da ise özellikle linoleik ve linolenik yağ asitlerinin miktarında önemli bir azalış, miristik, oleik, palmitik ve stearik yağ asitlerinin miktarlarında ise önemli artışın olduğu belirlenmiştir.

### 3. Çimlendirmenin Pseudo-tahıllardaki Mikro Besin Bileşenlerine Etkileri

Fenolik maddeler, fitosteroller, vitaminler ve mineraller pseudo-tahıllarda mikro besin bileşenlerini oluşturmaktadır. Söz konusu maddelerin birçoğu insan sağlığı üzerinde koruyucu ve dejenaratif hastalıkları azaltıcı biyoaktif etkilere sahiptirler. Genel olarak fenolik maddeler; fenolik asitler, flavonoidler, stilbenler, kumarinler ve tanninler olarak gruplandırılmaktadırlar. Flavonoidler ise antosiyaninler, flavonoller, flavonlar, flavanonlar ve flavonollerini içermektedirler [25,43]. Pseudo-tahılların içeriğinde birçok fenolik asit ve flavonoid tanımlanmıştır. Fenolik asitler çoğunlukla benzoik ve sinamik türevlerinden oluşmakta olup tohum yapısında bağlı fenolik şekilde bulunmaktadır. Amaranthda ferulik asit, kaffeik asit ve *p*-hidroksi benzoik asit; kinoa da galkik asit; karabuğdayda kaffeik asit ve *p*-hidroksi benzoik asit en temel fenolik asitlerdir. Sorgumda flavonoid grubunda yer alan 3-deoksiantosiyanin yüksek miktarda bulunmaktadır. Kampesterol and stigmasterol ise pseudo-tahıllarda bulunan en önemli iki fitosteroldür. Pseudo-tahıllar vitamin ve mineral içerikleri açısından incelendiklerinde; tiamin, niasin, riboflavin, tokoferol, folik asit; demir, kalsiyum, magnezyum, fosfor ve çinko yönünden zengin oldukları belirlenmiştir [38, 43, 44].

Çimlendirme işlemi ile pseudo-tahılların mikro besin bileşenlerinde hem çimlendirme koşullarına hem de pseudo-tahılın çeşidine bağlı olarak birçok değişiklik meydana gelmektedir. Yapılan bir çalışmada [45], karabuğdayın 25°C sıcaklık, %90 rölatif nem ve 72 saat çimlendirilmesiyle rutin, viteksin, isoviteksin, orientin, isoorientin, klorojenik asit, *trans*-3-hidroksisinnamik asit ve *p*-hidroksibenzoik asit miktarlarında önemli bir artışın meydana geldiği belirlenmiştir. Çalışmada fenolik maddelerin miktar artışından dolayı

