



## Bitkisel Protein Kaynakları

Miray ÇETİNER<sup>1\*</sup>, Seda ERSUS BİLEK<sup>1</sup>

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir

### Özet

Proteinler büyüme, gelişme, hücrelerin onarımı ve sağlıklı yaşam için gerekli olan besin öğelerindedir. Dünya üzerindeki nüfus artışıyla beraber, mevcut protein kaynakları zamanla azalmakta ve dolayısıyla yeni alternatif protein kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bitkisel protein kaynakların zengin besleyici içeriğine sahip olması, vegan, vejeteryan gibi özel tüketici grupları tarafından tercih edilmesi, ucuz ve kolay ulaşılabilir olması, bitkisel proteinlerin gıda uygulamalarında kullanılması için iyi bir alternatif kaynak olmasını sağlamıştır. Bitkisel proteinler yağlı tohumlar, tahıllar, bakliyatlar ve yeşil sebzeler olmak üzere geniş kaynak çeşitliliğine sahiptir. Bu bitkisel protein kaynaklarından elde edilen protein izolatları ya da konsantreleri, gösterdiği fonksiyonel özelliklere göre gıda uygulamalarında kullanılabilir. Bu derleme kapsamında tahıl, yağlı tohumlar, bakliyatlar ve yeşil sebzeler gibi bitkisel protein kaynakları hakkında bilgiler verilmiş, protein içeriğinden, amino asit diziliminden ve fonksiyonel özelliklerinden bahsedilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Bitkisel protein, protein kaynakları, tahıllar, bakliyat, yağlı tohumlar

## Plant Protein Sources

### Abstract

Proteins are one of the essential nutrient for growth, cell reparation and healthy living. However, with increasing populations, existing protein sources decrease over time, thus alternative protein sources are needed. Plant protein resources are great resources for food applications due to their rich nutritional content, cheapness, easy to access and to be preferred by special consumers such as vegans, vegetarians. Plant proteins have a wide variety of sources, including oilseeds, grains, pulses and green vegetables. Protein isolates or concentrates obtained from these protein sources can be used in food applications according to their functional properties. This review contains information about plant sources such as grains, oilseeds, legumes and green vegetables, and their protein content, amino acid composition and functional properties.

**Keywords:** Plant protein, protein sources, grains, pulses, oilseeds

### Giriş

Son yıllarda hızla artan nüfusla birlikte, dünyanın gıda ihtiyacının karşılanabilmesinde zorluklar karşımıza çıkmaktadır. Özellikle büyüme, gelişme, hücrelerin onarımı ve sağlıklı yaşam için gerekli olan protein kaynakları gün geçtikçe azalmakta ve bu durum yeni alternatif protein kaynaklarına duyulan talebin artmasına neden olmaktadır.

Günümüze kadar protein ihtiyacı daha çok hayvansal proteinden karşılanırken son yıllarda

obezitenin, hayvansal kaynaklı hastalıkların ve antibiyotik ile beslenmiş hayvanların artması nedeniyle bitkisel proteinlere olan ihtiyaç artış göstermektedir. Ayrıca et fiyatlarındaki artış da insanların bu kapsamdaki tüketimini sınırlandırmaktadır (Aiking, 2011). Hayvansal protein kaynakları yüksek ve kaliteli protein içermesi dışında, çok sık tüketildiğinde kalp ve damar rahatsızlıkları, kanser gibi hastalıkların oluşmasına neden olan kolesterol ve doymuş yağ asidi gibi bileşenleri yüksek oranda içermektedir. Bu durum, iyi beslenme bilincinin

## Bitkisel Protein Kaynakları

yaygınlaşmasına ve böylece bitkisel proteinlere olan yönelimin artmasına neden olmuştur. Ayrıca vegan ve vejetaryen gibi özel tüketici gruplarının tercih ettiği bitkisel proteinlerin, daha ucuz olması ve geniş kaynak çeşitliliğine sahip olması, bitkisel proteinlerin gıda uygulamalarında kullanılabilmesi için alternatif bir protein kaynağı olmasını sağlamıştır (Asgar ve ark., 2010).

Bitkisel proteinler genel olarak depo proteinleri olarak adlandırılmaktadır. Depo proteinleri bitki fizyolojisi ve metabolizmasına etki etmekte ve ayrıca bitkisel protein kaynakların besleyici değerlerini ve fonksiyonel özelliklerini de belirlemektedir (Saldamlı ve Temiz, 2017). Bununla birlikte bitkisel proteinler gıda uygulamalarında kullanılmak üzere protein izolatu (protein içeriği %90 ve üzeri) veya konsantresi (protein içeriği %48–70) olarak üretilmektedir (Sari ve ark., 2015a; Moure ve ark., 2006). Bu bitkisel protein kaynaklarından ticari olarak üretilenler genellikle yağlı tohumlar, tahıllar ve bakliyatlardır (Asgar ve ark., 2010). Bunlar dışında yeşil yapraklı sebzelerin de yüksek oranda protein içermesi ve besleyici değerlerinin yüksek olması önemli bir bitkisel protein kaynağı olmasını sağlamıştır. Ancak ticari olarak üretilip gıda formülasyonlarında kullanılabilmesi için araştırmaların yaygınlaştırılması gerekmektedir (Shen ve ark., 2008).

Buna ek olarak et, süt ve yumurta gibi protein kaynaklarının üretimi için gerekli hayvan üretiminin çevreye olan birçok olumsuz etkisi vardır. Yapılan çalışmalar hayvan sayısının artması iklim değişikliğini önemli miktarda etkileyen sera gazı salınımının artışına neden olduğunu göstermektedir. Ayrıca, bu tür hayvansal proteinlerin üretimi sırasında harcanan enerji ve su miktarı bitkisel protein üretimi için harcanan enerji ve su miktarından oldukça fazladır (González ve ark., 2011; Asgar ve ark., 2010).

Bitkisel proteinlerin yukarıda bahsedilen avantajları olmasına rağmen günümüzde gıda formülasyonlarında kullanımı kısıtlıdır. Bu durumun nedenleri; bitkisel protein kaynaklarının besleyici olmayan bileşenler içermesi (tanenler, fitik asitler, tripsin inhibitörleri, oligosakkaritler vb.), hayvansal proteinlere göre daha zayıf amino asit çeşitliliği göstermesi, sindirilebilirliğinin ve fonksiyonel özelliklerinin yeterince iyi olmamasıdır (Moure ve ark., 2006; Day, 2013). Fakat bu durum, yapılan bilimsel araştırmalar ışığında farklı bitkisel protein kaynaklarının ürünlerde aynı anda kullanılması, uygun ön işlemler, doğru ekstraksiyon yöntemi ve koşullarının belirlenmesi ile iyileştirilebilmektedir (Day 2013). Dolayısıyla bitkisel proteinlerin ticari olarak üretilip gıda formülasyonlarında kullanılabilmesi için araştırmaların yaygınlaştırılması gerekmektedir (Shen ve ark., 2008).

Bu derlemede bitkisel protein kaynakların protein içeriği, amino asit kompozisyonları, fonksiyonel özellikleri ve gıda formülasyonlarında kullanımı hakkında bilgiler verilmiştir.

## Bitkisel Protein Kaynakları

### Yağlı Tohumlar

Son yıllarda proteine olan ihtiyacın artmasıyla yüksek miktarda protein içeren yağlı tohumların üretilmesi daha çok önem kazanmıştır (OECD/FAO, 2016). Bununla birlikte 2017/2018 yılında üretimi 578.554 milyon tonu bulan yağlı tohumlardan en çok üretilenlerden soya fasulyesi, kolza tohumu, pamuk tohumu, ayçiçeği çekirdeği ve yer fıstığı yüksek miktarda protein içeren yağlı tohumlardır (Anon., 2018a). Çizelge 1’de bazı yağlı tohumların ve onların küspelerinin protein oranları verilmektedir.

