

Yerfıstığı Alerjisi ve İlgili Proteinler

Deniz SEVİLMİŞ^{1*}, Y. Ahu AĞAN²

^{1,2}Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana, Türkiye.

¹<https://orcid.org/0000-0003-3030-3160>

²<https://orcid.org/0000-0003-1922-1228>

Sorumlu yazar: deniz.sevilmis@tarimorman.gov.tr

Geliş Tarihi: 16.10.2025, Kabul Tarihi: 12.12.2025

To Cite: Sevilmiş, D., Agan, Y. A. (2025). Yerfıstığı Alerjisi ve İlgili Proteinler. International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research, 8(1): 18-33

Özet

Geçmiş yıllarda yerfıstığı yüksek yağ içeriği nedeniyle sağlıksız bir gıda olarak algılanıyordu ancak mevcut araştırma çalışmaları, yerfıstığının diyetle dahil edilmesinin kalp hastalıklarının azalmasıyla ve kilo yönetiminin iyileştirilmesiyle bağlantılı olduğunu göstermiştir. Ancak aflatoksin ve alerjenler yerfıstığında sağlık açısından önemli caydırıcı faktörlerdir ve aflatoksin ve alerjen içermeyen yerfıstığı geliştirmek için daha fazla araştırma çabasına ihtiyaç vardır. Yerfıstığı alerjisi, en yaygın ve en ciddi gıda alerjilerinden biridir. Genellikle bağışıklık sisteminin yerfıstığında bulunan belirli proteinlere aşırı tepki vermesi sonucu ortaya çıkar. Yerfıstığı alerjisi genellikle çocuklukta başlar, ancak her yaşta ortaya çıkabilir. Çok küçük miktarlar bile ciddi reaksiyonlara yol açabilir. Belirtiler hafiften (kaşıntı, kızarıklık) şiddetliye (nefes darlığı, anafilaksi) kadar değişir. Bağışıklık sistemi yerfıstığındaki bazı spesifik proteinleri “tehlikeli” olarak algılar ve IgE aracılı bir yanıt gelişir. Yerfıstığı alerjisi yaşam boyu sürebilir, ancak bazı kişilerde zamanla düzelme görülebilir. Yerfıstığında tanımlanan 15’ten fazla alerjen protein vardır, ancak bunlardan birkaçı özellikle önemlidir. Bu proteinlerden özellikle *Ara h 2* ve *Ara h 6* en güçlü alerjenlerdir ve ciddi reaksiyonlarla ilişkilidir.

Anahtar kelimeler: Yerfıstığı, *Arachis hypogaea*, alerji, protein, alerjen

Abstract**Peanut Allergy and Related Proteins**

In previous years, peanuts were perceived as an unhealthy food due to their high fat content, but recent research has demonstrated that including peanuts in the diet is linked to reduced heart disease and improved weight management. However, aflatoxin and allergens are important health deterrents in peanuts, and further research efforts are needed to develop aflatoxin- and allergen-free peanuts. Peanut allergy ranks among the most frequent and serious food-related allergies. It occurs when the immune system reacts excessively to certain proteins present in peanuts. Although it often starts during childhood, it can manifest at any stage of life. Even trace amounts may provoke dangerous responses. The range of symptoms extends from mild issues such as itching or skin redness to severe outcomes like breathing difficulties and anaphylaxis. The immune system identifies specific peanut proteins as harmful and triggers an IgE-driven reaction. This condition may persist throughout a person's lifetime, though in some cases improvement is observed over time. Scientists have identified more than fifteen allergenic proteins in peanuts, with Ara h 2 and Ara h 6 standing out as the most potent, being strongly linked to severe allergic episodes.

Keywords: Peanut, *Arachis hypogaea*, allergy, protein, allergen

1. Giriş

Yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) dünya çapında önemli bir yağ, gıda ve yem bitkisidir. Tohumları yağ ve protein açısından zengindir ve 100 gram tohum 567 kcal enerji ve 8,5 gram diyet lifi sağlamaktadır. Yerfıstığı mineraller, vitaminler ve antioksidanların yanı sıra resveratrol, tokoferol, arginin gibi sağlığı iyileştiren biyoaktif bileşiklerin kaynağıdır ve bu nedenle fonksiyonel gıda grubundadır. Yerfıstığı tüketimi iltihaplanma, diyabet, kanser, Alzheimer ve safra taşı hastalığı riskini azaltabilmektedir. Yerfıstığı bitkisinin en önemli ürünü olan yerfıstığı tohumları olmasına rağmen bitkinin tüm kısımları çeşitli şekillerde değerlendirilebilir. Hasat sonrası kurutulan sapları hem besi hayvanları için yem kaynağı hem de gübre olarak enerji açısından zengin bir girdidir (Variath ve Janila, 2017).