çimlenmiş karabuğday örneklerinin antioksidan özelliğinin de artış gösterdiği tespit edilmiştir. Carciochi ve ark. [46] 20°C sıcaklık, %90 rölatif nem ve 72 saat çimlendirme koşullarında kinoa tohumlarının C vitamini seviyesi başlangıç seviyesinin 16 katına çıktığını,  $\alpha$ -tokoferol seviyesinin ise 2,34 kat artış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Diğer taraftan, kinoaada bulunan *p*-hidroksi benzoik asit, vanillik asit, *p*-koumarik asit, ferulik asit, kuersetin ve keamferol miktarlarında ve bunlara bağlı olarak antioksidan aktivitesinde önemli artışların olduğu tespit edilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada [47], Mısır menşeli chia tohumlarının oda sıcaklığında çimlendirmeleri süresince tohumların toplam fenolik ve flavonoid içeriklerinin 7. günde maksimum seviyeye ulaştığı belirtilmiştir. Yedi gün çimlenme süresince kinoa tohumların toplam fenolik içeriğinin 1,41 g gallik asit eşdeğeri (GAE)/g kuru ağırlık (dw) değerinden 9 g GAE/g dw değerine, toplam flavonoid içeriğinin ise 0,20 mg kateşin eşdeğeri (CE)/g dw değerinden 2,30 mg CE/g'a yükseldiği belirlenmiştir. Çimlenmiş kinoa filizlerinin fenolik madde miktarı ve DPPH (2,2,-difenil-1-pikrilhidrazil radikal süpürme kapasitesi), ABTS (2,2'-azinobis(3-etilbanzotiazolin-6-sulfaonik asit), troloks eşdeğeri antioksidan kapasite) ve PMC (fosfomolibdat kompleksi oluşturma kapasitesi) antioksidan aktivite değerleri çimlenmemiş kinoa tohumlarındaki değerlerle karşılaştırıldığında; çimlenmiş filizlerdeki fenolik maddelerin miktarlarının 1,8-27 kat daha yüksek, DPPH, ABTS ve PMC değerlerinin ise sırasıyla 10, 17 ve 29 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Gómez-Favela ve ark. [22] 21°C'de 157 saat çimlendirilmiş chia tohumlarından elde edilen unların serbest, bağlı ve toplam toplam fenolik madde miktarının çimlenmemiş tohumdan elde edilen unlara göre sırasıyla %77, %22,06 ve %47,40 oranında daha yüksek olduğu saptanmıştır. Chia tohum unlarından elde edilen fenolik madde ekstraktlarının ABTS ve ORAC (oksijen radikal absorpsiyon kapasitesi) antioksidan aktivite değerlerinde çimlendirmeyle önemli bir artış olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın; Salgado ve ark. [48] oda sıcaklığında 6 gün çimlendirilen chia tohumlarının toplam fenolik madde miktarının 2,58 mg GAE/g'dan 17,6 GAE/g'a önemli düzeyde azaldığı ancak tohum örneklerindeki fenolik maddelerden özellikle rosmarinik asit ve rosmarinik asit 3-O-glikozit miktarının çimlenme süresince önemli düzeyde arttığı tespit edilmiştir. Çimlenmiş tohum örneklerinin ABTS, DPPH ve FRAP (demir (III) iyonu indirgeyici antioksidan güç) antioksidan aktivite değerlerinin ise çimlenmemiş örneklerle göre önemli düzeyde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, Ghafoor ve ark. [49] yaptıkları bir çalışmada 20 °C'de 4 gün çimlendirilme işlemiyle chia tohumlarının toplam fenolik madde ve flavonoid içeriğinin önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir. Çalışmada çimlendirilmiş chia tohumlarında belirlenen keamferol, sinnamik asit, kuersetin, resveratrol ve *p*-koumarik asit miktarlarının çimlendirilmemiş tohumlarda belirlenen miktarlara göre daha düşük olduğu, 3,4-dihidroksi benzoik asit, kateşin, kaffeik asit, şirinjik asit, rutin, ferulik asit miktarlarını ise daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Bilindiği üzere fenolik maddeler bir veya birçok hidroksil grubu bağlı bir veya daha fazla aromatik halkadan oluşan bitkilerde şikimat (shikimate pathway) ve fenil propanid biyosentez yollarıyla üretilen ikincil metabolitlerdir. L-fenil alanin amino asidi, fenil alanin amonyum liyaz (PAL) katalizörlüğünde sinnamik aside çevrilir. Sinnamik asitten *p*-koumarik, ferulik, and kaffeik asit gibi birçok fenolik madde sentezlenir. Sentezlenen fenolik maddeler daha sonra flavonoidler, tanninler, ligninler ve diğer bileşiklere dönüştürülmektedir. Bu nedenle PAL enzimi fenolik asitlerin ve flavonoidlerin sentezinde önemli ve sınırlayıcı bir rol oynamaktadır. Bu nedenle tahıllarda çimlendirme işlemi PAL enzim aktivitesinin artması ile fenolik maddelerin miktarının artması ilişkilendirilmektedir [45].

