

## Çimlendirilmiş Bazı Tahıl ve Baklagillerin Kimyasal Özellikleri ve Çimlendirmeye Açığa Çıkan Biyoaktif Bileşenlerin Sağlık Üzerine Etkileri

Ayşe Seda Şenlik<sup>1</sup> , Derya Alkan<sup>2</sup>  ✉

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fethiye Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Çalıcı Mevkii, 48300 Fethiye, Muğla

Geliş Tarihi (Received): 18.09.2020, Kabul Tarihi (Accepted): 03.05.2021

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [deryaalkan@mu.edu.tr](mailto:deryaalkan@mu.edu.tr) (D. Alkan)

☎ 0 252 211 13 28 📠 0 252 211 13 52

### ÖZ

Çeşitli metabolik ve kronik hastalıkların dünya genelindeki görülme sıklığının artması, beslenmenin sağlık üzerinde çok önemli bir role sahip olduğunu göstermektedir. Son zamanlarda bilinçli tüketiciler beslenme alışkanlıklarını değiştirme eğilimi göstermekte, vitamin, mineral, biyoaktif bileşenler ve antioksidan maddelerden zengin doğal gıdalara yönelmektedir. Günlük diyetle fonksiyonel besin adı altındaki filizlenmiş tanelerin tüketimindeki artışa bağlı olarak, çimlendirilmiş tanelerde biyoaktif bileşenler ve antioksidan kapasite içerikleriyle ilgili araştırmalar da artış göstermiştir. Hayvansal proteinlere iyi bir alternatif olan tahıl ve baklagil tanelerinden yüksek besin değeri elde etmek için çimlendirme işlemi uygulanabilmektedir. Çimlendirme sırasında, bitki ve tohumlarda diyet lifi, vitamin, mineral ve fenolik madde gibi bileşiklerin sentezlenmesi, protein, karbonhidrat ve yağ asidi kompozisyonlarının değişmesi gibi önemli biyokimyasal olaylar gerçekleşmektedir. Çimlendirme ile tanenin besin içeriğinde meydana gelen bu değişiklikler insan beslenmesinde önemli bir yere sahip olma yanında birçok hastalığın önlenmesinde etkili olabilmektedir. Bu derleme çalışmasında, çimlenme sürecinde bazı tahıl ve baklagillerde meydana gelen biyokimyasal değişiklikler; makro ve mikro besin öğeleri, biyoaktif bileşenler, antibesinsel faktörler ve antioksidan kapasite göz önüne alınarak incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Filiz, Çimlenme, Biyoaktif bileşenler, Tahıl, Baklagil

### Chemical Properties of Some Germinated Grains and Legumes and Effects of Bioactive Constituents Released during Germination on Human Health

#### ABSTRACT

Increasing prevalence of various metabolic and chronic diseases worldwide indicates the importance of nutrition role on health. Recently, conscious consumers tend to change their eating habits, turning to natural foods rich in vitamins, minerals, bioactive components and antioxidants. Due to the increase in the consumption of sprouted grains called functional nutrients in the daily diet, researches on bioactive components and antioxidant capacity content in germinated grains have also increased. Germination process can be used to obtain high nutritional value from grains and legumes that are good alternatives to animal proteins. Important biochemical cases such as the synthesis of dietary fiber, vitamins, minerals and phenolic substances, changes in protein, carbohydrate and fatty acid compositions occur in plants and seeds during germination. These changes in the nutrient content of grains with germination have an important place in human nutrition and can be effective in preventing many diseases. In this study, biochemical changes in some cereals and legumes during germination were reviewed in terms of macro and micronutrients, bioactive components, anti-nutritional factors and antioxidant capacity.

**Keywords:** Sprout, Germinating, Bioactive compounds, Cereal, Legume

## GİRİŞ

Gıdaların raf ömrünü uzatmak, lezzet, koku ve görünüm gibi duyu kalite özelliklerini geliştirmek amacıyla gıdalara çeşitli katkı maddelerinin ilave edilmesi birçok sağlık probleminin ortaya çıkmasına neden olmakta, bu da bilinçli tüketicileri içerikçe vitamin, mineral, biyoaktif bileşenler ve antioksidan maddelerden zengin doğal gıdalara yönlendirmektedir [1]. Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) yayınladığı verilere göre; küresel ölümlerin başında kronik hastalıklar gelmekte ve bu sağlık problemlerinin prevalansında artış gözlenmektedir. Yapılan araştırmalar dünya genelinde ölümlerin başlıca sebebinin kardiyovasküler hastalıklar olduğunu ve bunu 2018 yılında 1.6 milyon insanın ölümüne yol açan kanserin takip ettiğini göstermiştir [2, 3]. WHO'nun küresel alandaki verilerine göre diyabetli kişi sayısı 1980 yılından 2014 yılına kadar 108 milyondan 422 milyona yükselmiştir. 2016 yılında doğrudan diyabetten ölenlerin sayısı ise tahmini 1.6 milyondur [4]. Diyabet, kardiyovasküler hastalıklar, bazı kanserler (endometriyal, meme, yumurtalık, prostat, karaciğer, safra kesesi, böbrek ve kolon) gibi bulaşıcı olmayan hastalıklar için önemli bir risk faktörü olan obezite, 1975 yılından bu yana dünya çapında neredeyse 3 katına çıkmıştır [5]. Çeşitli metabolik ve kronik hastalıkların dünya genelindeki görülme sıklığının artması da yine beslenmenin sağlık üzerinde çok önemli bir role sahip olduğunu göstermektedir. Bu sebeple son zamanlarda tüketiciler beslenme alışkanlıklarını değiştirme eğilimi göstermekte ve bunun sonucunda glutensiz, organik ve fermente terimlerinin yanı sıra bir de 'yenilebilir bitki ve tohum filizleri' kavramı ortaya atılmaktadır.

Filiz; çeşitli bitki ve tohumların uygun nem ve sıcaklık gibi belli ortam şartlarında çimlenmesinden ve su veya başka bir ortamda gelişmesinden elde edilen, yaprakların gelişiminden önce hasat edilen ve tohum da dâhil bütün olarak tüketilmesi amaçlanan ürün olarak tanımlanmaktadır. Çimlendirme ise bitkilerin neslini devam ettirmesi için enerji ve esansiyel bileşenlerin sağlanması amacıyla tohumda büyümeyle beraber bazı biyokimyasal ve fizyolojik değişikliklerin (proteinlerin parçalanması, lipid oksidasyonu, kompleks karbonhidratların basit şekere dönüşmesi, suyun absorpsiyonu, hücre farklılaşması gibi) meydana gelmesi olarak tanımlanan ekonomik, basit, hızlı bir üretim döngüsüne sahip ve oldukça yüksek verim sağlayan bir yöntemdir. Süreç olarak çimlenme; durgun kuru tohumun su almasıyla başlayıp, embriyo ekseninin genellikle onu çevreleyen yapılarca nüfuz edecek şekilde yayılan radikülün uzamasıyla sona ermektedir. Fidenin büyümesiyle ana depolama rezervleri mobilize olmaya başlamaktadır. Bu sebeple fiziksel ve biyokimyasal olayların (tohum örtülerinin zayıflaması, metabolik aktivitenin açılması, gen transkripsiyonunun aktivasyonu, embriyonik hücre duvarlarının genişlemesi, organellerin yeniden birleştirilmesi ve biyogenez) bu sürecin temelini oluşturduğu ifade edilmektedir. Her bitki ve tohumun çimlendirme şartı familya ve türe göre değiştiğinden; sıcaklık, besin, ışık ve nem gibi şartların çok önemli bir yere sahip olduğu çimlendirme işlemini standardize etmek oldukça zordur [1, 6].

Bugün dünyanın birçok yerinde ilk çağlardan günümüze kadar bir gelenek olarak çimlendirilmiş bazı bitki ve tohumların filizleri tüketilmektedir [1]. İlk zamanlarda özellikle buğday ve arpa gibi bazı tahılların ve baklagillerin filizleri yaygın olarak tüketilse de günümüzde çimlenmiş tane olarak buğday ve arpanın yanında en fazla yonca, brokoli, soya fasulyesi, bezelye, nohut, fasulye, yulaf, karabuğday, çeltik ve lupin tüketilmektedir [1, 6].