Günümüzde yerfıstığı Çin, Hindistan, Afrika, Japonya, Güney Amerika ve Amerika

Birleşik Devletleri'nde yetiştirilmektedir. Dünya çapında 300'den fazla ticari çeşidi yetiştirilmektedir (Settaluri ve ark., 2012). Amerika Birleşik Devletleri'nde ticari olarak yetiştirilen dört yerfıstığı tipi, runner, Virginia, Spanish ve Valencia'dır. Runner çeşidi, Amerika Birleşik Devletleri yerfıstığı pazarının %80'ine hakimdir ve öncelikle yerfıstığı ezmesi için kullanılır ve çekici, tekdüze bir tohum boyutuna sahiptir. Runner tipi ağırlıklı olarak Georgia, Alabama, Florida, Texas ve Oklahoma'da yetiştirilmektedir. Virginia tipi fıstıklar en büyük tohum boyutuna sahiptir ve kabuklu olarak işlenmiş yerfıstığı olarak Virginia ve Kuzey Carolina'da çoğunlukla gurme atıştırmalıklar için yetiştirilmektedir ve Amerika Birleşik Devletleri fıstık pazarının yaklaşık %15'ini oluşturur. İspanyol (Spanish) yerfıstığı, yerfıstığı şekerlerinde ve atıştırmalıklarda sıklıkla kullanılan diğer yerfıstığı türlerine göre daha yüksek yağ içeriğine ve daha küçük bir tohum boyutuna sahiptir. İspanyol tipi yerfıstıkları Oklahoma ve Teksas'ta yetiştirilmekte ve Amerika Birleşik Devletleri yerfıstığı pazarının yaklaşık %4'ünü oluşturmaktadır. Valensiya tipi yerfıstıkları öncelikle New Mexico'da üretilmekte ve ABD yerfıstığı pazarının yaklaşık %1'ini oluşturmaktadır. Valensiya tipi yerfıstıkları, bir kabukta üç veya daha fazla küçük tohuma sahiptir ve tadı çok tatlıdır. Bu nedenle genellikle kavrulur ve kabuklu olarak satılır. Yerfıstığı çiğ, haşlanmış veya kavrulmuş olarak yenebilir ve çeşitli paketlenmiş gıdaların (yerfıstığı ezmesi, şekerleme ürünleri ve atıştırmalıklar) hazırlanmasında yaygın olarak ve gelişmekte olan ülkelerde protein genişletici olarak kullanılır (Toomer, 2018).

Yerfıstığı kabukları işlenmiş yerfıstıklarından, kırılmış yerfıstıklarından ve bazen de insan tüketimine uygun bulunmayan yerfıstıklarından elde edilir. Bunlar, başta fenolikler olmak üzere çeşitli biyoaktif bileşiklerin iyi bir kaynağıdır ve Çin'de kronik kanama ve bronşit tedavisinde geleneksel Çin tıbbi olarak uzun süredir kullanılmaktadır. Ayrıca yerfıstığı ezmesi gibi işlenmiş gıda ürünlerine lezzeti, stabiliteyi ve antioksidan kapasiteyi geliştirmek için takviye olarak da eklenmektedirler (Hathorn ve Sanders, 2012).

1950'lerin başlarından bu yana yerfıstığı sütü ve yerfıstığı sütü bazlı ürünlerin çok çeşitli şekillerde hazırlanabileceğini öne süren çok sayıda rapor yayınlanmıştır. Günümüzde yönelim, çok besleyici ama bir şekilde tüketicilerin ilgisini çekmeyen, ucuz süt benzeri içeceklerin hazırlanmasından farklılaşarak, lezzetini değiştirmeden hayvan sütünü sulandırıcı olarak yerfıstığı sütü veya yerfıstığı proteini izolatlarının kullanılmasına, daha çekici fermente ürünler geliştirmeye ve “tofu” adı verilen bir lor elde etmek ve peynir analogları üretmek için sütün