Colmenares de Ruiz ve Bressani [50] yaptıkları bir çalışmada, 3 farklı amaranth tohum çeşidinin 32°C'de 72 saat çimlendirilmeleriyle tohumlardaki toplam kül içeriğinde önemli bir değişim gözlemlenmezken bir amaranth çeşidinde tiamin miktarının değişmediği diğer

ikisinde ise artış gösterdiği belirlenmişlerdir. Her üç amaranth çeşidinde riboflavin ve askorbik asit miktarının ise çimlenme süresince artış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Thakur ve ark. [25], amaranth, karabuğday ve kinoa tohumlarının oda sıcaklığında 72 saat çimlendirme işlemi sonucunda her üç pseudo-tahılların kül içeriklerinde önemli bir değişimin olmadığını ancak çimlendirilmiş tohumların Cu, Zn, Fe ve Mn içeriklerinde önemli bir artışın meydana geldiğini belirlemiştir. Yapılan diğer çalışmada [49], çimlendirilmiş chia tohumlarının Ca, Na, Fe, Cu, Pb ve Zn içeriklerinin çimlendirilmemiş chia tohumlarına göre daha yüksek olduğu, buna karşın P, K, Mg, S, Mn ve B içeriklerinin ise daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

#### 4. Çimlendirmenin Pseudo-tahıllardaki Anti-Besin Bileşenlerine Etkileri

Pseudo-tahıllar saponin, tannin, lektin, fitik asit, okzalit, proteaz inhibitörleri gibi besin değerini azaltan ve buna bağlı olarak besin emilimini azaltan veya engelleyen anti-besin bileşenlerini içermektedir. Gıda endüstrisinde tahıllardaki anti-besin bileşenlerini azaltmak için farklı yöntemler (ısıtma, ısı işlem, mekanik aşındırma vb.) geliştirilmiştir. Çimlendirme de anti-besin bileşenlerini azaltmada kullanılan en önemli yöntemlerden biridir. Anti-besin bileşenlerinden birisi olan fitik asit baklagillerde ve tahıllarda yüksek oranlarda bulunmaktadır. Çimlenme aşamalarında fitaz enzim aktivitesinin artışına bağlı olarak fitik asit ve fitatlar hidroliz edilmekte buna bağlı olarak tahıllardaki besin maddelerinin bağirsaklardan emilim özellikleri geliştirilmektedir [51]. Demir ve Bilgiçli [27] yaptıkları bir çalışmada, çimlenmemiş kinoa ununda bulunan fitik asit miktarının çimlendirme ile önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Buna göre; çimlenmemiş ve çimlenmiş kinoa ununda bulunan fitik asit miktarı sırasıyla 970,97 mg/100 g ve 221,05 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Colmenares de Ruiz ve Bressani [50] 32 °C'de 72 saat çimlendirme işleminin 3 farklı amaranth türünde fitik asit içeriğini ortalama %91,5 oranında azalttığını belirlemiştir. Modgil ve Sood [52] kavurma ve çimlendirme işlemlerinin iki egzotik ak sirken tohum çeşidinin besinsel özelliklerindeki değişimlerini incelemiştir. Çalışma sonucunda, ak sirken tohumlarında fitik asit, saponin ve tannin miktarı ile tripsin inhibitör aktivitesinin çimlendirmeyle önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir. Aksirken tohumlarındaki fitik asit, saponin ve tannin miktarlarındaki azalma sırasıyla ortalama %32,64, %64,49 ve %2,5 olarak tespit edilmiştir.

Sorgum içerdiği tannin ve tripsin inhibitörleri nedeniyle diğer tahıllara göre %15 ile %25 daha düşük sindirilebilirliğe sahiptir. Sorgumun, 20-30 °C'de 2-7 gün arasında çimlendirme ile tannin içeriğinde %8 ile %60 arasında bir azalma meydana geldiği ifade edilmiştir [45]. Benzer şekilde sorgumun oda sıcaklığında 4 gün boyunca çimlendirilmesiyle tripsin inhibitör miktarında %40 oranında azalma meydana geldiği belirlenmiştir [53].