Çimlendirme ile normal taneler vitamin, mineral, antioksidatif özellikler ve çeşitli biyoaktif bileşenler (fenolik asitler, izoflavonlar vb.) yönünden kıyaslandığında, çimlendirilmiş bitki ve tohumların daha yüksek bir değere sahip olduğu yapılan pek çok çalışmada gösterilmektedir [1, 6, 7, 8]. Çimlendirme ile besinin yalnızca kimyasal özelliklerinde değil fiziksel özelliklerinde de (lezzet, koku, yapı, renk) değişimler gözlenmektedir [6]. Bitkilerde genellikle esterleşmiş olarak veya glikozidlere bağlı olarak bulunan, yapılarında bir aromatik halka ve en az bir hidroksil (-OH) grubu bulunduran, bitkinin büyümesi ve gelişmesinde çeşitli fonksiyonlara sahip sekonder metabolit olarak tanımlanan bu biyoaktif bileşenlerin açığa çıkması veya miktarındaki artış besine 'fonksiyonel besin' özelliği kazandırmaktadır. 5.000-10.000 kadarki günlük diyetimizde yer almakla birlikte toplamda 30.000'den fazla biyoaktif bileşen olduğu tahmin edilmektedir. Bu bileşenler bitkilerde renk, koku ve tat özelliklerini kazandırmanın yanında bakteri, virüs, mantar ve haşerelere karşı da koruyuculuk sağlamaktadır [9]. Besinlere fonksiyonellik özelliği kazandıran biyoaktif bileşenler bazı kanser türleri, kardiyovasküler hastalıklar, osteoporoz gibi sağlık sorunlarını ve yaşa bağlı dejenerasyonu önleme veya azaltma, glisemik kontrolü sağlama, oksidatif stresi iyileştirme, bağışıklık sistemi ile ilişkili hastalıkların gelişiminde rol alan lökotrienlerin sentezini seçici olarak inhibe edici özellik gösterme gibi sağlık üzerine birçok olumlu etkiye sahiptir [1, 6, 9, 10]. Bu etkiler tek bir biyoaktif bileşene değil, günlük diyetle çeşitliliğin sağlanmasıyla biyoaktif bileşenler arasında oluşan sinerjik etkileşime dayandırılmalıdır [10].

Bu derleme çalışmasının amacı, dünyanın çeşitli bölgelerinde çimlendirilerek tüketilen bazı tahıl ve baklagil filizlerinin farklı ortam koşullarında (nem, sıcaklık, aydınlık/karanlık ortam, çimlendirme süresi, çimlendirme öncesi işlemler) çimlendirilmesi sonucu, yapısında meydana gelen fiziksel ve biyokimyasal değişiklikler hakkında bilgi vermektir. Çimlendirme ile meydana gelen bu fiziksel ve biyokimyasal değişiklikler sonucu açığa çıkan biyoaktif bileşenler ve bunların insan sağlığı üzerine etkileri değerlendirilerek, çimlendirilmiş ürünlerin ülkemizde de hem endüstriyel hem de evsel üretim ve tüketimlerinin yaygınlaştırılmasını teşvik etmek amaçlanmaktadır.

## ÇİMLENME SIRASINDA KARBONHİDRATLARDA MEYDANA GELEN KİMYASAL DEĞİŞİMLER

Karbon, oksijen ve hidrojen elementlerinden oluşmuş organik bileşikler olan karbonhidratlar, bu üç elementin sayısına, birleşme düzenine ve insanın yararlanma

durumuna göre basit şekerler, oligosakkaritler ve polisakkaritler olmak üzere 3 ana alt gruba ayrılır [11]. Fide gelişimi üzerinde en çok çalışılan süreçlerden biri, nişasta gibi kompleks karbonhidratların mobilizasyonu olduğu için, filizlenmiş tanelerin karbonhidrat içeriğindeki değişimler kapsamlı bir şekilde incelenmiştir [10].

Çimlenmiş tahıllarda amilaz enzimi, amiloz ve amilopektin olarak depolanan nişastanın basit şekerlere (glikoz, maltoz ve daha az ölçüde sakkaroz) hidrolizlenmesini katalize eder. Bu da tahılların sindirilebilirliğini artırırken aynı zamanda tohum büyümesi için enerji kaynağı oluşturmaktadır. [10, 12, 13]. Nişastadaki değişimin derecesi sıcaklık, nem, kültür ortamı, çimlendirme öncesi işlemler ve çimlendirme süresine bağlıdır [14].

Çimlendirilmiş tahıllardaki şeker profili temel olarak tahılların türüne bağlıdır. Araştırmacılar tarafından çimlendirilmiş pirinç, sorgum ve darı filizlerinde glikozdan çok maltoz birikimi gözlenirken, karabuğdayda ise tam tersi bir durum gerçekleşmiştir. 20°C'de 5 gün çimlendirilen karabuğday filizlerindeki glikoz/maltoz oranı 3.5/1 olarak kaydedilmiştir. Bu oranın çimlenme esnasında salgılanan  $\alpha$ -amilaz ve  $\beta$ -amilazın seviyeleriyle ilişkili olabileceği düşünülmektedir [15, 16]. Yapılan başka bir çalışmada, pirinçteki sakkarozun imbibisyonun kısa bir süre sonra baskın hale geldiği, bununla birlikte 7 günlük imbibisyon sürecinden sonra sakkarozun yine yüksek seviyelerde seyrettiği, glikoz içeriğinin hızla arttığı ve maltoz seviyesinde önemli bir değişiklik gözlenmediği belirtilmiştir [17].

5 çeşit mercimek türü üzerinde yapılan bir çalışmada ise 50±5°C'de, 16-18 saatlik çimlendirme koşullarında, mercimeklerin nişasta içeriğinde %9.93-35.56 oranında azalma saptanırken, toplam çözünebilir şeker miktarında önemli bir değişiklik gözlenmemiştir [18]. Xu ve arkadaşları [13] 25°C'de, 60 saat çimlendirdikleri adlay tohumundaki nişasta içeriğinin 613 g/kg'dan 485.8 g/kg'a düştüğünü gözlemlemiştir. Başka bir çalışmada ise 30°C'de, 48 saat çimlendirilen mumsu buğdayın nişasta konsantrasyonunun 624±5 g/kg'dan 609±4 g/kg'a düştüğü tespit edilmiştir. (P<0.05) [19].

Tahıl filizleri ile ilişkili incelenen bir diğer önemli konu, diyet liflerinde meydana gelen değişikliklerdir. Yapısal karbonhidrat sınıfında yer alan diyet lifleri suda çözünebilir ( $\beta$ -glukan ve arabinoksilanlar (AXs)) ve suda çözünemeyen (selüloz, hemiselüloz ve lignanlar) lifler olarak ikiye ayrılmaktadır [10]. Ulusal Kolesterol Eğitim Programı (NCEP), kolesterol tespit, değerlendirme ve tedavi konulu uzman panelinde, beslenmede çözünebilir diyet lifinin artırılmasının LDL seviyesini düşürdüğünü söylemekte ve koroner kalp hastalığı açısından yüksek riskli gruplara çözünebilir diyet lifinin kullanımını tavsiye etmektedir [20]. Gıda lifleri gastrointestinal sistem hastalıkları ve diyabet üzerinde olumlu etkiler yaratırken bazı kanser türlerinin oluşum/veya ilerleme riskini azaltmaktadır. Düşük enerji içeriği dolayısıyla da doyumluk hissi oluşturmada ve kilo kontrolünde etkili olmaktadır [21]. Bununla birlikte, tahıllardaki diyet lifi üzerinde çimlendirmenin etkisi tutarsızlık göstermektedir. Ancak bu etkinin, diyet lifinin

fraksiyonuna, çimlenme süresine ve genotipe bağlı olduğu kesinlikle düşünülmektedir. 30°C'de farklı sürelerde (6, 12, 24, 36 ve 48 saat) çimlendirilen yüksek amilozlu buğday üzerinde yapılan bir çalışmada çimlendirme süresi arttıkça çözünebilir diyet lifi miktarında artış gözlenirken, çözünmeyen diyet lifi miktarı çimlenmenin ilk 6 saatinde azalıp sonraki saatlerde aynı seviyelerde kalmıştır. [22]. Dünyada tarımı yapılan iki ana nohut çeşidinden biri desi nohuttur. Desi kelimesi Hint dilinde yerel/lokal anlamına gelmektedir. Pigmentli desi nohut üzerinde yapılan bir çalışmada, 33.7°C'de, 171 saat çimlendirmeden sonra toplam diyet lifinde %15, çözünebilir lifte %26 ve çözünemeyen lifte %15 oranında anlamlı (p<0.05) bir artış gözlenmiştir [23]. Bir diğer çalışmada ise, 20°C'de, 2-6 gün boyunca aydınlık ve karanlık koşullarda çimlendirilen nohut filizlerinin toplam diyet lifi (çözünebilir ve çözünemez) miktarının, kontrol grubuna göre anlamlı (p<0.05) oranda artış gösterdiği saptanmıştır [24]. Çimlendirilmiş mumsu buğday (30°C, 48 saat) üzerinde yapılan bir çalışmada ise buğdaydaki total diyet lifi miktarı başlangıçta 177±2 g/kg iken 48 saat sonunda 190±2 g/kg olarak tespit edilmiştir [19]. Literatürde yapılan pek çok çalışma, çimlenme sürecinin, tohumların hücre duvarı polisakkaritlerinin yapısını değiştirdiğini ve hücre duvarı biyosentezinin yanı sıra yeni diyet lifi üretiminin gerçekleştiğini göstermektedir [23].