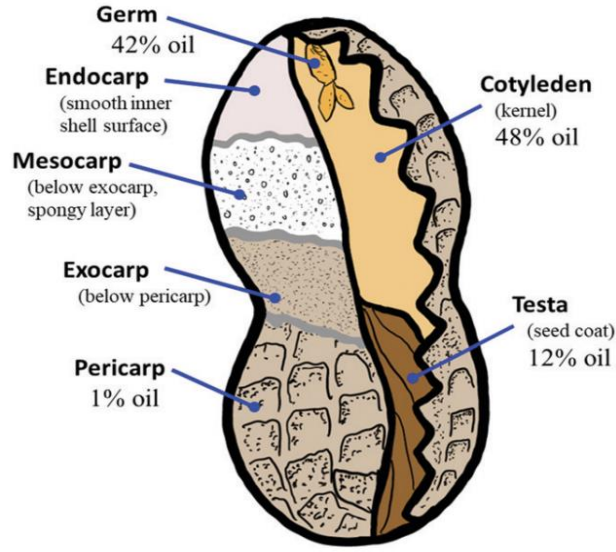
proteinleri çökeltmeye kaymıştır. Fiziksel ve kimyasal işlemler kullanılarak sütün stabilitesinin, duyu özelliklerinin ve raf ömrünün iyileştirilmesine büyük önem verilmektedir. Ürünlerin yaygınlaşması için pek çok çaba sarf edilmiştir (Diarra ve ark., 2005).

Yağ çıkarmanın işlemlerinin yan ürünleri hayvan yemi endüstrisinde, çocuklara yönelik sütte kesme gıdalarının yapımında kullanılmaktadır. Kabukları yakıt, hayvan yemi, büyükbaş hayvan altlığı, yem ve gübre sanayinde ve yonga levha yapımında dolgu maddesi olarak, fermantasyon sonrasında ise alkol ve aseton üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca selüloz (suni ipek ve kağıtta) ve müsilaj (tutkal) yapımında da kullanılmaktadır (Variath ve Janila, 2017).

Bu derlemenin amacı, yerfıstığının kardiyovasküler sağlık ve kilo yönetimi açısından ortaya koyduğu faydalara karşın, tüketimi sınırlandıran başlıca sorunlardan biri olan alerjenik proteinler (özellikle Ara h 2 ve Ara h 6) üzerinde durarak, bu risk faktörlerinin azaltılmasına yönelik stratejileri değerlendirmek ve düşük alerjenik yerfıstığı çeşitlerinin geliştirilmesine yönelik araştırma gereksinimlerini ortaya koymaktır.

2. Yerfıstığı tüketiminin sağlığa etkileri

Yerfıstığı, besleyiciliği, tadı ve uygun fiyatı nedeniyle dünya çapında en çok tüketilen baklagillerden biridir. Yerfıstığı protein ve enerji açısından zengindir. Şu anda, kalp-sağlıklı beslenmedeki rolü, tüketici grupları ve bilim camiası içinde büyük ilgi görmüş durumdadır. Ek olarak, mevcut çalışmalar yerfıstığının resveratrol, izoflavonoidler, fenolik asitler ve fitosteroller gibi bitkisel besin bileşimindeki genel sağlığı ve sağlıklı yaşam durumunu iyileştirebilecek değeri tanımlamıştır. Yerfıstığı tohumları yaklaşık %22 ila 30 oranında ham protein içermektedir (Settaluri ve ark., 2012) ve harika bir vejetaryen protein ve sağlıklı yağ kaynağıdır (Şekil 1).



Şekil 1. İki tohumlu bir yerbıstığı meyvesinin yağ içeren botanik kısımlarının yağ içeriğine göre dağılımı (Lauer ve ark., 2021).

Geçmiş yıllarda yerbıstığı yüksek yağ içeriği nedeniyle sağlıklı bir gıda olarak algılanıyordu (Zhao ve ark., 2012). Mevcut araştırma çalışmaları, yerbıstığının diyetle dahil edilmesinin kalp hastalıklarının azalmasıyla (Jones ve diğerleri, 2014) ve kilo yönetiminin iyileştirilmesiyle bağlantılı olduğunu göstermiştir (Moreno ve ark., 2013). Düzenli yerbıstığı tüketimi, diyastolik kan basıncında önemli bir azalma ile hipertansif bireylerde kan basıncını düşürmeye yardımcı olmaktadır (Jones ve ark., 2014). Bu nedenle, günümüzde yerbıstığının genel imajı ve tüketici algısı, enerji açısından yoğun bir gıdadan, sağlık açısından iyileştirilmiş faydalarla ilişkilendirilen faydalı bir gıda maddesine doğru kaymıştır (Toomer, 2018).