## Bitkisel Protein Kaynakları

Çizelge 1. Bazı yağlı tohumların protein içerikleri

Hammadde	Protein içeriği (%)	Kaynak
Soya fasulyesi	40	Preece ve ark.,2017
Soya küspesi	50	Preece ve ark., 2017
Kolza/Kanola	17–36	Manamperi ve ark., 2007; Ivanova ve ark., 2016
Kolza/Kanola küspesi (yağsız)	36–40	Karaca ve ark., 2011; Wanasundara ve ark., 2016; Ivanova ve ark., 2016
Keten tohumu	18–25	Hall ve ark., 2006; Mueller ve ark.,2010
Keten tohumu küspesi (yağsız)	25–41	Tirgar ve ark., 2017; Mueller ve ark., 2010; Karaca ve ark., 2011
Pamuk tohumu küspesi (yağsız)	55–60	Ma ve ark., 2018
Yer fıstığı unu (yağsız)	47–55	Gong ve ark., 2016
Çiya tohumu	19–23	Sandoval—Oliveros ve Paredes—López., 2012
Susam	23–25	Hassan ve ark., 2018
Susam küspesi (yağsız)	50	Achouri ve ark., 2012
Ayçiçek küspesi	40	González—Pérez ve Vereijken, 2007

Yağlı tohumlardan protein eldesinde en önemli zorluk tohumların oligosakkaritler, tripsin inhibitörleri, fitik asit ve tanenler gibi besleyici olmayan bileşenler içermesidir. Bu bileşenler protein çözünürlüğüne de etki etmekte ve protein ekstraksiyonunu zorlaştırmaktadırlar. Bu nedenle bu tohumların gıda formülasyonlarında kullanılabilmesi için ön işlemlerden geçirilmeleri gerekmektedir. Özellikle yağ uzaklaştırma işlemi yüksek verimde protein eldesi için önemlidir ve bunun için genellikle çözgen ekstraksiyon yöntemi kullanılmaktadır (Moure ve ark., 2006). Yağ ekstraksiyonu için çözgen olarak hekzan ve alkol gibi organik çözücüler yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat bu çözücülerin kullanıldığı geleneksel yöntemde, uçucu gazların emisyonuna ve dolayısıyla hava kirliliğine neden olduğundan dolayı yeni alternatif yeşil teknoloji olarak adlandırılan yöntemler araştırılmaktadır. Sulu ekstraksiyon yöntemi enzim kullanılarak ya da kullanılmayarak, hücre duvarındaki polisakkaritlerin hidrolize olmasını sağlayarak hem yağın ekstraksiyonunu artırmakta hem de proteinin besleyici ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmektedir (Rosenthal ve ark., 1996).

Yağlı tohumlar yüksek yağ içeriğinden dolayı daha çok yağ endüstrisinde kullanılmaktadır. Tohumlardan yağ ekstraksiyonu gerçekleştirildikten sonra geriye kalan küspe ise

yüksek miktarda protein içermekte olup çoğunlukla protein izolatu ya da konsantresi üretiminde kullanılmaktadır (Kumar ve ark., 2000). Genellikle yağlı tohumlardan protein ekstraksiyonu yıkama, kurutma, kabuklarından ayırma, yağ ve istenmeyen bileşenleri çözgen yardımıyla uzaklaştırma ve daha sonra kurutup parçalanarak un haline getirilmesi şeklinde gerçekleştirilir. Yağlı tohumlardan protein izolatu genellikle alkali ekstraksiyon yöntemi (pH 9–11) ile ekstrakte edildikten sonra proteinlerin izoelektrik noktasında çöktürülmesi ardından santrifüj ile ayrılmasıyla elde edilir (Preece ve ark., 2017; Kumar ve ark., 2000, Moure ve ark., 2006; Ghodsvali ve ark., 2005). Amfoterik karaktere sahip olan proteinlerin, pozitif ve negatif yüklerinin eşit olduğu izoelektrik noktasında (pH: 4–5) çözünürlükleri düşüktür ve çökme eğilimindedirler (Saldamlı ve Temiz, 2017). Bundan dolayı asidik koşullarda (pH: 4–5) gerçekleştirilen protein ekstraksiyonu verimli olmamaktadır. Buna karşılık alkali koşulların (pH: 9–11) ise hem hücre duvarını parçalayarak hem de protein çözünürlüğüne etki ederek protein ekstraksiyonunu arttırdığı çalışmalarda belirtilmiştir. Sari ve arkadaşları (2013) pH değerinin protein ekstraksiyonuna etkisi ile ilgili yaptığı bir çalışmada kolza tohumu ve soya fasulyesi küspesi ile çalışılmış ve asidik koşullarda gerçekleştirilen

## Bitkisel Protein Kaynakları

ekstraksiyon ile kolza tohumunda bulunan proteinin sadece %15' i, soya fasulyesi küspesinde bulunan proteinin ise %17'si ekstrakte edilebilmiştir. Alkali ekstraksiyon (pH: 9–11) gerçekleştirildiğinde ise protein veriminin kolza tohumunda %30 soya fasulyesi küspesinde %80 'e kadar arttığı tespit edilmiştir.

### Soya Fasulyesi Tohumu

Bitkisel proteinler içerisinde ticari olarak en çok üretim ve tüketime sahip olan soya proteinleridir. Bunun başlıca sebepleri ise soya fasulyesi tohumunun %40 gibi yüksek bir oranda protein içeriğine sahip olması, ekonomik ve ulaşılabilir olması, emülsiyon ve doku oluşturma gibi fonksiyonel özelliklerinin yüksek olmasıdır (Endres, 2001; Nilüfer ve Boyacıoğlu, 2006). Soya fasulyesinin yağ ekstraksiyonundan geriye kalan küspesi daha çok havyan yemi endüstrisinde kullanılmaktadır. Bir kısmı ise soya unu, soya sütü, tofu, soya protein konsantresi ve izolatu elde etmek üzere işlenmektedir (Day, 2013). Soya proteini glisinin (11S) ve  $\beta$ - konglisinin (7S) olmak üzere iki ana depo proteinleri içermektedir. Bu proteinler buldukları gıdaların viskozitesini, fiziksel özelliklerini ve fonksiyonel özelliklerini etkilemektedirler (Murphy, 2008). Soya protein izolatları özellikle bebek mamalarında, et ve süt ürünlerinde fonksiyonel bileşen olarak kullanılmaktadırlar (Endres, 2001). Soya proteinin yukarıda değindiğimiz olumlu özellikleri dışında birçok olumsuz özelliği de bulunmaktadır. Soya ve ürünlerinde başta gluten olmak üzere 15 adet majör alerjen protein olması bu olumsuz özelliklerden biridir (Ogawa ve ark., 2000). Ayrıca soya proteinlerin içeriğindeki fitat sebebiyle demir absorpsiyonunu engellemesi soya ve ürünlerin kullanımını kısıtlamış, başka protein kaynakların arayışına neden olmuştur (Hurrell ve ark., 1992).

### Kolza/ Kanola Tohumu

Kolza/ kanola tohumu, soya tohumundan sonra dünyada en çok üretilen ikinci yağlı tohumdur. (Anon., 2018a). Kanola tohumu, kolza tohumun içeriğinde bulunan ve canlılar için zararlı olan erüsik asit ve glukosinolat bileşenlerin oranlarının azaltılmasıyla ıslah edilmiş halidir. İki tohum da yüksek oranlarda (%45–50) yağ

içermesinden dolayı daha çok yağ endüstrisinde kullanılmaktadırlar. Yağ ekstraksiyonundan sonra geriye kalan kolza/kanola küspesi ise %30-40 protein içermektedir ve daha çok hayvansal yem endüstrisinde kullanılmaktadır (Schmidt ve ark., 2004). Protein konsantrelerinin ya da izolatların çözünürlük, yağ, su tutma, emülsiyon ve jel oluşturma gibi fonksiyonel özellikleri proteinlerin gıda formülasyonlarında kullanılabilirliği hakkında bilgi vermektedir (Yoshie—Stark ve ark., 2008). Kolza/kanola küspelerin fonksiyonel özellikleri de birçok bilimsel araştırmaların konusu olmuş, gıda formülasyonlarında uygunluğu incelenmiştir. Khattab ve Arntfield (2009)'ın yaptığı bir çalışmada, kanola küspesinin emülsiyon, jel oluşturma ve köpürme özelliklerinin soya ve keten tohumu küspelerinde daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada ise, sosis yapımında kazein yerine kolza protein konsantresi eklenmiş ve kolza protein konsantresinin, sosisin lezzetini, dokusunu ve aromasını geliştirdiği duyusal analizlerle ortaya koyulmuştur (Yoshie—Stark ve ark., 2008). Kanola proteinleri dört ana gruba ayrılmaktadırlar. Bunlar; albüminler (suda çözünür), globülinler (tuzlu çözeltilerde çözünür), prolaminler (etanolde çözünür) ve glutelinlerdir (su, tuz ve etanolde çözünür olmayan) (Aider ve Barbana, 2011). Toplam proteinin %60'ını oluşturan cruciferin (12S globülin) ve napin (2S albümin) ise kanola tohumunda bulunan iki ana depo proteindir. Napin, düşük molekül ağırlığına sahip yüksek köpürme özelliği gösterirken, yüksek molekül ağırlığında cruciferin ise doğal formunda iyi bir jelleştiricidir (Schmidt ve ark., 2004; Ghodsvali ve ark., 2005). Kanolada bulunan bir diğer ana protein oleosin ise toplam proteinin %2-8'ini içeren yağ zincirleriyle ilişkili yapısal bir proteindir (Ghodsvali ve ark., 2005). Kolza/kanola tohumunda büyük oranda tanenler ve fitik asitler gibi fenolik bileşikler bulunmaktadır. Bu bileşenler kolza/kanola tohumunun fizikokimyasal özelliklerini, sindirilebilirliğini ve fonksiyonel özelliklerini olumsuz etkileyerek gıda formülasyonlarında kullanımını kısıtlamaktadır (Wu ve Muir, 2008; Von Der Haar ve ark., 2014; Rodrigues ve ark., 2012). Bununla birlikte kolza tohumu protein

## Bitkisel Protein Kaynakları

konsantresi ve izolatının ticari olarak kullanılabilmesi ve tüketilebilmesi için bu bileşenlerin azaltılması veya uzaklaştırılması önem arz etmektedir (Tan ve ark., 2011).