## ÇİMLENME SIRASINDA PROTEİNLERDE MEYDANA GELEN KİMYASAL DEĞİŞİMLER

Latince karşılığı yaşayan varlıklar için elzem azotlu öge olarak tanımlanan ve hem tahıl hem de kuru baklagillerin yapısında bulunan proteinler (albumin, globulin, glutelin, prolamin), çimlendirme esnasında proteolitik enzimler (proteaz) tarafından oligopeptidlere, peptidlere ve aminoasitlere hidrolize olurlar. Bu şekilde besinlerin biyoyararlılığında artış meydana gelmektedir [6, 10, 11].

Birçok araştırmacı, tahıllarda depolanan ham proteinin ve aminoasitlerin su emilimi ile ayrıştığını, taşınabilen amidlere bağlandığını ve fidelerin büyüyen kısımlarının beslenmesi ile arpa, mumsu buğday, kahverengi pirinç ve yulaf gibi tahıl proteinlerinde bir artış olduğunu bildirmişlerdir [25]. Literatürdeki bir çalışmada optimize koşullarda (21°C, 157 saat) çimlendirilen chia tohumunun protein miktarında %20.89 oranında artış gözlenmiştir. Proteindeki bu artış su ve karbondioksit üretimi nedeniyle lipidlerin ve çoğunlukla karbonhidratların kaybı ile meydana gelen kuru ağırlıktaki azalmaya atfedilmiştir [26]. Pal ve ark.'nın [18] yaptığı bir çalışmada 5 çeşit mercimek örneği çimlendirme sonrası incelenmiş ve mercimeklerin protein içeriğinde ortalama %21.63 oranında düşüş olduğu gözlenmiştir. Bu azalış çimlendirme sırasında proteaz enzim seviyesindeki artışla ilişkilendirilmiştir. 30°C'de 48 saat çimlendirilen mumsu buğdaydaki protein miktarının ise kontrol grubundan (157±2 g/kg ve 154±1g/kg, sırasıyla) anlamlı olarak farklı olmadığı belirtilmiştir [19]. Tahıl (buğday, arpa, yulaf, kinoa, amarant) ve baklagiller (yeşil mercimek, nohut ve maş fasulyesi) üzerinde yapılan bir çalışmada taneler 1, 3 ve 5 gün çimlendirilmiş ve kontrol grubuyla

karşılaştırılmıştır. Çimlendirme işlemi ve süresine bağlı olarak ham protein miktarının kontrol grubuna göre anlamlı ( $p<0.05$ ) olarak arttığı saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre baklagillerin (yeşil mercimek %24.45, maş fasulyesi %23.95, nohut %21.11) ham protein oranları tahıllara (buğday %15.87, kinoa %13.96, yulaf %13.9, amarant %11.04, arpa %8.97) kıyasla daha yüksek bulunmuştur [6]. Kavas ve El [27], yapmış oldukları araştırmalarında, mercimeklerdeki ham protein oranının çimlendirme ile  $30\pm 0.27$ 'den  $33.28\pm 0.89$ 'a çıktığını saptamışlardır. Bibi ve ark. [28] nohut örneklerindeki ham protein oranının %19.84'ten çimlendirme ile %21.97'ye yükseldiğini tespit etmişlerdir. Pigmentli desi nohut üzerinde yapılan bir çalışmada ise  $33.7^{\circ}\text{C}$ 'de, 171 saat çimlendirme ile nohut proteinlerinde %16.4 oranında anlamlı ( $p<0.05$ ) bir artış gözlenmiştir [23]. Araştırmacılar, çimlenme sırasında yulafta albumin (lizinin ve triptofan açısından zengin) miktarında artış, globulin ve prolamin miktarında düşüş gözlemiştir [29]. Çimlendirilmiş tam taneli tahıllar yüksek oranda esansiyel aminoasit içermektedir. Aminoasit miktarı üzerindeki en önemli etki tanenin genotipine ve çimlendirme süresine bağlıdır. Örneğin, yapılan bir çalışmada mumsu buğdaydaki bazı esansiyel aminoasitlerin (izolösin, lösin, fenilalanin, valin) 36 saatlik çimlendirmeden sonra maksimum seviyeye ulaşırken diğer esansiyel aminoasitlerin (treonin ve metiyonin) sırasıyla 24 ve 48 saatte maksimum düzeye ulaştıkları rapor edilmiştir [19]. Buna ilaveten, pirinç ve karabuğday filizlerinin sırasıyla 5 ve 4 günlük çimlenmeden sonra daha fazla oranda aminoasit ürettikleri ancak her iki türde de az miktarda asparajin, metiyonin ve histidin saptandığı belirtilmiştir [15].

Glutamat dekarboksilaz (GAD) tarafından katalize edilen L-glutamik asitin  $\alpha$ -dekarboksilasyonu ile üretilen dört karbonlu aminoasit olan  $\gamma$ -aminobütirik asit (GABA), merkezi sinir sistemindeki ana baskılayıcı nörotransmitterdir ve biyoaktif özelliklere sahip olduğu bilinmektedir. Kaygı yatıştırıcı özelliğinden dolayı nörolojik rahatsızlıkları olan insanlar için GABA içeriği yüksek olan besinlerin tüketilmesi önerilmektedir [10, 30]. GABA kan basıncını ve kalp atış hızını regüle ederek ağrı şiddetini azaltmaktadır. Pankreastan güçlü bir insülin salgılatma özelliğiyle diyabeti önlemede etkilidir [14]. Diyabet, hiperkolesterolemi, hipertansiyon, inflamasyon ve depresyona karşı biyolojik aktivitelerinin yanı sıra kanser hücrelerine karşı anti-proliferatif etkiye sahiptir [26]. Çimlendirme sırasında ise GABA'nın önemli ölçüde artış gösterdiği rapor edilmektedir. Maş fasulyesi (*Vigna radiata*), soya fasulyesi (*Glycine max*), siyah mercimek (*Vigna mungo*) ve susam (*Sesamum indicum*) üzerinde yapılan bir çalışmada çimlendirme öncesi tanelerin GABA içerikleri sırasıyla 0.1325, 0.1222, 0.0438 ve 0.0907 g/kg iken maş fasulyesi 24. saatte (0.8068 g/kg), soya fasulyesi ve siyah mercimek 6. saatte (sırasıyla 0.4977 ve 0.7430 g/kg) en yüksek GABA seviyesine ulaşmıştır. Susamın GABA içeriği ise yalnızca 6 saatlik (0.1649 g/kg) suda bekletme ile bir miktar artmıştır. Araştırmacılar tanelerdeki depo proteinlerinin en azından bir kısmının ayrıştığını ve fidelerin büyüyen kısımları için kullanıldığını ve bu esnada glutamik asidi GABA'ya dönüştüren glutamat dekarboksilaz enziminin aktive edildiğini belirtmiştir [31].

$21^{\circ}\text{C}$ 'de 157 saat çimlendirilen chia tohumunun GABA konsantrasyonunun ise 11.4 kat arttığı ( $p<0.05$ ) belirtilmiştir. [26]. GABA konsantrasyonundaki değişimde çimlenme esnasındaki çevresel koşullar (sıcaklık, abiyotik stres vb) ve çimlenme öncesinde taneye uygulanan işlemlerin (ıslatma vb) etkili olduğu bildirilmiştir [10, 30].

## ÇİMLENME SIRASINDA LİPİTLERDE MEYDANA GELEN KİMYASAL DEĞİŞİMLER

İçerisinde fosfolipidler, glikolipidler, steroidler ve mumlar gibi değişik kimyasal yapıda organik ögeler bulunduran lipidler, tahıl ve baklagillerin canlı dokularında triaçilgliseroller (TAG) şeklinde bulunmaktadır [10, 11]. TAG'ın yağ kütlelerinden mobilizasyonu çimlenme ile başlamakta ve birtakım koordineli metabolik aktiviteler sonucunda yağın şekerlere dönüşümü gerçekleşmektedir. Bu koordineli metabolik aktiviteler, lipaz enziminin TAG'ın ester bağlarını hidrolize ederek serbest yağ asitlerini (SYA) açığa çıkarmasıyla başlamaktadır. Serbest yağ asitleri daha sonra  $\beta$ -oksidasyon ve glikosilat döngüleri yoluyla indirgenmekte ve şekerlere dönüşmektedir [10].