Karabuğdaydaki anti besin bileşenleri başlıca saponin, tannin, fitik asit ve tripsin inhibitörleridir. Yapılan bir çalışmada [25], karabuğdayın 25 °C sıcaklıkta 72 saat boyunca çimlendirme işlemiyle tannin ve fitik asit içeriğinin sırasıyla %59,9 ve %17,42 azaldığı tespit edilmiştir. Zhang ve ark. [45], 25°C'de %90 rölatif nem koşullarında 72 saat boyunca karabuğdayın çimlendirilmesiyle fitik asit içeriğinde önemli bir azalmanın meydana gelmediği ancak tripsin inhibitör aktivitesinin 2676,2 U/g'dan 2097,3 U/g'a düştüğü ve söz konusu aktivite kaybının istatistiksel açıdan önemli olduğunu belirlemiştir.

## 5. Sonuç

Çimlenme ile pseudo-tahıllarda çeşitli biyokimyasal ve fizikokimyasal olaylar meydana gelmektedir. Tohumun ıslandığı andan itibaren artan metabolik aktivite sonucu hidrolitik enzimler bağlı bulunan besin öğelerini serbest hale getirerek tohumun sindirilebilirliğini arttırmakta ve besin karşıtı etki gösteren antibesin bileşenlerinin miktarı azalmaktadır. Çimlenme sırasında fenolik bileşikler, flavonoidler gibi biyoaktif maddelerin artışına bağlı olarak antioksidan etki de artış göstermektedir. Besin öğelerinin serbest hale gelmesi ve anti-besin maddelerinin azalmasıyla tohumun biyoyararlılık ve biyoerişebilirliği de artmaktadır. Glutensiz olması, elzem protein ve yağ içeriği gibi tahıllardan üstün özelliklerinden dolayı pseudo-tahıllar pek çok araştırmacının ilgi odağı olmuş ve bu ilgi devam etmektedir. Tüm bu durumlar göz önüne alındığında çimlenmiş pseudo-tahılların sağlıklı beslenmeye katkı sağlayabileceği öngörülmektedir. Pseudo-tahılların üzerine yapılan çoğu çalışma *in vitro* koşullarda gerçekleştirilmiştir. Beslenme bilimi açısından pseudo-tahılların sağlığa olan yararlarını kesinleştirebilmek için *in vivo* çalışmaların da gerçekleştirilmesi elzemdir.

## Bilgilendirme

Bu çalışma ANK tarafından hazırlanan “Çimlendirilmiş Pseudo-tahıl ile Zenginleştirilmiş Fermente Süt İçeceği Üretimi ve Bazı Biyoaktif Özelliklerinin Belirlenmesi” başlıklı yüksek lisans tezinin literatür özeti kısmından üretilmiştir.

## Etik Kurul Onayı

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

## Katkı Oranı

ANK, derlemenin araştırma ve yazma kısmında katkı sağlamıştır. OG çalışmanın konusu seçme, araştırma, yazma, inceleme ve düzenleme aşamalarında danışman olarak katkıda bulunmuştur.

## Çıkar Çatışması

Yazarlar arasında herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Kaynaklar

1. Gong X, An Q, Le L, Geng F, Jiang L, Yan H, Xiang D, Peng L, Zou L, Zhao C, Wan Y. Prospects of cereal protein-derived bioactive peptides: Sources, bioactivities diversity, and production, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2022;62(11):2855-2871.
2. Malik AM and Singh A. Pseudocereals proteins-A comprehensive review on its isolation, composition and quality evaluation techniques, *Food Chemistry Advances*, 2022;1:100001.
3. Kaur H, Shams R, Dash KK, Dar AH. A comprehensive reiew of pseudo-cereals: Nutritional profile, phytochemicals constituents and potential health promoting benefits, *Applied Food Research*, 2023;3(2):100351.