Soya fasulyesi ve kolza tohumu dışında birçok yağlı tohum yüksek miktarda ve yüksek kalitede protein içermektedir. Bunlardan keten tohumu, ayçiçek ve hindistan cevizi gibi tohumlar iyi birer protein kaynağı olsalar bile bu proteinlerin düşük fonksiyonel özellik göstermesinden dolayı gıda formülasyonlarında kullanımı sınırlıdır (Malik ve Saini, 2017; Kaushik ve ark., 2016). Buna rağmen insan beslenmesinde önemli bir yeri olan yağlı tohumlar önemli bir bitkisel protein kaynağıdır ve ticari üretimi artırılmalı, gıda uygulamalarında kullanımı ile ilgili araştırmalar yaygınlaştırılmalıdır.

### Tahıllar

Tahıllar, yağlı tohumlar ile karşılaştırıldığında kuru madde üzerinden %10–12 oranında daha az protein içerirler (Çizelge 2). Fakat, üretimleri 2018 yılında 2586.2 milyon tonu bulan tahıllar insan beslenmesi için 200 ton protein ihtiyacını karşılayabilmektedir (Anon., 2018b). Bununla birlikte yüksek besleyici değerleri olan tahıl proteinleri aynı zamanda gıda endüstrisinde büyük öneme sahiptir. Özellikle buğdayda bulunan gluten, insanlar tarafından sıklıkla tüketilen bir gıda olan ekmeğin yapımında etkili olan önemli bir tahıl proteindir (Shewry ve Halford, 2002).

Çizelge 2. Bazı tahılların protein içerikleri

Ham madde	Protein içeriği %	Kaynak
Buğday unu	10–15	Gammoh ve ark., 2018
Buğday	9–14	Olgun ve ark., 2013
Pirinç kepeği	9–15	Wang ve ark., 2017a; Kaewka ve ark., 2009
Yulaf	12–25	Ercili—Cura ve ark., 2015; Mohamed ve ark., 2009

Tahıllar, yüksek oranda nişasta içerdiklerinden dolayı ticari olarak daha çok nişasta üretiminde hammadde olarak kullanılmaktadır. Fakat, yüksek kalitede amino asitleri içeren tahıl proteinlerin fonksiyonel özelliklerinin de yüksek olmasından dolayı bu proteinlerin gıda

formülasyonlarında kullanılabilmesi için araştırmalar yapılmaktadır. Tahıl proteinleri kükürt içeren amino asitler açısından çok zengindir ve bu amino asitler disülfid çapraz bağlarının oluşumuna neden olmakta, bu durum da proteinlerin suda çözünürlüğünü azaltmaktadır (Sari ve ark., 2015a; Saldamlı ve Temiz, 2017). Ancak alkali ile muamele edilerek bu bağlar kırılabilen ve proteinin suda çözünürlüğü artırılabilir (Hamada J. S., 1997). Ayrıca alkali, önemli bir tahıl amino asidi olan glutamini deamidasyona uğratarak negatif yüklü amino asit sayısını arttırmakta ve böylece proteinin suda çözünürlüğünün artmasını sağlamaktadır (Sari ve ark., 2015b).

### Pirinç Kepeği

Proteinlerin büyük bir kısmı tahılların çekirdek bölümünde bulunmaktadır. Fakat, tahılların kabuk ve kepek gibi diğer bölümlerinden de protein elde etmek mümkündür (Sari ve ark., 2015a). Protein oranı %12–15 olan pirinç kepeği, pirincin işlenmesi sırasında elde edilen bir yan üründür. Her ne kadar ticari olarak üretilmese de pirinç kepeğinden elde edilen protein yüksek fonksiyonel özellik göstermektedir (Fabian ve Ju, 2011; Jiamyangyuen ve ark., 2005; Wang ve ark., 1999). Pirinç kepeği proteinleri albumin, globülin, glutelin ve prolamin olmak üzere dört grupta incelenmektedir (Phongthai ve ark., 2018). Pirinç kepeğinde bulunan bu protein fraksiyonları pirincin çeşidine ve ekstraksiyon koşullarına bağlı olarak farklı fonksiyonel özellik gösterebilmektedir (Zhao ve ark., 2012; Cao ve ark., 2009). Bünyesinde bulunan glutelinin, agredasyonu ve disülfür bağları üzerinden çapraz bağlanması nedeniyle, pirinç kepeği suda düşük çözünürlük göstermektedir. Fakat yüksek asidik ve bazik koşullar, glutelinin agregatlarının ayrışmasını sağlamak ve böylece çözünürlüğünü arttırmaktadır (Amagliani ve ark., 2017). Bununla birlikte pirinç kepeği proteini yüksek kalitede ve hypoalerjenik olmasından dolayı bebek mamalarında da sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca, bu proteinlerin biyoaktif özellikleri birçok çalışmada incelenmiş ve proteinin özel peptit fraksiyonları ve hidrolizatlarının antioksidatif, antiobezite, antihipertansif gibi

yüksek biyolojik ve fonksiyonel özellikler gösterdiği çalışmalarda belirtilmiştir (Wang ve ark., 2017b; Phongthai ve ark., 2018; Cheetangdee ve Benjakul 2015; Fang ve ark., 2017; Yan ve ark., 2015).

### Buğday

Önemli bir tahıl olan buğday, dünyada hem insan tüketimi için hem de hayvan yemi için en çok kullanılan tahıldır (Caporaso ve ark., 2018). Özellikle vitamin ve mineraller gibi besleyici bileşenler bakımından zengin olan buğday ayrıca iyi bir protein kaynağıdır. Buğdayın protein içeriği türüne göre farklılık göstermekle birlikte %9–14 arasında değişmektedir (Olgun ve ark., 2013). Buğday proteinleri gluten, gliadin, albümin/globülin olmak üzere üç grupta incelenmektedir (Guo ve ark., 2018). Bunlardan gluten, toplam buğday proteininin %80–85'ini oluşturmakla birlikte ekmek, makarna ve erişte gibi birçok ürünün işlenmesi için gerekli olan hamurun yapışkan ve viskoelastik gibi özelliklerini vermektedir (Wang ve ark., 2017a; Guo ve ark., 2018; Geisslitz ve ark., 2018; Gammoh ve ark., 2018). Fakat çölyak hastalığı, gluten alerjisi ve çölyak olmayan gluten duyarlılığı gibi glutenle ilişkili hastalıkların son zamanlarda sık görülmesi ile birlikte glutenin alerjenik etkisini azaltmaya yönelik çalışmalara daha çok önem verilmekte ve çalışmalar bu yönde gelişmektedir (Elli ve ark., 2015; Gammoh ve ark., 2018).

### Yulaf

İçeriğinde bulunan diyet lifi, lipitler, vitaminler ve antioksidanlar sebebiyle diğer birçok tahıldan daha çok besleyici olan yulaf, gluten içermemesiyle çölyak hastaları için de uygun bir protein kaynağıdır (Mäkinen ve ark., 2016; Ercili—Cura ve ark., 2015). Özellikle bünyesinde bulunan  $\beta$ -glukanın kolesterol düşürücü etkisinin olması, tip 2 diyabet ve kalp rahatsızlıkları gibi kronik hastalıkların riskini azaltması yulafın insan beslenmesindeki önemini arttırmaktadır (Mäkinen ve ark., 2016; Wu ve ark., 2015). Bunun yanı sıra %15–20 protein oranıyla tüm tahıllar arasında en yüksek protein içeriğine sahip olan yulaf ayrıca besleyici olmayan bileşenler içermemesiyle de son zamanlarda çokça tüketilen bir protein