Yapılan bir çalışmada 48 saat boyunca çimlendirilen mumsu buğdayın esansiyel yağ asitleri de (linoleik ve linolenik asit) dahil olmak üzere serbest ve bağlı lipidlerin yağ asidi kompozisyonunun etkilenmediği gözlenmiştir. Öztürk ve ark. [32] yapmış olduğu bu çalışmaya göre 9 günlük buğday filizlerinin yağ asidi kompozisyonunun önemli oranda etkilendiği ve linoleik asit (18:3 n3) miktarının artarken, cis-18:1 ve cis,cis-18:2 yağ asitlerinin azaldığı belirtilmiştir. 3 günlük buğday filizleri üzerinde yapılan bir çalışmada ise daha fazla oranda palmitik asit, linoleik asit ve oleik asit bulunduğu görülmüştür [33]. Yağ asitlerinin miktarının çimlendirme öncesi uygulamalara (ıslatma vb) ve lipaz enziminin aktivitesine bağlı olarak değiştiği düşünülmektedir [10].  $33.7^{\circ}\text{C}$ 'de 171 saat çimlendirilen pigmentli desi nohutlarının lipid içeriği anlamlı olarak ( $p<0.05$ ) %37 oranında azalmıştır [23]. Benzer bir çalışmada çimlendirilmiş mercimeğin ( $25^{\circ}\text{C}/3-6$  gün, karanlık koşullarda) lipid miktarında düşüş gözlemlendiği rapor edilmiştir [34]. 48 saat çimlendirilen 5 çeşit mercimek incelendiğinde ise lipid içeriğinin anlamlı olarak azaldığı tespit edilmiştir. Bu düşüşün sebebinin ise çimlenme öncesinde ıslatma ile toplam katı kaybının yaşanması ve/veya filizlenme sürecinde yağın enerji kaynağı olarak kullanılması olarak düşünülmektedir [18]. Çimlendirilmiş bazı tahıl ve baklagillerin (buğday, arpa, yulaf, kinoa, amarant, yeşil mercimek, nohut ve maş fasulyesi) kimyasal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada ham yağ oranının anlamlı olarak ( $p<0.05$ ) arttığı ve baklagillerin ham yağ oranının tahıllara kıyasla daha düşük olduğu ve çimlendirme süresinin artmasıyla ham yağ miktarının arttığı rapor edilmiştir. [6]. Bibi ve ark. [28] araştırmalarında çimlendirilmiş nohut örneklerinde ham yağ oranının %4.24'ten %6.03'e yükseldiğini tespit etmişlerdir. Çimlenme esnasında tohumun yapısındaki lipaz enziminin aktifleşerek yağları yağ asitlerine ve gliserola parçaladığı ve toplam ham yağ içeriğinin artmasının bununla ilişkilendirildiği rapor edilmiştir [6].  $\gamma$ -orizanol; tokoferoller ve tokotrienollerle

birlikte pirinç fideleriyle ilişkili, besleyici özelliklere sahip ve sağlığı geliştirici etkisi olan, sabunlaşmayan lipid fraksiyonunun temel bileşenidir. Çimlendirmeden sonra pirinç ve kahverengi pirinçteki  $\gamma$ -orizanol konsantrasyonu sırasıyla 1.13 ve 1.20 kat artmıştır [35].

## ANTİBESİNSEL FAKTÖRLER VE BİYOAKTİF BİLEŞENLER

### Fitatlar/Fitik Asit ve Mineraller

Baklagiller, tahıllar, çeşitli tohumlar, bazı sebze ve meyveler gibi çeşitli gıdalarda bulunan fitatlar, baklagil ve tahıllarda fosforun en önemli depo formunu oluşturan organik bileşiklerdir. Fitatlar genellikle metal-fitat veya protein-fitat kompleksi halinde bulunmaktadır. İnsanlarda endojen fitaz enziminin yetersizliğine bağlı olarak inositol gruplarından fosfat grupları uzaklaştırılmadığı için fitat fosforunun bir kısmı vücutta kullanılamamaktadır. Antibesinsel faktör olarak da bilinen fitatlar güçlü bir şelat yapma kapasitesine sahip olmakla beraber Zn, Fe, Mn, Mg, Ca, Cu, Co gibi minerallerle çözünmez tuzlar oluşturarak bu minerallerin emilimini engellerler [10, 18, 36, 37]. Ancak son yıllarda yapılan çalışmalar fitik asitin insan sağlığı üzerinde faydalarının olabileceğini belirtmektedir. Diyabetik fareler üzerinde yapılan çalışmalarda fitik asidin kolesterol seviyesini düşürdüğü ve antioksidan ve antikarsinojen etkilerinin olduğu saptanmıştır [37]. Antioksidan özelliği sayesinde Diabetes Mellitus (DM), ateroskleroz ve koroner kalp hastalarına karşı terapötik etki gösterdiği, böbrek taşı oluşumunu ve ağır metal toksisitesini azalttığı birçok çalışmada belirtilmektedir [38].

Yapılan çalışmalarda çimlenme esnasında fitaz enzim aktivitesinin artış eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Sung ve arkadaşları [39] arpada bulunan fitaz enzim aktivitesinin çimlendirmeden birkaç gün sonra 8 katına çıktığını tespit etmişlerdir. Fakat bu değişim türler arasında farklılık göstermektedir. Örneğin, çavdar filizleri en yüksek fitaz aktivitesine sahipken yulaf en düşük kapasiteye sahiptir. Sonuçta fitat içeriği çimlendirme ile beraber düşmekte, 12-72 saat çimlendirilen kahverengi pirinçte bu düşüş %60 oranında olurken, sorgumda %87 olarak kaydedilmiştir. Fitat konsantrasyonu azaldıkça fosfor ve minerallerin biyoyararlılığı artmaktadır. Kılınçer ve ark. [6] toplam 8 çeşit tahıl ve baklagillerin mineral içeriğini çimlendirme (5 gün) öncesi ve sonrasında karşılaştırmış ve tüm tanelerin ortalama mineral seviyelerinin %2.19'dan %2.26'ya yükseldiğini gözlemlemişlerdir. 5 farklı mercimek filizi incelendiğinde, 48 saatlik süre içerisinde, toplam fitik asit miktarının %40-59.38 oranında azaldığı tespit edilmiştir [18]. Çimlendirilmiş kahverengi pirinç unu ile yapılan ekmekteki fitik asit miktarının, 12 ve 48. saatlerde %25 oranında, 24. saatte ise %13 oranında düştüğü gözlemlenmiştir [37]. Başka bir çalışmada mercimekteki (*Lens culinaris medik.*) fitik asit miktarı çimlendirmeden önce 233.04±9.23 mg/100 g iken 3, 4, 5 ve 6 gün çimlendirmeden sonra %45.85-73.76 oranında artmıştır [34].

Sonuçta çimlenme esnasında, fitaz enzim aktivitesindeki değişikliklere bağlı olarak mineral içeriğinde artma ve azalma görülmektedir [6, 18]. Çünkü fitaz, mineral ve proteinlerin kompleks oluşturduğu yapıları hidrolize ederek, minerallerin serbest kalmasını sağlamaktadır [14]. Bununla birlikte bazı araştırmacılar tahıl ve baklagil tanelerinin mineral alımına izin veren kök uzantısının gelişmesiyle mineral konsantrasyonunun çimlenmenin 4. gününden itibaren arttığını söylemektedir. Çimlenmeyle beraber alfa amilaz enzimi artarak karbonhidratları yıkıma uğratmakta ve solunumda kullanılması için basit şekerlere dönüştürmektedir. Bu da kimyasal kompozisyondaki oransal değişimi etkileyen bir diğer faktör olarak düşünülmektedir [6].

### Fenolik/Polifenolik Bileşikler

Özellikle baklagiller, tahıllar, fındık, zeytinyağı, sebze-meyve, çay, kakao ve kırmızı şarapta bol miktarda bulunan polifenoller biyolojik aktif bileşenlerdir. Fenolik maddeler, bitkiye renk, koku ve tat verme gibi özelliklerinin yanı sıra, safra salgısını artırma, kan kolesterol ve lipid seviyelerini azaltma, antimikrobiyal ve anti tümör etki gösterme gibi fonksiyonları, kardiyovasküler ve inflamatuvar hastalıklara ve kansere karşı koruyucu özellikleri olan doğal antioksidanlardır [9, 40, 41]. İnsan vücudundaki oksidatif hasara karşı koruyucu bir role sahiptirler [40]. Polifenoller; flavonoidler, fenolik asitler ve fitoöstrojenler gibi alt gruplara ayrılmaktadır [9, 14, 21, 23].