4. Hao Y, Hong Y, Guo H, Qin P, Huang A, Ren G. Transcriptomic and metabolomic landscape of quinoa during seed germination, *BMC Plant Biology*, 2022;22(1):1-13.
5. Elson CO, Cong Y, Qi F, Hershberg RM, Targan SR. Molecular approaches to the role of the microbiota in inflammatory bowel disease, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2006;1072(1): 39-51.
6. Turnbaugh PJ, Hamady M, Yatsunencko T, Cantarel BL, Duncan A, Ley RE, Sogin ML, Jones WJ, Roe BA, Affourtit JP, Egholm M, Henrissat B, Heath AC, Gordon JI. A core gut microbiome in obese and lean twins, *Nature*, 2009;457(7228):480-484.
7. Dogi CA, Galdeano CM and Perdigon G. Gut immune stimulation by non-pathogenic Gram (+) and Gram (-) bacteria. Comparison with a probiotic strain, *Cytokine*, 2008;41(3):223-231.
8. Rivera-Piza A and Lee SJ. Effects of dietary fibers and prebiotics in adiposity regulation via modulation of gut microbiota, *Applied Biological Chemistry*, 2020;63(1):1-12.
9. Beukema M, Faas MM and de Vos P. The effects of different dietary fiber pectin structures on the gastrointestinal immune barrier: impact via gut microbiota and direct effects on immune cells, *Experimental & Molecular Medicine*, 2020;52(9):1364-1376.
10. Sjögren YM, Tomicic S, Lundberg A, Böttcher MF, Björkstén B, Sverremark-Ekström E, Jenmalm MC. Influence of early gut microbiota on the maturation of childhood mucosal and systemic immune responses: gut microbiota and immune responses, *Clinical & Experimental Allergy*, 2009;39(12):1842-1851.
11. Mir NA, Riar CS and Singh S. Nutritional constituents of pseudo cereals and their potential use in food systems: A review, *Trends in Food Science & Technology*, 2018;75:170-180.
12. Hitache Z, Al-Dalali S, Pei H, Cao X. Review of the health benefits of cereals and pseudocereals on human gut microbiota, *Food and Bioprocess Technology*, 2023;16(11):2382-2399.
13. Suárez-Estrella D, Bresciani A, Lametti S, Marengo M, Pagani AM, Marti A. Effect of sprouting on proteins and starch in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), *Plant Foods for Human Nutrition*, 2020;75(4):635-641.
14. Kraevska S, Stetsenko N and Korol O. Comparing between the amino acid composition of flax seeds before and after germination, *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, 2017;1:253-257.
15. Wu F, Yang N, Touré A, Jin Z, Xu X. Germinated brown rice and its role in human health, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2013;53(5):451-463.
16. Benincasa P, Falcinelli B, Lutts S, Stagnari F, Galieni A. Sprouted grains: A comprehensive review, *Nutrients*, 2019;11(2):421.
17. Le L, Gong X, An Q, Xiang D, Zou L, Peng L, Wu X, Tan M, Nie Z, Wu Q, Zhao G, Wan Y. Quinoa sprouts as potential vegetable source: Nutrient composition and functional contents of different quinoa sprout varieties, *Food Chemistry*, 2021;357:129752.
18. Atudorei D and Codina GG. Perspectives on the use of germinated legumes in the bread making process, a review, *Applied Sciences*, 2020;10(18):6244.
19. Dhillon B, Choudhary G and Sodhi NS. A study on physicochemical, antioxidant and microbial properties of germinated wheat flour and its utilization in breads, *Journal of Food Science Technology*, 2020;57(8):2800-2808.
20. Liu S, Wang W, Lu H, Shu Q, Zhang Y, Chen Q. New perspectives on physiological, biochemical and bioactive components during germination of edible seeds: A review, *Trends in Food Science and Technology*, 2022;123:187-197.