kaynağı olmuştur (Zhao ve ark., 2017). Yulaf proteinleri albümin, glutenin, prolamin ve globülin olmak üzere dört fraksiyondan oluşmaktadır (Ma ve Harwalkar, 1984). Bu protein fraksiyonlarının büyük bir kısmını içeren globülin (%80), yulaf proteinlerinin düşük çözünürlük göstermesine neden olmakta ve bu durum yulaf proteinin gıda formülasyonlarında kullanımını kısıtlamaktadır (Mäkinen ve ark., 2016; Ma ve Harwalkar, 1984). Yulaf proteinin fonksiyonel özelliklerini geliştirmek ve gıda formülasyonlarında kullanımını yaygınlaştırmak için birçok çalışma yapılmaktadır. Guan ve arkadaşları (2007) yulaf protein konsantrilerini tripsin enzimi kullanarak elde etmiş, çalışma sonunda ise yulaf proteinin su tutma kapasitesinin, emülsiyon aktivitesinin ve köpürme özelliklerinin arttığı gözlemlenmiştir. Başka bir çalışmada ise yulaf proteinlerinin deamidasyonu sağlanarak negatif yüklü aminoasit sayısı artırılmış, proteinlerin çözünürlüğü, emülsiyon aktivitesi ve bağlayıcı özellikleri büyük ölçüde geliştirilebilmiştir (Jiang ve ark., 2015). Yulaf protein konsantrileri ve izolatların uygulanma alanı daha çok unlu mamullerdir (Mäkinen ve ark., 2016). Özellikle yulaf proteinin glutensiz ekmek üretiminde kullanımı her ne kadar zorlayıcı olsa da fiziksel, kimyasal ve enzimatik modifikasyonlarla bu mümkün olabilmektedir (Flander ve ark., 2011; Hager ve ark., 2014; Renzetti ve ark., 2010). Ticari olarak yeni üretilmeye başlanan yulaf proteini besleyici bileşenleriyle kaliteli bir bitkisel protein olmakla birlikte fonksiyonel özellikleri bilimsel çalışmalarla geliştirilmeli ve yulaf protein uygulamaları daha da yaygınlaştırılmalıdır (Mäkinen ve ark., 2016).

### Bakliyatlar

Alternatif bitkisel protein kaynağı olan bakliyatlar (bezelye, nohut, bakla, mercimek vb.) ise %20–30 protein oranıyla tahıllardan daha zengin protein içeriğine sahiptirler (Çizelge 3). Fakat, dünya genelinde tahılların üretimi bakliyatlardan daha fazla olduğundan dolayı, tahıllardan bakliyatlara göre daha çok protein sağlanmaktadır (Shewry ve Halford, 2002).

Çizelge 3. Bazı bakliyat çeşitlerinin protein içerikleri

## Bitkisel Protein Kaynakları

Hammadde	Protein içeriği (%)	Kaynak
Bezelye	23–31	Lam ve ark., 2018
Mercimek	21–31	Urbano ve ark., 2007
Mercimek unu	23	Ko ve ark., 2017
Nohut	20	Rincón ve ark., 1998
Acı bakla	35–40	D'Agostina ve ark., 2006

Bununla birlikte bakliyat proteinleri yüksek miktarda lizin, lösin, aspartik asit, glutamik asit ve arjinin içermesiyle dengeli bir amino asit profili sergilemektedir (Miñarro ve ark., 2012). Ayrıca kilo kontrolünü sağlama, kalp rahatsızlıkları ve kanser riskini azaltma gibi insan sağlığına yararlı etkileri olan bakliyatlar önemli birer besin kaynağıdır (Becerra—Tomás ve ark., 2018; Rebello ve ark., 2014; Duranti, 2006).

Bakliyat grubu içinde bulunan proteinlerin büyük bir çoğunluğu albümin, globülin ve glutelin olmak üzere çekirdek kısmında bulunan depo proteinleridir. Visilin ve legumin, bakliyalarda bulunan iki baskın globülin olmakla birlikte her ikisi de farklı aminoasit profiline, boyutuna ve yapıya sahip olduğundan benzersiz fonksiyonel özellik göstermektedirler (Roy ve ark., 2010). Beslenme açısından bakliyat depo proteinleri metiyonin, sistein, triptofan gibi kükürt içeren amino asitleri düşük oranda içermektedir. Buna karşılık lizin içeriği ise tahıl ürünlerine kıyasla oldukça yüksektir. Bu nedenle, bakliyatların ve tahılların birlikte tüketilmesi doğru beslenme için gerekli olan tüm zorunlu amino asitlerin birlikte alınmasını sağlamaktadır (Duranti, 2006).

### Bezelye

Bakliyalarda ticari olarak en çok kullanılan bitkisel protein bezelye proteinidir. Yetiştirilebilir alanın geniş olması ve kabuğunun kolayca ayrılabilmesi bu durumun nedenlerindedir (Day, 2013). Bezelye, protein ve karbonhidrat bakımından zengin olmakla birlikte nispeten yüksek konsantrasyonda çözünür olmayan diyet lifi ve düşük oranda yağ içermektedir. Bezelyede bulunan toplam

proteinlerin %65–80' ini oluşturan legumin (11S globülin) ve visilin (7S globülin) bezelyede bulunan iki ana depo proteinleridir ve yüksek emülsifiye edici özellik göstermektedirler (Liang ve Tang, 2013). Bezelye proteinleri, gösterdiği yüksek fonksiyonel özelliklerinden dolayı tahıl ürünleri, unlu mamuller, bebek mamaları, makarna, et ve deniz ürünleri olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır (Sandberg, 2011). Morales—Polanco ve arkadaşları (2017) yaptığı bir çalışmada yulaf ve bezelye protein izolatu içeren krakerler üretilmiş ve üretilen krakerlerin ticari olarak üretilen krakerlere kıyasla, daha yüksek oranda besleyici içeriğe sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca yapılan analizler sonucunda üretilen krakerlerin dokusal özelliklerin, ticari olarak üretilen krakerlerden daha iyi olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak sahip olduğu amino asit kompozisyonu ve kabul edilebilir fonksiyonel özellikleri nedeniyle bezelye, gıda ürünlerinin zenginleştirilmesi için kullanılabilen bir alternatif bitkisel protein kaynağıdır (Tömösközi ve ark., 2001).

### Nohut

Bir başka önemli bakliyat olan nohut, ticari olarak dünya çapında kabulü ve desisi olmak üzere iki çeşitte üretilmektedir. Desi nohut küçük, koyu renkte ve düzensiz şekilde tohum kabuğuna sahipken, kabulü nohut, desisi nohutundan daha büyük ve açık renktedir. Her iki çeşidi de yüksek oranda protein, düşük oranda yağ ve sodyum içermektedir. Bununla birlikte bünyesinde diyet lifi ve kompleks karbonhidrat bulunan nohut, aynı zamanda yüksek oranda vitamin ve mineral (kalsiyum, fosfor, demir, magnezyum) içermektedir (Roy ve ark., 2010). Ayrıca nohut proteininin bünyesinde bulunan biyoaktif peptitlerin yüksek antioksidan ve anjiyotensin dönüştürücü enzim (ADE) aktivitesine sahip olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Xue ve ark., 2015; Otağ ve Hayta, 2016). Nohutun yüksek besleyici değeri ile birlikte üstün emülsifiye edici ve yağ bağlama gibi fonksiyonel özelliklerin olması sebebiyle, nohutun gıda ürünlerinde fonksiyonel bileşen olarak kullanımı ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır (Shaabani ve ark., 2018; Alu'datt ve ark., 2017; Padalino ve ark., 2015). Özellikle nohut proteinlerin emülsifiye edici özelliği,

nohutun glutensiz ürünlerin formülasyonlarında kullanılmasına olanak sağlamıştır. Aguilar ve arkadaşlarının (2015) yaptığı bir çalışmada nohut unuyla hazırlanmış ekmeğin emülgatör ile hazırlanmış ekmeğe kıyasla daha yüksek spesifik hacme sahip olduğu ve pişirme özelliklerin korunduğu belirtilmiştir. Bir başka çalışmada ise Mergez sosisi, nohut protein konsantresinin sosis formülasyonunda kullanılmasıyla hazırlanmış ve yapılan duyu analizler sonucunda sosis lezzetinde bir değişiklik görünmese bile doku özelliklerinin kontrol örneğe göre geliştiği gözlemlenmiştir (Ghribi ve ark., 2018).