Bazı tahıl ve baklagiller üzerinde yapılan incelemelere göre 3 farklı çimlendirme süresi (1, 3 ve 5 gün) sonunda tane filizlerinin toplam fenolik madde konsantrasyonları artış göstermiştir. Sonuçlar genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük toplam fenolik madde içeriğine sahip baklagillerin arpa ve buğday olduğu bunu maş fasulyesi<nohut<yeşil mercimeğin takip ettiği ve pseudo-tahılların (kinoa ve amarant) ise en yüksek toplam fenolik madde miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir. Çimlenme süresi arttıkça toplam fenolik madde miktarının arttığı belirtilmiştir [6]. Çin'de yetişen buğday türlerinin çimlendirilmesiyle serbest ve bağlı fenollerin konsantrasyonunun ve buna bağlı antioksidan kapasitesinin arttığı tespit edilmiştir [30]. Pigmentli desi nohut üzerinde yapılan bir çalışmada ise 33.7°C'de, 171 saat çimlendirilen nohut filizlerinde toplam fenolik madde içeriğinin %97 oranında arttığı bildirilmektedir [23]. 30°C'de 6, 12, 24, 36 ve 48 saat çimlendirilen mumsu buğdayın serbest fenolik içeriği ilk 24 saat önemli oranda değişmezken, 36 ve 48. Saatte anlamlı düzeyde artmıştır. Bağlı fenolik kompozisyonu ise 12 ve 24. saatlerde düşerken, 36 ve 48. saatlerde anlamlı düzeyde artış göstermiştir. Bağlı fenolik içeriğin en başta azalması hücre duvarlarına bağlı polifenolik bileşiklerin hidrolizine bağlanırken, fenolik biyosentez nedeniyle ferulik asit birikiminin 24. saatten sonra bağlı fenolik içerikteki artışa katkıda bulunduğu belirtilmiştir [19]. Kore'de yapılan bir çalışmada soya çeşitlerinden Pungsannamulcong ve Pungwon taneleri, 20 ve 25°C'de 5 gün boyunca karanlık bir ortamda çimlendirilmiştir. 25°C'de çimlendirilen Pungwonun toplam fenol içeriği 20°C'de çimlendirilene göre daha yüksek oranda saptanırken (sırasıyla 1.655 mg GAE ve 1.420 mg

GAE/100 g örnek) Pungsannamulkong için tam tersi bir durum gerçekleşmiştir (sırasıyla 1.211 mg GAE ve 1.468 mg GAE/100 g örnek) [42].

Çimlenme sırasında fenilalanin amonyak liyaz (PAL) enziminin oldukça aktif olduğu ve fenolik bileşiklerin biyosentezini artırdığı bilinmektedir. Buna ek olarak, tohumun solunum sistemi çimlenme süresince aktifliğini sürdürmekte ve bağlı fenolik bileşiklerin salınmasına katkıda bulunan farklı proteolitik, amilolitik ve hücre duvarı indirgeyici enzimler üretilmektedir [23]. Çimlendirme sırasında fenolik bileşiklerin kompozisyonunda meydana gelen değişimler aynı zamanda tohumun türüne, işleme koşullarına, ışık, sıcaklık ve çimlendirme süresine bağlıdır [8].

### Fenolik Asitler

Serbest ve bağlı formları bulunan fenolik asitler, hidroksibenzoik asit (gallik, *p*-hidroksibenzoik, sirinjik, vanilik, protokateşuik asit) ve hidroksisinamik asit (*p*-kumarik, ferulik, kafeik, sinapik asit) olmak üzere 2 sınıfta gruplandırılmaktadır [9, 21, 30, 41]. Serbest formdaki fenolik asitler glikoz alımını artırarak ve glikojen sentezini düzenleyerek obezite ve DM gibi hastalıklarda glikoz ve lipid plazma seviyelerini regüle etmektedirler. Bağlı formdaki fenolik asitler ise mikroorganizmalar, enzimler ve glikoz taşıyıcılarının dâhil olduğu gastrointestinal sistemde salınabilmekte ve emilebilmektedirler. Bu yüzden bağlı formdaki fenolik asitlerin, kolon sağlığında çok etkili olduğu ileri sürülmektedir [23]. Tahıllardaki önemli fenolik asitler ferulik ve *p*-kumarik asittir [41].

Farklı sürelerde (24, 48, 72, 96) çimlendirilen buğday filizleri üzerinde yapılan bir çalışmada 5 çeşit fenolik asitin (gallik, 4-hidroksibenzoik, vanilik, kafeik ve sirinjik asit) konsantrasyonu (serbest/bağlı form ve toplam) incelenmiştir. Sonuçlara bakıldığında çimlenme süresi arttıkça tüm bileşenlerin toplam miktarı artmakta olup, serbest ve bağlı formların artışlarında farklılıklar göze çarpmaktadır. Bu artış çimlenme esnasında lignin sentezinin gerçekleşmesi ile ilişkilendirilmiştir [30]. Pigmentli desi nohut filizlerinde ise çimlenme esnasında anlamlı oranda fenolik asit içeriğinde artış gözlenmiştir [23]. 5 çeşit mercimek filizi üzerinde yapılan bir çalışmada ise gallik asitin %13.67-40.41, kateşin dihidratın %38.99-58.32 ve kuersetinin ise %3.17-51.76 oranında azaldığı rapor edilmiştir [18].

Çimlenme süresince tohumların fenolik asit içeriğindeki değişim gen ekspresyon mekanizmasıyla açıklanmaktadır. Buna göre PAL enzimi fenilalanini sinamik aside katalize ederek, fenolik biyosentez yolunun ilk reaksiyonunu başlatmaktadır. Daha sonra sinamat-4-hidroksilaz (C4H) enzimi, fenoliklerin ve flavonoidlerin öncüsü olan *p*-kumarik asidin üretimini sağlamaktadır. Benzer şekilde ikincil metabolitlerin gen ekspresyon sürecinde ise ışığa maruz kalma, iklim koşulları ve biyotik stres gibi faktörler rol oynamaktadır [23].

### Flavonoidler

5000'den fazla türü olan flavonoidler; flavonlar, flavonoller, flavanoller (kateşinler, epikateşinler vb), flavonoller, izoflavonlar, antosiyanidinler, tanenler gibi alt gruplara ayrılmaktadır. Flavonoidler biyolojik ve farmakolojik aktivitelere sahiptir. Antioksidan özellikleri sayesinde LDL kolesterolün oksidasyonunu inhibe etmekte, platelet agregasyonunu ve iskemik hasarı azaltmaktadır [9, 21]. Flavonoidler tüm tahılların tohum zarında bulunmaktadır [41]. Alt sınıflarında bulunan kateşin ve luteolin gibi türleri E ve C vitamini ve  $\beta$  karoten gibi antioksidanlardan daha güçlü etkiye sahiptir [9, 21]. Ren ve ark. [43] flavonoidlerin yalnızca antioksidan özelliklerinden dolayı değil aynı zamanda hücre döngüsü regülasyonu gibi farklı etki mekanizmalarıyla da umut verici anti-kanser ajanlar olabileceğini belirtmişlerdir. Bitkilerin sekonder metabolitlerinin büyük bir kısmını oluşturan izoflavonoidler, antimikrobiyal fitoaleksinler olarak bitki savunmasında önemli bir role sahiptir. İzoflavonoidler antikanserojenik, antiöstrojenik, antioksidatif olmalarının yanı sıra kardiyovasküler hastalıklara ve osteoporozla karşı koruyucudurlar [14, 44]. Antosiyanidinlerin şekerle glikozit bağ yapması sonucu oluşan antosiyaninler (delfinidin, siyanidin, pelargonidin, malvidin, petunidin, peonidin) bitkilerde mavi, mor ve kırmızı rengini veren ve tahıllarda sıklıkla incelenen suda çözünebilir pigmentlerdir [41]. Optimal çimlendirme koşullarında (33.7°C, 171 saat) incelenen pigmentli desi nohut filizlerindeki toplam flavonoid içeriği %111 oranında artmıştır. ( $p < 0.05$ ) Wu ve ark. [44] çimlendirme sonrası nohut filizlerindeki toplam flavonoid miktarının 90 kat arttığını tespit etmişlerdir. Tohumun özellikle kabuk kısmında yoğunlaşan, koyu renkli tohumlardaki oranı daha yüksek bulunan ve antibesinsel olarak tanımlanan tanenler, tohumlardaki protein, karbonhidrat ve minerallere bağlanıp bu yapıların sindirilebilirliğini azaltmaktadırlar [34, 41]. Çimlendirilmiş 5 çeşit mercimek üzerinde yapılan bir çalışmada tanenlerin ortalama %58.57-66.52 oranında azaldığı gözlenmiştir [18]. Karanlık ortamda 3, 4, 5 ve 6 gün çimlendirilen mercimek (*Lens culinaris medik.*) filizlerindeki tanen içeriği %47.86-59.40 oranında azalmıştır [34]. Farklı sürelerde çimlendirilmiş 2 tür soya fasulyesinin (*Hutcheson* ve *Caviness*) izoflavon içeriğinin izlendiği bir çalışmada maksimum total izoflavon içeriğine farklı hipokotil uzunluklarında (0,05 mm-*hutcheson*, 2,5 mm-*caviness*) ulaşıldığı rapor edilmiştir. Artışların sebebinin baklagillerdeki izoflavonların prekürsörü olan naringenin chalcone ve isoliquiritigenin'lerin metabolik yollarının indüklemesi olarak düşünülmektedir. Bu aşamadan sonra toplam izoflavon miktarında düşüşler gözlenmiştir. Soya fasulyesinde genistein, deidzein ve bunların  $\beta$ -glukozit konjugatlarındaki değişimler incelendiğinde yine benzer artış ve düşüşler gözlenmiştir. Bu artış ve düşüşlerin nedeni ise diğer flavonoidlerin ve izoflavonların birbirine dönüşmesi olarak düşünülmektedir [14, 45]. 25°C'de 48 saat çimlendirilen cin darısı (*Setaria italica*) üzerinde yapılan bir çalışmada total flavonoid miktarının 28.10 mgRUE/g'dan 57.72 mgRUE/g'a yükseldiği tespit edilmiştir. Bu artışın, çimlenme sırasında tohumların biyokimyasal değişikliklerinden kaynaklanabildiği ve enzimatik