21. Lan Y, Zhang W, Liu F, Wang L, Yang X, Ma S, Wang Y, Liu X. Recent advances in physiochemical changes, nutritional value, bioactivities, and food applications of germinated quinoa: A comprehensive review, *Food Chemistry*, 2023;426:136390.
22. Suárez-Estrella D, Bresciani A, Iametti S, Marengo M, Pagani MA, Marti A. Effect of sprouting on proteins and starch in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), *Plant Foods for Human Nutrition*, 2020;75(4):635-641.
23. Hernández-García Y, Melgar-Lalanne G, Tellez-Medina DI, Ruiz-May E, Salgado-Cruz AP, Andrade-Velásquez A, Dorantes-Alvarez L, Lopez-Hernandez D and Gomez MPS. Scavenging peptides, antioxidant activity, and hypoglycemic activity of a germinated amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) beverage fermented by *Lactiplantibacillus plantarum*, *Journal of Food Biochemistry*, 2022;46(7):14139.
24. Devrajan N, Prakash P and Jindal N. Some physico-chemical properties of germinated and ungerminated buck wheat (*Fagopyrum esculentum* Dur), *International Journal of Science, Environment and Technology*, 2017;6(2):1491-1501.
25. Thakur P, Kumar K, Ahmed N, Chauhan D, Rizvi KUEH, Ocak S, Singh TP, Dhaliwal HS. 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*, 2021;4:917-925.
26. Beltrán-Orozco MC, Martínez-Olguín A and Robles-Ramírez MC. Changes in the nutritional composition and antioxidant capacity of chia seeds (*Salvia hispanica* L.) during germination process, *Food Science Biotechnology*, 2020;29(6):751.
27. Demir B and Bilgiçli N. 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*, 2020;57(10):3884-3892.
28. Gómez-Favela MA, Gutierrez-Dorado R, Cuevas-Rodriguez EO, Canizalez-Roman VA, Leon-Sicairos CR, Milan-Carrillo J, Reyes-Moreno C. Improvement of chia seeds with antioxidant activity, GABA, essential amino acids and dietary fiber by controlled germination bioprocess, *Plant Foods for Human Nutrition*, 2017;72(4):345-352.
29. Poutanen KS, Karlund AO, Gomez-Gallego C, Johansson DP, Scheers NM, Marklinder IM, Eriksen AK, Silventoinen PC, Nordlund E, Sozer N, Hanhineva KJ, Kolehmainen RL. Grains – a major source of sustainable protein for health, *Nutrition Reviews*, 2022;80(6):1648-1663.
30. Khare B, Sangwan V and Rani V. Influence of sprouting on proximate composition, dietary fiber, nutrient availability, antinutrient, and antioxidant activity of flaxseed varieties, *Journal of Food Processing Preservation*, 2021;45(4):15344.
31. Hung PV, Trinh LND, Thuy NTX, Morita N. 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 and Technology*, 2021;56(7):3209-3217.
32. Correia I, Nunes A, Barros AS, Delgadillo I. Comparison of the effects induced by different processing methods on sorghum proteins, *Journal of Cereal Science*, 2010;51(1):146-151.
33. Agarwal A, Rizwana R, Tripathi AD, Kumar T, Sharma KP, Patel SKS. Nutritional and functional new perspectives and potential health benefits of quinoa and chia seeds, *Antioxidant*, 2023;12(7):1413.
34. Grancieri M, Martino HSD and Mejia EG. Chia seed (*Salvia hispanica* L.) as a source of proteins and bioactive peptides with health benefits: A review, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2019;18(2):480-499.