### Mercimek

Mercimek yüksek protein ve zengin besleyici içeriği ile insan beslenmesi için önemli başka bir bakliyatır. Fenolik ve flavonoid madde içeriği bakımından oldukça zengin olan mercimeğin aynı zamanda kolesterol düşürücü, kolon kanseri ve tip 2 diyabet riski azaltma gibi insan sağlığına yararlı etkileri de bulunmaktadır (Jarpa-Parra, 2018; Roy ve ark., 2010). Ayrıca yapılan çalışmalarda mercimek proteininde bulunan peptitlerin yüksek antioksidan ve anjiyotensin dönüştürücü enzim (ADE) aktivitesine sahip olduğu bildirilmiştir (García-Mora ve ark., 2017). Buna ek olarak mercimek proteini yüksek sindirilebilirlik (~83%) özelliği ile dengeli bir amino asit profili sergilemektedir (Boye ve ark., 2010). Diğer bakliyat proteinlerinde olduğu gibi yüksek emülsifiye edici özellik gösteren mercimek proteini daha çok unlu mamullerin yapımında kullanılması ile ilgili çalışmaların konusu olmuştur. Eckert ve arkadaşlarının (2018) yaptığı bir çalışmada, mercimek unu ile zenginleştirilmiş tatlı çörek (donut) üretilmiş ve mercimek unu içeren çöreklerin daha iyi sertlik, çiğnenebilirlik ve sakızsızlık özelliklerini gösterdiği duyu analizler ile ortaya konulmuştur. Başka bir çalışmada ise mercimek unu ile zenginleştirilmiş buğday ekmeği üretilmiş, çalışma sonunda mercimek ununun buğday ekmeğini lizin, diyet lifi, fenolik madde içeriği açısından zenginleştirdiği, ayrıca antioksidan özelliklerini arttırdığı bildirilmiştir. Buna ek olarak, mercimek ununun ekmeğin hamurun karakteristik özelliklerini geliştirdiği

de çalışmada belirtilmiştir (Turfani ve ark., 2017).

### Acı Bakla

Bakliyatlar arasında insan beslenmesi için önemli bileşenler içeren bir diğer bitkisel protein kaynağı ise acı bakladır. Özellikle önemli miktarda fenolik madde, fitosteroller, tokoferoller ve skualenler gibi fitokimyasallar içermekte olan acı bakla aynı zamanda yüksek oranlarda protein ve diyet lifi içermektedir (Khan ve ark., 2015; Karamać ve ark., 2018). Acı bakla proteinleri albümin, globülin, prolamin ve glutelin olmak üzere dört grupta incelenmektedir. Toplam proteinin yaklaşık %87'sini oluşturan globülinler, aynı zamanda konglutin olarak da adlandırılmaktadır (Mandal ve Mandal, 2000; Mane ve ark., 2017). Özellikle  $\gamma$ -konglutin proteininin (toplam proteinin %5'i) insülini bağlayarak glukoz seviyesini kontrol edebilme özelliğinin olması acı baklanın diyabetik beslenmede önemini vurgulamaktadır (Magni ve ark., 2004). Bununla birlikte hem zengin amino asit içeriğinin olması hem de üstün su bağlama ve emülsiyon oluşturma gibi fonksiyonel özellikler göstermesi acı bakla proteininin gıda ürünlerinde fonksiyonel bileşen olarak kullanımına olanak sağlamıştır (Papalamprou ve ark., 2006; Peters ve ark., 2017; Alu'datt ve ark., 2017). Ayrıca yapılan in vitro ve in vivo çalışmalarıyla acı bakla unu ile zenginleştirilmiş gıda ürünlerin ya da acı bakla ürünlerinin diyabet, obezite, hipertansiyon ve bağırsak bozuklukları gibi hastalıkların riskini azalttığı görülmüştür (Arnoldi ve ark., 2015; Villarino ve ark., 2016). Fakat acı baklanın bünyesinde bulunan tripsin inhibitörleri ve insanlar için toksik olan kinolizidin alkaloidleri, acı baklanın tüketimi için büyük bir sorun oluşturmaktadır. Isı ile muamele işlemi acı baklada bulunan kinolizidin alkaloidlerin miktarını ve protein sindirilebilirliğini engelleyen tripsin inhibitörlerin aktivitesini azaltabilmekte ve böylece acı baklanın daha güvenli tüketimini sağlamaktadır (Mariotti, 2017; Karamać ve ark., 2018).

### Yeşil Bitkiler ve Yapraklar

Bazı yeşil bitkiler ve yapraklar hem bol miktarlarda bulunmaları hem de protein ve



## Bitkisel Protein Kaynakları

besleyici bileşenler açısından zengin olmalarından dolayı protein üretimi için kullanılacak alternatif bitkisel protein kaynaklarıdır. Ispanak, çim, yonca, pancar yaprağı ve çay yaprağı gibi yeşil bitkilerden protein eldesi ile ilgili çalışmalar bulunmakla birlikte bu proteinlerin ticari olarak gıda uygulamalarında kullanımı henüz mümkün değildir (Tenorio ve ark., 2016).

Yeşil bitki ve yaprak proteinleri çoğunlukla kloroplastta bulunmakla birlikte suda çözünür ve çözünmez protein olmak üzere iki fraksiyondan oluşmaktadır. Suda çözünmez proteinler yani membran proteinleri yeşil protein olarak da adlandırılmakta ve çözünür proteinlere göre amino asit içeriğinin zayıf olması ve istenmeyen bileşenler bulundurmasından dolayı genellikle ekstraksiyon aşamasında uzaklaştırılmaktadır (Lamsal ve ark., 2007). Fakat membran proteinleri toplam proteinlerin yarısını oluşturduğundan ekstraksiyon aşamasında uzaklaştırılması verimi büyük ölçüde olumsuz etkilemektedir (Tenorio ve ark., 2017a). Bundan dolayı yeşil bitki ve yaprak proteinlerin tamamının kullanılabilmesi için membran proteinlerin ekstraksiyon yöntemleri geliştirilmeli ve bu yönde araştırmalar yaygınlaştırılmalıdır (Tenorio ve ark., 2016). Yeşil bitkilerden gıda uygulamalarında kullanılmak üzere elde edilen yaprak protein konsantresi ise beyaz renkte ve aromasız olan suda çözünür protein fraksiyonudur ve büyük bir çoğunluğunu ribuloz-1,5-bisfosfat karboksilaz / oksijenaz (rubisco) oluşturmaktadır (Tenorio 2017b). Rubisco izolasyonu genellikle ısı ile çöktürme, izoelektrik çöktürme ve organik çözücülerle çöktürme olmak üzere farklı çöktürme yöntemlerin kombinasyonlarıyla sağlanmaktadır (De Jong ve Nieuwland 2011; Martin ve ark., 2014). Bununla birlikte fonksiyonel özellikleri ham madde ve saflık derecesine bağlı olmakla birlikte gıda uygulamalarında kullanımı kabul edilebilir ölçüdedir (De Jong ve Nieuwland, 2011; Lamsal ve ark., 2007). Fakat taze yaprakların diğer bitkisel protein kaynaklarından farklı olarak %85-95 gibi yüksek bir oranda nem içermesi, bu yaprakların büyük ölçekte protein üretimi için kullanımını kısıtlamaktadır. Taşıma sırasında enzimatik ve mikrobiyal bozunma riski fazla

olan bu yapraklar dondurma ya da kurutma işlemleriyle stabil hale getirilmelidir. Ancak, kurutma yüksek enerji gerektirdiğinden ekonomik değildir ve aynı zamanda yaprakların besleyici değerlerini azaltmaktadır. Ayrıca kurutma işlemi protein ekstraksiyonunu da zorlaştırdığından dolayı iyi bir tercih değildir (Bals ve ark., 2012; Tenorio ve ark., 2017c). Buna karşılık Tenorio ve arkadaşlarının (2017c) gıda uygulamalarında kullanılmak üzere şeker pancarı yapraklarından protein üretimi ile ilgili yaptığı bir çalışmada en uygun stabilizasyon yönteminin dondurma işlemi olduğu belirtilmiştir. Ayrıca amarant ve balkabağı yapraklarından protein eldesi ile ilgili yapılan bir çalışmada dondurma işleminin buz kristalleri oluşturduğunu böylece yaprak dokusunun bozularak protein ekstraksiyon verimini arttırdığı ortaya konulmuştur (Ghaly ve Alkoaik, 2010).

## Sonuç

Artan nüfus ile birlikte büyüme, gelişme, hücrelerin onarımı ve sağlıklı yaşam için gerekli olan protein kaynakları hızla tükenmekte ve yeni alternatif protein kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Hayvansal protein kaynaklarına göre düşük maliyetli, kolesterol ve doymuş yağ asidi gibi insan sağlığına zararlı bileşenler içermeyen, ayrıca vegan ve vejeteryan gibi özel tüketici grupların da tercih ettiği bitkisel protein kaynakları, kaliteli amino asit içeriği ile iyi bir alternatif protein kaynağıdır. Ayrıca doğru ekstraksiyon yöntem ve koşullarıyla bitkisel protein kaynaklarından elde edilen protein izolatu ya da konsantresi, yüksek fonksiyonel özellik de gösterebilmektedir. Dolayısıyla yağlı tohumlar, tahıllar, bakliyatlar, yeşil sebze ve yapraklar olmak üzere geniş kaynak çeşitliliğine sahip olan bitkisel protein kaynakların gıda uygulamalarında kullanımı artırılmalı ve çalışmalar bu yönde yaygınlaştırılmalıdır.