aktivasyon nedeniyle konjuge glikozitlerden flavonoidler veya salınan glikonlar gibi bazı ikincil bitki metabolitlerinin oluştuğu belirtilmiştir [46].

### Tripsin İnhibitörü

Tohumun kotiledon kısmındaki proteinde doğal olarak bulunan tripsin, antibesinsel faktörlerin içerisine giren bir proteaz inhibitörüdür [47]. Wang ve ark. [48], çimlenme esnasında tripsin inhibitörlerinin azaldığını fakat çimlenme süresi arttıkça inhibitör içeriğinin de yavaşça yükseldiğini belirtmişlerdir. Başka bir çalışmada ise 5 günlük güvercin bezelye (pigeon pea), beyaz fasulye ve siyah fasulye filizlerinin tripsin inhibitör aktivitelerinin önemli oranda azaldığı rapor edilmiştir [49]. 5 çeşit çimlendirilmiş (48 saat) mercimek üzerinde yapılan çalışmada ise tripsin inhibitörünün %31.38-85.41 oranında azaldığı tespit edilmiştir [18].

### Antioksidan Kapasite

Baklagil ve tahılların sahip olduğu antioksidan özellikler tohumda bulunan çeşitli biyoaktif bileşenlerle ilişkilendirilmektedir [40]. Örneğin, baklagillerde bulunan fenolik bileşenlerin yapısındaki delfinidin, siyanidin, pelargonidin, malvidin gibi antosiyanidin pigmentlerin antioksidatif etkilere sahip olduğu bilinmektedir [20]. Antioksidanlar vazodilatasyonu kolaylaştırarak kardiyovasküler hastalıkları önlemekte etkilidirler [50].

Yapılan bir çalışmada farklı koşullarda (2, 4 ve 6 gün-20°C- %99 bağıl nem-aydınlık ve karanlık ortam) çimlendirilen bezelye (*Pisum sativum L., variety Elsa*), fasulye (*Phaseolus vulgaris L. variety La Granja*) ve mercimeğin (*Lens culinaris L., var. Castellana*) antioksidan kapasiteleri değerlendirilmiştir [40]. Sonuçlara bakıldığında fasulyenin karanlık ortamda 6. günde, bezelyenin ise ışık varlığında 4. günde maksimum antioksidan kapasiteye ulaştığı gözlenirken, çimlenmenin mercimeğin antioksidan kapasitesi üzerinde negatif bir etki yarattığı tespit edilmiştir. Baklagiller fenoliklerin yanı sıra tohumların antioksidan kapasitesini etkileyen vitamin ve karotenoid gibi diğer biyoaktif bileşenleri de farklı konsantrasyonlarda içermektedirler. Bu bileşenlerin kendi aralarında ve fenoliklerle olan sinerjik etkileşiminin antioksidan kapasitedeki farklılıklara sebep olabileceği düşünülmektedir [30]. Farklı koşullarda çimlendirilen (30 ve 40°C-5 gün) nohut (*Cicer arietinum*), kırmızı mercimek (*Lens culinaris*), maş fasulyesi (*Vigna radiata*), barbunya (*Phaseolus vulgaris var. humilis*) ve soya fasulyesi (*Glycine max.*) üzerinde yapılan bir çalışmada tanelerin antioksidan kapasitelerinin sırasıyla %13.4-17.6, %13-14.3, %20.4-31.8, %25.4-32.2 ve %26.6-36 aralıklarında olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, çimlenme sırasında hidrolazların ve polifenol oksidazların diferansiyel aktivitesi ve salınımı kontrol eden tohum matrislerindeki farklılıklarla ilişkilendirilmiştir [51]. Filizlendirilmiş arpa üzerinde yapılan bir çalışmada araştırmacılar çimlenme süresinin arttıkça buğdayın antioksidan kapasitesinin arttığını belirtmiştir. Bu antioksidan potansiyeldeki artış, çimlenme işlemi sırasında fenolik bileşiklerin hücre duvarı bileşenlerinden salınmasına, hidrojen veya elektron

donörü olarak işlev görebilen bileşiklere atfedilmiştir. Fakat bulgular arpadaki C vitamini gibi diğer antioksidan bileşiklerin de bu yüksek antioksidan kapasite üzerinde etkili olduğunu göstermiştir [52]. Kim ve arkadaşları [30], 25°C'de 96 saat çimlendirdikleri buğdayın antioksidan kapasitesinin çimlendirme süresi ile doğru orantılı olduğunu belirtmiştir. 96 saat sonunda serbest ve bağlı ORAC değerleri kontrol grubuna (serbest ORAC: 4.34 µM TE/g dwb, bağlı ORAC: 58.84 µM TE/g dwb) kıyasla sırasıyla 4.11 ve 1.81 kat artmıştır. Çalışmada çimlenme prosesi devam ettikçe 4-hidroksibenzoik, kafeik ve sirinjik asidin fark edilir düzeyde artması bu bileşiklerin serbest fenolik bileşenlere bağlı antioksidan kapasiteye katkı sağladığı düşünülmektedir. Aynı zamanda serbest radikallerin temizlenmesine yardımcı olan serbest modifiye aminoasit olan GABA'nın bu antioksidan potansiyelde artış sağladığı belirtilmektedir.

### ÇİMLENMENİN DUYUSAL ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİ

Çimlenmenin tahılların ve baklagillerin biyokimyasal ve besleyici özelliklerinde neden olduğu değişimlerin yanında, duyuşsal özelliklerde yarattığı farklılıklar da çimlenmiş tahıl ve baklagillerin değişik ürün formülasyonlarında bileşen olarak kullanılmalarını sağlamaktadır. Çimlenmiş tohumların eklendikleri gıda ürünlerinin duyuşsal karakteristiklerini geliştirmeleri, onları yaygın olarak kabul gören bir gıda bileşeni haline getirmiştir. Literatürde bu amaçla yapılan bir çalışmada, çimlendirilmiş baklagil çeşitlerinin eklenmesiyle birlikte sağlıklı tahıl gevrekleri hazırlanmıştır [53]. Kahvaltılık tahıl gevreklerinin renk parametresi, ürünün duyuşsal değerlendirmesi ve tüketici memnuniyeti açısından oldukça önemlidir. Araştırmacıların sonuçları, filizlenmiş mercimek ile yapılan tahıl gevreklerinin renginin, panelistler tarafından en yüksek puanla değerlendirildiğini göstermiştir. Ayrıca çimlenmiş yeşil ve siyah fasulyelerden yapılan tahıl gevreklerinin koku açısından panelistler tarafından yüksek puan aldığı da rapor edilmiştir. Sattar ve ark. [54] yapmış oldukları bir diğer çalışmada ise, filizlenmiş mercimek, yeşil ve siyah fasulyelerin farklı konsantrasyonlarda (%5, 15 ve 25) piriçli pudinglere eklenmesi sonucunda elde edilen ürünlerin işlevsel, depolama ve duyuşsal özellikleri değerlendirilmiştir. Sonuçta, pudinglere % 25 oranında baklagil eklenmesinin (filizlenmiş ve filizlenmemiş), bu örneklerin renk, tat ve genel kabul edilebilirlik açısından önemli ölçüde yüksek puan almasına (daha az hoş giden) neden olduğu, bunun da baklagillerin yüksek seviyelerinin (%25) kabul edilebilir olmadığı anlamına geldiği vurgulanmıştır. Nijerya'ya özgü geleneksel bir tahıl gıdası olan furanın duyuşsal özellikleri üzerine çimlendirme ve doğal fermentasyonun etkilerinin incelendiği bir araştırmada, çimlenmiş, fermente edilmiş ve çimlendirilmiş ve fermente edilmiş örnekler tat, renk, tekstür ve genel kabul edilebilirlik açısından duyuşsal analize tabi tutulmuşlardır [55]. Yapılan duyuşsal testler sonucunda, panelistlerin çimlenmiş tahıllardan elde edilen fura örneklerini, incelenen tüm duyuşsal parametreler için yüksek puanlarla (en çok hoş giden) değerlendirdikleri rapor edilmiştir. Torres ve ark. [56], bezelye tohumlarını, tohumların besin kalitesini artırmak amacıyla 20°C'de, 4 gün süresince çimlendirmişlerdir.