35. Paucar-Menacho LM, Martínez-Villaluenga C, Duenas M, Frias J, Penas E. Response surface optimisation of germination conditions to improve the accumulation of bioactive compounds and the antioxidant activity in quinoa, *International Journal of Food Science and Technology*, 2018;53(2):516-524.
36. Nemzer B and Al-Taher F. Analysis of fatty acid composition in sprouted grains, *Foods*, 2023;12(9):1853.
37. Omary MB, Fong C, Rothschild J, Finney P. Effects of germination on the nutritional profile of gluten-free cereals and pseudocereals: a review, *Cereal Chemistry*, 2012;89(1):1-14.
38. Agregán R, Guzel N, Guzel M, Bangar SP, Zengin G, Kumar M, Lorenzo JM. The effects of processing technologies on nutritional and anti-nutritional properties of pseudocereals and minor cereal, *Food and Bioprocess Technology*, 2023;16(5):961-986.
39. Gamel TH, Linssen JP, Mesallam AS, Damir AA, Shekib LA. Effect of seed treatments on the chemical composition of two amaranth species: oil, sugars, fibres, minerals and vitamins, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2006;86(1):82-89.
40. Pilco-Quesada S, Tian Y, Yang B, Repo-Carrasco-Valencia R, Suomela JP. Effects of germination and kilning on the phenolic compounds and nutritional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*), *Journal of Cereal Science*, 2020;94:102996.
41. Molska M, Reguła J, Rudzińska M, Świeca M. Fatty acids profile, atherogenic and thrombogenic health lipid indices of lyophilized buckwheat sprouts modified with the addition of *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii*, *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 2020;19(4):483-490.
42. Park SH and Morita N. Changes of bound lipids and composition of fatty acids in germination of quinoa seeds, *Food Science and Technology Research*, 2007;10(3):303-306.
43. Vrancheva R, Popova A, Mihaylova D, Krastanov A. Phytochemical analysis, in vitro antioxidant activity and germination capability of selected grains and seeds, *Jordan Journal of Biological Sciences*, 2020;13(3):337-342.
44. Kaur H, Shams R, Dash KK, Dar AH. A comprehensive review of pseudo-cereals: Nutritional profile, phytochemicals constituents and potential health promoting benefits, *Applied Food Research*, 2023;3(2):100351.
45. Zhang G, Xu Z, Gao Y, Huang X, Zou Y, Yang T. Effects of germination on the nutritional properties, phenolic profiles, and antioxidant activities of buckwheat, *Journal of Food Science*, 2015;80(5):H1111-H1119.
46. Carciochi RA, Galván-D'Alessandro L, Vandendriessche P, Chollet S. Effect of germination and fermentation process on the antioxidant compounds of quinoa seeds, *Plant Foods for Human Nutrition*, 2016;71(4):361-367.
47. Abdel-Aty AM, Elsayed AM, Salah HA, Bassuiny RI, Mohamed SA. Egyptian chia seeds (*Salvia hispanica* L.) during germination: Upgrading of phenolic profile, antioxidant, antibacterial properties and relevant enzymes activities, *Food Science and Biotechnology*, 2021;30:723-734.
48. Salgado VDSCN, Zago L, Fonseca END, Calderari MRDCM, Citelli M, Miyahira RF. Chemical composition, fatty acid profile, phenolic compound and antioxidant activity of raw, and germinated chia (*Salvia hispanica* L.) seeds, *Plant Foods for Human Nutrition*, 2023;78:735-741.
49. Ghafoor K, Juhaimi FA, Özcan MM, Uslu N, Ahmed IAM, Babiker EE. The effect of boiling, germination and roasting on bioactive properties, phenolic compounds, fatty acids and minerals of chia seed (*Salvia hispanica* L.) and oils, *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 2022;27:100447.

50. De Ruiz ASC and Bressani R. Effect of germination on the chemical composition and nutritive value of amaranth grain, *Cereal Chemistry*, 1990;67(6):519-522.
51. Arslan A and Yalçın E. Pseudo-tahılların anti-besinsel bileşikleri ve azaltma yöntemleri, *The Journal of Food*, 2023;48(2):347-359.
52. Modgil R and Sood P. Effect of roasting and germination on carbohydrates and anti-nutritional constituents of indigenous and exotic cultivars of pseudo-cereal (*Chenopodium*), *Journal of Life Sciences*, 2017;9(1):64-70.
53. Ogbonna AC, Abuajah CI, Ide EO, Udofia US. Effect of malting conditions on the nutritional and anti-nutritional factors of sorghum grist, *Food Technology*, 2012;36(2):64-72.