## Kaynaklar

- Achouri, A., Nail, V., Boye, J. I. (2012) Sesame protein isolate: Fractionation, secondary structure and functional properties. *Food research international*, 46: 360–369.
- Aguilar, N., Albanell, E., Miñarro, B., Capellas, M. (2015) Chickpea and tiger nut flours as alternatives to emulsifier and shortening

- in gluten-free bread. *LWT-Food science and Technology*, 62: 225–232.
- Aider, M., Barbana, C. (2011) Canola proteins: composition, extraction, functional properties, bioactivity, applications as a food ingredient and allergenicity—a practical and critical review. *Trends in food science & technology*, 22(1), 21-39.
- Aiking, H., 2011. Future protein supply. *Trends in Food Science & Technology*, 22: 112-120.
- Alu'datt, M. H., Rababah, T., Alhamad, M. N., Ereifej, K., Gammoh, S., Kubow, S., Tawalbeh, D. (2017) Preparation of mayonnaise from extracted plant protein isolates of chickpea, broad bean and lupin flour: chemical, physiochemical, nutritional and therapeutic properties. *Journal of food science and technology*, 54: 1395-1405.
- Amagliani, L., O'Regan, J., Kelly, A. L., O'Mahony, J. A. (2017). The composition, extraction, functionality and applications of rice proteins: A review. *Trends in food science & technology*, 64: 1-12.
- Anonim, (2018a) Oilseeds— World Markets and Trade, a USDA Publication. <http://www.sopa.org/world-oilseeds-production/> (Erişim tarihi: 20.09.2018).
- Anonim, (2018b) Cereal production prospects up; forecast for stocks raised. <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/> (Erişim tarihi: 25.09.2018).
- Arnoldi, A., Boschini, G., Zanoni, C. And Lammi, C. (2015) The health benefits of sweet lupin seed flours and isolated proteins. *Journal of Functional Foods*, 18: 550-563.
- Asgar, M. A., Fazilah, A., Huda, N., Bhat, R., Karim, A. A. (2010) Nonmeat protein alternatives as meat extenders and meat analogs. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9: 513-529.
- Bals, B. D., Dale, B. E. and Balan, V. (2012) Recovery of Leaf Protein for Animal Feed and High-Value Uses. Biorefinery Co-Products: Phytochemicals, Primary Metabolites and Value-Added Biomass Processing, 179-197.
- Becerra-Tomás, N., Díaz-López, A., Rosique-Esteban, N., Ros, E., Buil-Cosiales, P., Corella, D., Lamuela-Raventós, R. M. (2018) Legume consumption is inversely associated with type 2 diabetes incidence in adults: A prospective assessment from the PREDIMED study. *Clinical Nutrition*, 37: 906-913.
- Boye, J., Zare, F., Pletch, A. (2010) Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food research international*, 43: 414-431.
- Cao, X., Wen, H., Li, C., Gu, Z. (2009) Differences in functional properties and biochemical characteristics of congenetic rice proteins. *Journal of cereal science*, 50: 184-189.
- Caporaso, N., Whitworth, M. B., Fisk, I. D. (2018) Protein content prediction in single wheat kernels using hyperspectral imaging. *Food chemistry*, 240: 32-42.
- Cheetangdee, N., Benjakul, S. (2015) Antioxidant activities of rice bran protein hydrolysates in bulk oil and oil-in-water emulsion. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95: 1461-1468.
- D'Agostina, A., Antonioni, C., Resta, D., Arnoldi, A., Bez, J., Knauf, U. And Wäsche, A. (2006) Optimization of a pilot-scale process for producing lupin protein isolates with valuable technological properties and minimum thermal damage. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54: 92-98.
- Day, L. (2013) Proteins from land plants—potential resources for human nutrition and food security. *Trends in Food Science & Technology*, 32: 25-42.
- De Jong, A. and Nieuwland, M. (2011) Literature study on the properties of Rubisco. TNO, Netherlands, 34.
- Duranti, M. (2006) Grain legume proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia*, 77: 67-82.
- Eckert, E., Wismer, W., Waduthanthri, K., Babii, O., Yang, J., Chen, L. (2018) Application of Barley-and Lentil-Protein Concentrates in the Production of Protein-

- Enriched Doughnuts. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 95: 1027-1040.
- Elli, L., Branchi, F., Tomba, C., Villalta, D., Norsa, L., Ferretti, F., Bardella, M. T. (2015) Diagnosis of gluten related disorders: Celiac disease, wheat allergy and non-celiac gluten sensitivity. *World Journal of Gastroenterology: WJG*, 21: 7110.
- Endres, J. G. (2001) Soy protein products: characteristics, nutritional aspects, and utilization, 11-57, AOCS Publishing, Indiana, United States of America.
- Ercili—Cura, D., Miyamoto, A., Paananen, A., Yoshii, H., Poutanen, K., Partanen, R. (2015) Adsorption of oat proteins to air–water interface in relation to their colloidal state. *Food Hydrocolloids*, 44: 183-190.
- Fabian, C., Ju, Y. H., 2011. A review on rice bran protein: its properties and extraction methods. *Critical reviews in food science and nutrition*, 51: 816-827.
- Fang, Y., Chen, X., Luo, P., Pei, F., Kimatu, B. M., Liu, K., Hu, Q. (2017) The Correlation Between In Vitro Antioxidant Activity and Immunomodulatory Activity of Enzymatic Hydrolysates from Selenium-Enriched Rice Protein. *Journal of food science*, 82: 517-522.
- Flander, L., Holopainen, U., Kruus, K., Buchert, J. (2011) Effects of tyrosinase and laccase on oat proteins and quality parameters of gluten-free oat breads. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59: 8385-8390.
- Gammoh, S., Alu'datt, M. H., Alhamad, M. N., Rababah, T., Al-Mahasneh, M., Qasaimeh, A., Hussein, N. M. (2018) The effects of protein-phenolic interactions in wheat protein fractions on allergenicity, antioxidant activity and the inhibitory activity of angiotensin I-converting enzyme (ACE). *Food Bioscience*, 24: 50-55.
- García-Mora, P., Martín-Martínez, M., Bonache, M. A., González-Múniz, R., Peñas, E., Frias, J., Martínez-Villaluenga, C. (2017) Identification, functional gastrointestinal stability and molecular docking studies of lentil peptides with dual antioxidant and angiotensin I converting enzyme inhibitory activities. *Food chemistry*, 221: 464-472.
- Geisslitz, S., Wieser, H., Scherf, K. A., Koehler, P. (2018) Gluten protein composition and aggregation properties as predictors for bread volume of common wheat, spelt, durum wheat, emmer and einkorn. *Journal of Cereal Science*, 83: 204-212.
- Ghaly, A. E., Alkokaik, F. N., 2010. Extraction of protein from common plant leaves for use as human food. *American Journal of Applied Sciences*, 7: 331.
- Ghodsvali, A., Khodaparast, M. H., Vosoughi, M., Diosady, L. L. (2005) Preparation of canola protein materials using membrane technology and evaluation of meals functional properties. *Food Research International*, 38: 223-231.
- Ghribi, A. M., Amira, A. B., Gafsi, I. M., Lahiani, M., Bejar, M., Triki, M., Besbes, S. (2018) Toward the enhancement of sensory profile of sausage “Merguez” with chickpea protein concentrate. *Meat science*, 143: 74-80.
- Gong, K. J., Shi, A. M., Liu, H. Z., Liu, L., Hu, H., Adhikari, B., Wang, Q. (2016) Emulsifying properties and structure changes of spray and freeze-dried peanut protein isolate. *Journal of Food Engineering*, 170: 33-40.
- González, A. D., Frostell, B., Carlsson-Kanyama, A. (2011). Protein efficiency per unit energy and per unit greenhouse gas emissions: potential contribution of diet choices to climate change mitigation. *Food Policy*, 36: 562-570.
- González—Pérez, S., Vereijken, J. M. (2007) Sunflower proteins: overview of their physicochemical, structural and functional properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87: 2173-2191
- Guo, X., Sun, X., Zhang, Y., Wang, R., Yan, X., (2018) Interactions between soy protein hydrolyzates and wheat proteins in noodle