Bu tohumlardan elde edilen unlar, makarna ürünleri üretmek için %5, 8 ve 10 oranlarında bileşen olarak kullanılmıştır. Çimlenmiş tohumlardan elde edilen unlar eklenmiş makarna ürünleri, pişme süresi, su tutma kapasitesi ve suda protein kaybı gibi özelliklerinin değerlendirilmesinin yanı sıra duyuşsal özellikler açısından da incelenmişlerdir. Pişirilmiş makarna ürünlerinin genel kabul edilebilirlik skorlarının elde edilmesi sonucunda, ilave edilen unların, makarna ürünlerinin genel kabul edilebilirliği üzerinde önemli bir etki yaratmadıkları ifade edilmiştir. Araştırmacılar, pişmiş makarna ürünlerinin rengi, kıvamı ve dokusu gibi parametrelerin değerlendirildiği hedonik test sonucunda, kontrol ve takviye unların eklendiği makarna örnekleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmadığını belirtmişlerdir.

## SONUÇ

Tüm dünyada yaygın olarak tüketilen tahıl ve baklagillerin uygun koşullarda çimlendirilmesi sonucu sıcaklık, pH, ışık, süre ve çimlendirme öncesi uygulanan işlemlerin yanı sıra tanenin yapısı ve türüne bağlı olarak birtakım biyokimyasal ve fiziksel değişiklikler (renk, koku, tat ve yapısal değişimler) meydana gelmektedir. Nişasta rezervleri  $\alpha$ -amilazın etkisiyle basit şekerlere, oligosakkaritlere ve polisakkaritlere, azot içeren fraksiyonlar proteolitik enzimler vasıtasıyla oligopeptidlere ve aminoasitlere, triaçilgliseroller ise lipaz enziminin etkisiyle yağ asitlerine hidrolize olmaktadır. Antibesinsel faktörlerin (fitat, tripsin inhibitörü, tanin vb) miktarı azalırken insan sağlığı üzerinde çok sayıda faydası bulunan biyoaktif bileşenlerin (fenolik asitler, flavonoidler, GABA vb) miktarı ise önemli ölçüde artmaktadır. Biyoaktif bileşenlerdeki artışa bağlı olarak tanelerin antioksidan kapasitesi artmaktadır. Bu da tahıl ve baklagil filizlerine fonksiyonellik özelliği katmaktadır. Çimlendirme sonrası tanelerdeki fitokimyasalların konsantrasyonlarını korumak ve daha fazla artırmak amacıyla biyotik (canlı ögeler) ve abiyotik (ışık, iklim, sıcaklık, su, pH, toprak ve mineraller) etmenlerin, hasat öncesi ve sonrası uygulanan işlemlerin modülasyonu sağlanmalıdır. Türkiye’de henüz filiz tüketiminin yaygınlaşmaması ve toplumun tahıl ve baklagil filizlerinin sağlık üzerine etkilerine dair yeterli bilgiye sahip olmaması, bu tür fonksiyonel ürünlerin günlük diyetinde nasıl tüketilmesi gerektiğine dair daha fazla araştırma yapılmasını gerektirmektedir. Filizlenmiş ürünlerin elde edilmesi ve özelliklerinin karakterize edilmesi, hem tüketiciler hem de üreticiler için katma değerli gıdaların tüketimini ve üretimini teşvik eden yararlı bilgiler sağlayacaktır. Taze tüketimlerinin insan sağlığı açısından olumlu etkilerinin (düşük kalori değeri, yüksek biyolojik aktivite, gelişmiş sindirilebilirlik) yanında, bazı işlenmiş gıdalarda doğal bir katkı maddesi olarak kullanılabilme imkânlarının geliştirilebilmesi, ülkemizde filizlenmiş ürünlerin tüketimi için iyi bir fırsat oluşturacaktır.

## KAYNAKLAR

[1] Yetim, H., Öztürk, İ., Törnük, F., Sağdıç, O., Hayta, M. (2009). Yenilebilir bitki ve tohum filizlerinin fonksiyonel özellikleri. *Gıda*, 35(3), 205-210.

- [2] WHO. Cardiovascular diseases (CVDs). Erişim adresi: WHO: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)) (Erişim tarihi: 10.03.2020)
- [3] WHO. Cancer. Erişim adresi: WHO: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cancer> (Erişim tarihi: 10.03.2020)
- [4] WHO. Diabetes. Erişim adresi: WHO: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes> (Erişim tarihi: 10.03.2020)
- [5] WHO. Obesity and Overweight. Erişim adresi: WHO: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (Erişim tarihi: 10.03.2020)
- [6] Kılınçer, F.N., Demir, M.K. (2019). Çimlendirilmiş bazı tahıl ve baklagillerin fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Gıda*, 3, 419-429.
- [7] Tarzi, B.G., Gharachorloo, M., Baharinia, M., Mortazavi, S.A. (2012). The effect of germination on phenolic content and antioxidant activity of chickpea. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 11(4), 1137-1143.
- [8] Lopez-Martinez, L.X., Leyva-Lopez, N., Gutierrez-Grijalva, E.P., Heredia, J.B. (2017). Effect of cooking and germination on bioactive compounds in pulses and their health benefits. *Journal of Functional Foods*, 38, 624-634.
- [9] Uyar, B., Sürücüoğlu, M.S. (2010). Besinlerdeki biyolojik aktif bileşenler. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 1-2(38), 69-76.
- [10] Benincasa, P., Falcinelli, B., Lutts, S., Galieni, A. (2019). Sprouted grains: A comprehensive review. *Nutrient*, 2(11), 421.
- [11] Baysal, A. (2012). Beslenme. Hatiboğlu yayınları, Ankara.
- [12] Charoenthaikij, P., Jangchud, K., Jangchud, A., Prinyawiwatkul, W., No, H.K. (2012). Composite wheat-germinated brown rice flours: selected physicochemical properties and bread application. *International Journal of Food Science Technology*, 47, 75-82.
- [13] Xu, L., Wang, P., Ali, B., Yang, N., Chen, Y., Wu, F., Xu, X. (2017). Changes of the phenolic compounds and antioxidant activities in germinated adlay seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(12), 4227-4234.
- [14] Donkor, O.N., Stojanovska, L., Ginn, P., Ashton, J., Vasiljevik, T. (2012). Germinated grains – sources of bioactive compounds. *Food Chemistry*, 135(3), 950-959.
- [15] Agu, R.C., Chiba, Y., Goodfellow, V., Mackinlay, J., Brosnan, J.M., Bringham, T. A., Jack, F.R., Bryce, J.H. (2012). Effect of germination temperatures on proteolysis of the gluten-free grains rice and buckwheat during malting and mashing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(40), 10147-10154.
- [16] Chiba, Y., Bryce, J. H., Goodfellow, V., Mackinlay, J., Agu, R. C., Brosnan, J. M., Bringham, T.A., Harrison, B. (2012). Effect of germination temperatures on proteolysis of the gluten-free grains sorghum and millet during malting and mashing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(14), 3745-3753.



- [17] Scofield, G.N., Aoki, N., Hirose, T., Takano, M., Jenkins, C.L., Furbank, R. T. (2007). The role of the sucrose transporter, OsSUT1, in germination and early seedling growth and development of rice plants. *Journal of Experimental Botany*, 58(3), 483-495.
- [18] Pal, R.S., Bhartiya, A., Yadav, P., Kant, L., Mishra, K.K., Aditya, J.P. (2016). Effect of dehulling, germination and cooking on nutrients, anti-nutrients, fatty acid composition and antioxidant properties in lentil (*Lens culinaris*). *Journal of Food Science and Technology*, 4(54), 909-920.
- [19] Hung, P.V., Maeda, T., Yamamoto, S., Morita, N. (2012). Effects of germination on nutritional composition of waxy wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(3), 667-672.
- [20] Lin, P.L., Lai, H.M. (2006). Bioactive compounds in legumes and their germinated products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54, 3807-3814.
- [21] Güzel Seydim, Z.B. (2016). Fonksiyonel Beslenme. Sidas Medya, İzmir.
- [22] Van Hung, P., Maeda, T., & Morita, N. (2015). Improvement of nutritional composition and antioxidant capacity of high-amylose wheat during germination. *Journal of Food Science and Technology*, 52(10), 6756-6762.
- [23] Domínguez-Arispuro, D.M., Cuevas-Rodríguez, E.O., Milán-Carrillo, J., León-López, L., Gutiérrez-Dorado, R., Reyes-Moreno, C. (2017). Optimal germination condition impacts on the antioxidant activity and phenolic acids profile in pigmented desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. *Journal of Food Science and Technology*, 2(55), 638-647.
- [24] Martín-Cabrejas, M.A., Ariza, N., Esteban, R., Molla, E., Waldron, K., Lopez-Andreu, F.J. (2003). Effect of germination on the carbohydrate composition of the dietary fiber of peas (*Pisum sativum* L.). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 1254-1259.
- [25] Singkhornart, S., Ryu, G.H. (2011). Effect of soaking time and steeping temperature on biochemical properties and  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) content of germinated wheat and barley. *Journal Food Science Nutrition*, 16, 67-73.
- [26] Gómez-Favela, M.A., Gutiérrez-Dorado, R., Cuevas-Rodríguez, E.O., Canizalez-Román, V.A., del Rosario León-Sicairos, C., Milán-Carrillo, J., Reyes-Moreno, C. (2017). Improvement of chia seeds with antioxidant activity, GABA, essential amino acids, and dietary fiber by controlled germination bioprocess. *Plant Foods for Human Nutrition*, 72(4), 345-352.
- [27] Kavas, A., El, S. (1991). Nutritive value of germinated mung beans and lentils. *Journal of Consumer Studies and Home Economics*, 4 (15), 357-366.
- [28] Bibi, N., Aurang, Z., Amal, B., Mohammad, S. (2008). Effect of germination time and type of illumination on proximate composition of chickpea seed (*Cicer arietinum* L.). *American Journal of Food Technology*, 1(3), 24-32.
- [29] Kaukovirta-Norja, A., Wilhelmson, A., & Poutanen, K. (2004). Germination: a means to improve the functionality of oat. *Agricultural and Food Science*, 13(1-2), 100-112.
- [30] Kim, M.J., Kwak, H.S., Kim, S.S. (2018). Effects of germination on protein,  $\gamma$ -aminobutyric acid, phenolic acids, and antioxidant capacity in wheat. *Molecules*, 9(23), 2244-2257.
- [31] Tiansawang, K., Luangpituksa, P., Varanyanond, W., Hansawasdi, C. (2016). GABA ( $\gamma$ -aminobutyric acid) production, antioxidant activity in some germinated dietary seeds and the effect of cooking on their GABA content. *Food Science and Technology*, 36(2), 313-321.
- [32] Öztürk, İ., Sağdıç, O., Hayta, M., Yetim, H. (2012). Alteration in  $\alpha$ -tocopherol, some Minerals, and fatty acid contents of wheat through sprouting. *Chemistry of Natural Compounds*, 47, 770-772.
- [33] Márton, M., Mándoki, Z. S., Csapo, J. (2010). Evaluation of biological value of sprouts-I. Fat content, fatty acid composition. *Acta Univ Sapientiae Aliment*, 3, 53-65.
- [34] Fouad, A.A., Rehab, F.A. (2015). Effect of germination time on proximate analysis, bioactive compounds and antioxidant activity of lentil (*Lens Culinaris* Medik.) sprouts. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 14(3), 233-246.
- [35] Kim, H. Y., Hwang, I. G., Kim, T. M., Woo, K. S., Park, D. S., Kim, J. H., Jeong, H. S. (2012). Chemical and functional components in different parts of rough rice (*Oryza sativa* L.) before and after germination. *Food Chemistry*, 134(1), 288-293.
- [36] Şat, İ.G., Keleş, F. (2004). Fitik asit ve beslenmeye etkisi. *Gıda*, 6(29), 405-409.
- [37] Cornejo, F., Caceres, J.P., Martinez-Villaluenga, C., Rosell, M.R., Frias, J. (2014). Effect of germination on nutritive value and bioactive compounds of brown rice breads. *Food Chemistry*, 173, 298-304.
- [38] Kumar, V., Sinha, A.K., Makkar, H.P., Becker, K. (2009). Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: A review. *Food Chemistry*, 120, 945-959.
- [39] Sung, H., Shin, H., Ha, J., Lai, H., Cheng, K., Lee, J. (2005). Effect of germination temperature on characteristics of phytase production from barley. *Bioresource Technology*, 96, 1297-1303.
- [40] Lopez-Amoroz, M.L., Hernandez, T., Estrella, I. (2004). Effect of germination on legume phenolic compounds and their antioxidant capacity. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(4), 277-283.
- [41] Dykes, L., Rooney, L.W. (2007). Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits. *Cereal Foods World*, 52(3), 105-111.
- [42] Koo, S.C., Kim, S.G., Bae, D.W., Kim, H.Y., Kim, H.T., Lee, Y.H., Kang, B.K., Baek, S.B., Baek, I.Y., Yun, H.T., Choi, M.S. (2015). Biochemical and proteomic analysis of soybean sprouts at different germination temperatures. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 58(3), 397-407.
- [43] Ren, W., Qiao, Z., Wang, H., Zhu, L., Zhang, L. (2003). Flavonoids: promising anticancer agents. *Medicinal Research Reviews*, 23, 519-534.

- [44] Wu, Z., Song, L., Feng, S., Liu, Y., He, G., Yioe, Y. (2012). Germination dramatically increases isoflavonoid content and diversity in chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 60, 8606-8615.
- [45] Zhu, D., Hettiarachchy, N., Horax, R., Chen, P. (2005). Isoflavone contents in germinated soybean seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*, 60, 147-151.
- [46] Sharma, S., Saxena, D.C., Riar, C.S. (2018). Changes in the GABA and polyphenols contents of foxtail millet on germination and their relationship with in vitro antioxidant activity. *Food Chemistry*, 245, 863-870.
- [47] Pekşen, E., Artık, C. (2005). Antibesinsel maddeler ve yemeklik tane baklagillerin besleyici değerleri. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(20), 110-120.
- [48] Wang, N., Lewis, M., Brennan, J., Westby, A. (1997). Effect of processing methods on nutrients and antinutritional factors in cowpea. *Food Chemistry*, 58, 59-68.
- [49] Sangronis, E., Machado, C. (2007). Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. *Journal of Food Science and Agriculture Technology*, 1(40), 116-120.
- [50] Huang, X., Cai, W., Xu, B. (2013). Kinetic changes on nutrients and antioxidant capacities of germinated soybean (*Glycine max* L.) and mung bean (*Vigna radiata* L.) with germination time. *Food Chemistry*, 143, 268-276.
- [51] Mamilla, R.K., Mishra, V.K. (2015). Effect of germination on antioxidant and ACE inhibitory activities of legumes. *Food Science and Technology*, 75, 51-58.
- [52] Rico, D., Peñas, E., García, M.D.C., Martínez-Villaluenga, C., Rai, D.K., Birsan, R.I., Frias, J., Martín-Diana, A.B. (2020). Sprouted barley flour as a nutritious and functional ingredient. *Foods*, 9(3), 296.
- [53] Sattar, D.E.S., Fauqiha, A.T., Mohamed, M., Ali, T.M., Hasnain, A. (2021). Comparative study on effects of adding germinated and non-germinated legumes on bioactive components, antioxidant, textural and sensory characteristics of cereal flakes. *Legume Science*, 3(1), e68.
- [54] Sattar, D.E.S., Ali, T.M., Hasnain, A. (2017). Effect of nongerminated and germinated legumes on antioxidant, functional, and sensory characteristics of rice puddings. *Cereal Chemistry*, 94(3), 417-423.
- [55] Inyang, C.U., Zakari, U.M. (2008). Effect of germination and fermentation of pearl millet on proximate, chemical and sensory properties of instant "Fura"-a Nigerian cereal food. *Pakistan Journal of Nutrition*, 7(1), 9-12.
- [56] Torres, A., Frias, J., Granito, M., Vidal-Valverde, C. (2007). Germinated *Cajanus cajan* seeds as ingredients in pasta products: Chemical, biological and sensory evaluation. *Food Chemistry*, 101(1), 202-211.
-