- making dough. *Food chemistry*, 245: 500-507.
- Guan, X., Yao, H., Chen, Z., Shan, L., Zhang, M. (2007) Some functional properties of oat bran protein concentrate modified by trypsin. *Food Chemistry*, 101: 163-170.
- Hager, A. S., Bosmans, G. M., Delcour, J. A. (2014) Physical and molecular changes during the storage of gluten-free rice and oat bread. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62: 5682-5689.
- Hall III, C., Tulbek, M.C., Xu, Y. (2006) Flaxseed. Taylor, S. (Ed.), 1-97, Academic Press, San Diego, CA, USA.
- Hamada, J. S. (1997) Characterization of protein fractions of rice bran to devise effective methods of protein solubilization. *Cereal Chemistry*, 74: 662-668.
- Hassan, A. B., Mahmoud, N. S., Elmamoun, K., Adiamo, O. Q., Ahmed, I. A. M. (2018) Effects of gamma irradiation on the protein characteristics and functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds. *Radiation Physics and Chemistry*, 144: 85-91.
- Hurrell, R. F., Juillerat, M. A., Reddy, M. B., Lynch, S. R., Dassenko, S. A., Cook, J. D. (1992) Soy protein, phytate, and iron absorption in humans. *The American journal of clinical nutrition*, 56: 573-578.
- Ivanova, P., Chalova, V., Uzunova, G., Koleva, L., Manolov, I. (2016) Biochemical characterization of industrially produced rapeseed meal as a protein source in food industry. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 10: 55-62.
- Jarpa-Parra, M., 2018. Lentil protein: a review of functional properties and food application. An overview of lentil protein functionality. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(4), 892-903.
- Jiamyangyuen, S., Srijesdaruk, V., Harper, W. J. (2005) Extraction of rice bran protein concentrate and its application in bread. *Songklanakarın Journal of Science and Technology*, 27: 55-64.
- Jiang, Z. Q., Sontag-Strohm, T., Salovaara, H., Sibakov, J., Kanerva, P., Loponen, J. (2015) Oat protein solubility and emulsion properties improved by enzymatic deamidation. *Journal of Cereal Science*, 64: 126-132.
- Kaewka, K., Therakulkait, C., Cadwallader, K. R. (2009) Effect of preparation conditions on composition and sensory aroma characteristics of acid hydrolyzed rice bran protein concentrate. *Journal of Cereal Science*, 50: 56-60.
- Karaca, A. C., Low, N., Nickerson, M. (2011) Emulsifying properties of canola and flaxseed protein isolates produced by isoelectric precipitation and salt extraction. *Food Research International*, 44: 2991-2998.
- Karamać, M., Orak, H. H., Amarowicz, R., Orak, A., Piekoszewski, W. (2018) Phenolic contents and antioxidant capacities of wild and cultivated white lupin (*Lupinus albus* L.) seeds. *Food chemistry*, 258: 1-7.
- Kaushik, P., Dowling, K., McKnight, S., Barrow, C. J., Wang, B., Adhikari, B. (2016) Preparation, characterization and functional properties of flax seed protein isolate. *Food chemistry*, 197: 212-220.
- Khan, M. K., Karnpanit, W., Nasar-Abbas, S. M., Huma, Z. E., Jayasena, V. (2015) Phytochemical composition and bioactivities of lupin: a review. *International journal of food science & technology*, 50: 2004-2012.
- Khattab, R. Y., and Arntfield, S. D. (2009). Functional properties of raw and processed canola meal. *LWT-Food Science and Technology*, 42: 1119-1124.
- Ko, T. L., Than, S. S., Oo, Z. Z. (2017) Isolation of Protein from Defatted Lentil Flour. *American Journal of Food Science and Technology*, 5: 238-244.
- Kumar, N.S.K., Nakajima, M., Nabetani, H. (2000) Processing of oilseeds to recover oil and protein using combined aqueous, enzymatic and membrane separation techniques. *Food science and technology research*, 6: 1-8.

- Lam, A. C. Y., Can Karaca, A., Tyler, R. T., Nickerson, M. T. (2018) Pea protein isolates: Structure, extraction, and functionality. *Food Reviews International*, 34: 126-147.
- Lamsal, B. P., Koegel, R. G., Gunasekaran, S. (2007) Some physicochemical and functional properties of alfalfa soluble leaf proteins. *LWT-Food Science and Technology*, 40: 1520-1526.
- Liang, H. N., Tang, C. H. (2013) pH-dependent emulsifying properties of pea [*Pisum sativum* (L.)] proteins. *Food Hydrocolloids*, 33: 309-319.
- Ma, C. Y., Harwalkar, V. R. (1984) Chemical characterization and functionality assessment of oat protein fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 32: 144-149.
- Ma, M., Ren, Y., Xie, W., Zhou, D., Tang, S., Kuang, M., Du, S. K. (2018) Physicochemical and functional properties of protein isolate obtained from cottonseed meal. *Food chemistry*, 240: 856-862.
- Magni, C., Sessa, F., Accardo, E., Vanoni, M., Morazzoni, P., Scarafoni, A., Duranti, M. (2004) Conglutin  $\gamma$ , a lupin seed protein, binds insulin in vitro and reduces plasma glucose levels of hyperglycemic rats. *The Journal of nutritional biochemistry*, 15: 646-650.
- Mäkinen, O. E., Sozer, N., Ercili—Cura, D., Poutanen, K. (2016) Sustainable Protein Sources, 105-119, Academic Press.
- Malik, M. A., Saini, C. S. (2017) Polyphenol removal from sunflower seed and kernel: Effect on functional and rheological properties of protein isolates. *Food Hydrocolloids*, 63: 705-715.
- Manamperi, W. A. R., Pryor, S. W. and Chang, S. K. (2007) Separation and evaluation of canola meal and protein for industrial bioproducts. In ASABE/CSBE North Central Intersectional Meeting (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Mandal, S., and Mandal, R. K. (2000). Seed storage proteins and approaches for improvement of their nutritional quality by genetic engineering. *Current Science*, 576-589.
- Mane, S. P., Johnson, S. K., Duranti, M., Pareek, V. K., Utikar, R. P. (2018) Lupin seed  $\gamma$ -conglutin: Extraction and purification methods-A review. *Trends in Food Science & Technology*, 73: 1-11.
- Martin, A. H., Nieuwland, M., de Jong, G. A. (2014) Characterization of heat-set gels from RuBisCO in comparison to those from other proteins. *Journal of agricultural and food chemistry*, 62: 10783-10791.
- Mariotti, F. (2017) In Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention, 621-642, Academic Press.
- Miñarro, B., Albanell, E., Aguilar, N., Guamis, B., Capellas, M. (2012) Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *Journal of Cereal Science*, 56: 476-481.
- Mohamed, A., Biresaw, G., Xu, J., Hojilla-Evangelista, M. P., Rayas-Duarte, P. (2009). Oats protein isolate: thermal, rheological, surface and functional properties. *Food research international*, 42: 107-114.
- Morales—Polanco, E., Campos-Vega, R., Gaytán-Martínez, M., Enriquez, L. G., Loarca-Piña, G. (2017) Functional and textural properties of a dehulled oat (*Avena sativa* L) and pea (*Pisum sativum*) protein isolate cracker. *LWT-Food Science and Technology*, 86: 418-423.
- Moure, A., Sineiro, J., Domínguez, H., Parajó, J. C. (2006) Functionality of oilseed protein products: a review. *Food research international*, 39: 945-963.
- Mueller, K., Eisner, P., Kirchoff, E. (2010) Simplified fractionation process for linseed meal by alkaline extraction—Functional properties of protein and fibre fractions. *Journal of food engineering*, 99: 49-54.
- Murphy, P. A. (2008) Soybeans- Chemistry, production, processing and utilization, 229–267, Urbana: AOCS Press.

- Nilüfer, D., Boyacıoğlu, D. (2006) Soya Esaslı Ürünlerde Protein Denatürasyonunun İki Farklı Yöntem ile İncelenmesi, Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu, Türkiye, 895–898.
- OECD/Food and Agriculture Organization of the United Nations, (2016) Oilseeds and Oilseed Products, in OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025, OECD Publishing, Paris.
- Olgun, M., Başçiftçi, Z. B., Ayter, N. G., Kutlu, İ., Akın, A., Karaduman, Y. (2013) Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Çeşitlerinde Protein Oranının Üç Farklı Analiz Yöntemine Göre Karşılaştırılması Üzerine Bir Araştırma. *SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4: 80-87.
- Ogawa, T., Samoto, M., Takahashi, K. (2000) Soybean allergens and hypoallergenic soybean products. *Journal of nutritional Science and Vitaminology*, 46: 271–279.
- Otağ, F. B., Hayta, M. (2016) Nohut Protein Hidrolizatların Anjiyotensin Dönüştürücü Enzim (ADE) İnhibitör Aktivitesi Üzerine Ultrason, Mikrodalga, Fermantasyon ve Pişirmenin Etkileri. *GIDA/The Journal of FOOD*, 41: 9–14.
- Padalino, L., Mastromatteo, M., Lecce, L., Spinelli, S., Conte, A., Alessandro Del Nobile, M. (2015) Optimization and characterization of gluten-free spaghetti enriched with chickpea flour. *International journal of food sciences and nutrition*, 66: 148-158.
- Papalamprou, E., Doxastakis, G., Kiosseoglou, V. (2006) Model salad dressing emulsion stability as affected by the type of the lupin seed protein isolate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 1932-1937.
- Peters, J. P., Vergeldt, F. J., Boom, R. M., van der Goot, A. J. (2017) Water-binding capacity of protein-rich particles and their pellets. *Food Hydrocolloids*, 65: 144-156.
- Phongthai, S., D'Amico, S., Schoenlechner, R., Homthawornchoo, W., Rawdkuen, S. (2018) Fractionation and antioxidant properties of rice bran protein hydrolysates stimulated by in vitro gastrointestinal digestion. *Food chemistry*, 240: 156-164.
- Preece, K. E., Hooshyar, N., Zuidam, N. J. (2017) Whole soybean protein extraction processes: A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 43: 163-172.
- Rebello, C. J., Greenway, F. L., Finley, J. W. (2014) A review of the nutritional value of legumes and their effects on obesity and its related co-morbidities. *Obesity Reviews*, 15: 392-407.
- Renzetti, S., Courtin, C. M., Delcour, J. A., Arendt, E. K. (2010) Oxidative and proteolytic enzyme preparations as promising improvers for oat bread formulations: rheological, biochemical and microstructural background. *Food Chemistry*, 119: 1465–1473.
- Rincón, F., Martínez, B., Ibáñez, M. V. (1998) Proximate composition and antinutritive substances in chickpea (*Cicer arietinum* L) as affected by the biotype factor. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 78: 382–388.
- Rodrigues, I. M., Coelho, J. F. J., Carvalho, G. V. S. (2012) Isolation and valorisation of vegetable proteins from oilseed plants: Methods, limitations and potential. *Journal of Food Engineering*, 109: 337–346.
- Rosenthal, A., Pyle, D. L., Niranjan, K. (1996) Aqueous and enzymatic processes for edible oil extraction. *Enzyme and Microbial Technology*, 19: 402-420.
- Roy, F., Boye, J. I., Simpson, B. K. (2010) Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. *Food Research International*, 43: 432-442.
- Saldamlı, İ., Temiz, A. (2017) Amino Asitler, Peptitler, Proteinler. Gıda Kimyası, Saldamlı, İ. (Baş ed.), 227-317 Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, Türkiye.
- Sandberg, A. S. (2011) Developing functional ingredients: a case study of pea protein. M. Saarela (Ed.), 358-382, Woodhead Publishing Ltd.

- Sandoval-Oliveros, M. R., Paredes-López, O. (2012) Isolation and characterization of proteins from chia seeds (*Salvia hispanica* L.). *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 61: 193-201.
- Sari, Y. W., Bruins, M. E., Sanders, J. P. (2013) Enzyme assisted protein extraction from rapeseed, soybean, and microalgae meals. *Industrial Crops and Products*, 43: 78-83.
- Sari, Y. W., Mulder, W. J., Sanders, J. P. and Bruins, M. E. (2015a) Towards plant protein refinery: review on protein extraction using alkali and potential enzymatic assistance. *Biotechnology Journal*, 10: 1138-1157.
- Sari, Y. W., Syafitri, U., Sanders, J. P. M., Bruins, M. E. (2015b) How biomass composition determines protein extractability. *Industrial Crops and Products*, 70: 125–133.
- Schmidt, I., Renard, D., Rondeau, D., Richomme, P., Popineau, Y., Axelos, M. A. V. (2004) Detailed physicochemical characterization of the 2S storage protein from rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 5995-6001.
- Shaabani, S., Yarmand, M. S., Kiani, H., Emam-Djomeh, Z. (2018) The effect of chickpea protein isolate in combination with transglutaminase and xanthan on the physical and rheological characteristics of gluten free muffins and batter based on millet flour. *LWT- Food Science and Technology*, 90: 362-372.
- Shen, L., Wang, X., Wang, Z., Wu, Y., Chen, J. (2008) Studies on tea protein extraction using alkaline and enzyme methods. *Food Chemistry*, 107: 929-938.
- Shewry, P. R. and Halford, N. G. (2002) Cereal seed storage proteins: structures, properties and role in grain utilization. *Journal of Experimental Botany*, 53: 947-958.
- Tan, S. H., Mailer, R. J., Blanchard, C. L., Agboola, S. O., (2011) Canola proteins for human consumption: extraction, profile, and functional properties. *Journal of Food Science*, 76: 16-28.
- Tenorio, A. T., Boom, R. M., van der Goot, A. J. (2017a) Understanding leaf membrane protein extraction to develop a food-grade process. *Food Chemistry*, 217: 234-243.
- Tenorio, A. T. (2017b) Sugar beet leaves for functional ingredients, Doktora tezi, Wageningen University, Wageningen, Netherlands, 199.
- Tenorio, A. T., Schreuders, F. K. G., Zisopoulos, F. K., Boom, R. M., Van der Goot, A. J. (2017c) Processing concepts for the use of green leaves as raw materials for the food industry. *Journal of cleaner production*, 164: 736-748.
- Tenorio, A. T., Gieteling, J., De Jong, G. A., Boom, R. M., Van Der Goot, A. J. (2016) Recovery of protein from green leaves: Overview of crucial steps for utilisation. *Food Chemistry*, 203: 402-408.
- Tirgar, M., Silcock, P., Carne, A., Birch, E. J. (2017) Effect of extraction method on functional properties of flaxseed protein concentrates. *Food Chemistry*, 215:417-424.
- Tömösközi, S., Lasztity, R., Haraszi, R., Baticz, O. (2001) Isolation and study of the functional properties of pea proteins. *Food/Nahrung*, 45: 399-401.
- Turfani, V., Narducci, V., Durazzo, A., Galli, V., Carcea, M. (2017) Technological, nutritional and functional properties of wheat bread enriched with lentil or carob flours. *LWT-Food Science and Technology*, 78: 361-366.
- Urbano G., Porres J. M., Frias J., Vidal-Valverde C. (2007) Lentil: An Ancient Crop for Modern Times. Nutritional value. Yadav S. S., McNeil, D. L., Stevenson P. C., (Eds.), 47–93, Springer, The Netherlands.
- Villarino, C. B. J., Jayasena, V., Coorey, R., Chakrabarti-Bell, S., Johnson, S. K. (2016) Nutritional, health, and technological functionality of lupin flour addition to bread and other baked products: Benefits and challenges. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56: 835-857.
- Von Der Haar, D., Müller, K., Bader-Mittermaier, S., Eisner, P. (2014)

- Rapeseed proteins – Production methods and possible application ranges. *OCL*, 21: 104.
- Wanasundara, J. P., McIntosh, T. C., Perera, S. P., Withana-Gamage, T. S., Mitra, P. (2016) Canola/rapeseed protein-functionality and nutrition. *OCL* 23: 407.
- Wang, M., Hettiarachchy, N. S., Qi, M., Burks, W., Siebenmorgen, T. (1999) Preparation and functional properties of rice bran protein isolate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 411–416.
- Wang, X., Appels, R., Zhang, X., Bekes, F., Torok, K., Tomoskozi, S. Islam, S. (2017a) Protein-transitions in and out of the dough matrix in wheat flour mixing. *Food Chemistry*, 217:542-551.
- Wang, X., Chen, H., Fu, X., Li, S. Wei, J. (2017b) A novel antioxidant and ACE inhibitory peptide from rice bran protein: Biochemical characterization and molecular docking study. *LWT-Food Science and Technology* 75:93-99.
- Wu, J., Muir, A. D. (2008) Comparative structural, emulsifying, and biological properties of 2 major canola proteins, cruciferin and napin. *Journal of Food Science* 73: 210-216.
- Wu, Y., Qian, Y., Pan, Y., Li, P., Yang, J., Ye, X., Xu, G. (2015) Association between dietary fiber intake and risk of coronary heart disease: A meta-analysis. *Clinical nutrition* 34: 603-611.
- Xue, Z., Wen, H., Zhai, L., Yu, Y., Li, Y., Yu, W., Kou, X. (2015) Antioxidant activity and anti-proliferative effect of a bioactive peptide from chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Food Research International*, 77: 75-81.
- Yan, Q. J., Huang, L. H., Sun, Q., Jiang, Z. Q., Wu, X. (2015) Isolation, identification and synthesis of four novel antioxidant peptides from rice residue protein hydrolyzed by multiple proteases. *Food Chemistry*, 179:290-295.
- Zhao, Q., Selomulya, C., Xiong, H., Chen, X. D., Ruan, X., Wang, S., Zhou, Q. (2012) Comparison of functional and structural properties of native and industrial process-modified proteins from long-grain indica rice. *Journal of Cereal Science* 56:568-575.
- Zhao, C. B., Zhang, H., Xu, X. Y., Cao, Y., Zheng, M. Z., Liu, J. S., Wu, F. (2017). Effect of acetylation and succinylation on physicochemical properties and structural characteristics of oat protein isolate. *Process Biochemistry*, 57: 117-123.
- Yoshie—Stark, Y., Wada, Y., Wäsche, A. (2008) Chemical composition, functional properties, and bioactivities of rapeseed protein isolates. *Food Chemistry* 107: 32-39.