Aflatoksin ve alerjenler yerbıstığında sağlık açısından önemli caydırıcı faktörlerdir; bu nedenle aflatoksin ve alerjen içermeyen yerbıstığı geliştirmek için daha fazla araştırma çabasına ihtiyaç vardır. Uluslararası pazarda yerbıstığı ve yerbıstığı bazlı ürünlere, özellikle de şekerleme çeşitlerine büyük bir talep vardır. Üreticilerin, tüketicilerin ve endüstrinin ihtiyaçlarını karşılayan yeni çeşitlerin ıslahı, değer zinciri boyunca etkileri olan önemli bir araştırma alanıdır. Hem genotipleme hem de fenotipleme için gelişmiş araçların mevcudiyeti, ilgili anahtar genler ve bunların metabolik düzenleyici yolları hakkındaki anlayışımızda bir artışa yol açacaktır (Variath ve Janila, 2017).

3. Yerfıstığı alerjisi

Yerfıstığı alerjenleri dünya çapında milyonlarca tüketicinin sağlığını ve yaşam kalitesini olumsuz yönde etkileme potansiyeline sahiptir. Yerfıstığı bitkisi *Arachis Hypogaea*'nın tohumları, yatkın bireylerde spesifik IgE antikorlarının üretimini tetikleyebilen bir dizi alerjen içermektedir. Semptomlar çok küçük miktarlardaki alerjenler tarafından tetiklenebilmekte ve hatta ciddi anafilaksi şeklinde ortaya çıkabilmektedir (Vereda ve ark., 2011).

Gıda bileşiklerinin moleküler yapısı alerjenite ile doğrudan ilgilidir. Alerjenlerin, 9318 protein ailesinin yalnızca %1,5'inde bulunması, moleküler yapı ile alerjenite arasında bir korelasyon olduğunu düşündürmektedir (Radauer ve ark., 2008). Bu durum, alerjenite ile proteinlerin yapısal benzersizliği arasında bir korelasyon olduğunu gösteren da Santiago ve ark., (2012)'nin çalışmaları ile de doğrulanmıştır. Son yıllarda yapılan yapısal analizler, proteinlerin konformasyonel özellikleri ve stabilitesinin alerjenite üzerinde belirleyici olduğunu; yüksek yapısal benzerlik gösteren proteinlerde immün yanıtın genellikle daha düşük seyrettiğini ortaya koymaktadır (Seidler ve ark., 2024).

Yerfıstığı alerjisi, başta gelişmiş ülkeler olmak üzere dünya çapında önemli bir sağlık sorunu haline gelmiştir. Ancak son birkaç on yıldaki bu artan yaygınlığın nedenleri tam olarak anlaşılamamıştır. Yerfıstığı alerjisi, günümüzde dünya çapında önemli bir halk sağlığı sorunu olarak görülmektedir; bu alerji, ciddi reaksiyon riski ve yüksek beklenmedik maruziyet oranı nedeniyle, hastaların kaçınma stratejileri uygulaması ve her zaman acil durum için epinefrin bulundurması gerekliliğini doğurur (Lieberman ve ark., 2021). Ayrıca, yaş grubu fark etmeksizin yerfıstığı alerjili bireylerde anafilaksi ve kazara alerjen maruziyeti sıklığının yüksekliği, epinefrin oto-enjektörlerinin kullanımının acil müdahale planının ayrılmaz bir parçası olması gerektiğini göstermektedir (O'Rourke ve ark., 2021).

Yapılan in vitro sindirim çalışmaları, doğal yerfıstığı matriksinde bile başlıca alerjenler olan Ara h 2, Ara h 6 ve Ara h 3'ün pepsin ve pankreatik enzimler altında kısmen sindirime rağmen IgE-bağlayıcı peptitler oluşturacak şekilde hayatta kaldığını göstermiştir; bu bulgu, kavurma ve sindirim işlemlerinin alerjeniteyi ortadan kaldırmayabileceğini ortaya koymaktadır (Di Stasio et al., 2017).

Alerjenler, moleköl ağırlığı 10 ila 70 kDa arasında olan glikoproteinler veya proteinlerdir.

Genellikle alerjenler kolayca çözünmektedir. Bazı alerjenler proteazlar, proteaz inhibitörleri, taşıma proteinleri, düzenleyici proteinler, depolama proteinleri ve savunma proteinleri olarak tanımlanmıştır. Yapısal değişiklik olmadan organizmaya giren polen alerjenlerinin aksine, yerfıstığı genellikle tüketilmeden önce kavularak işlenmekte ve daha sonra alerjen parçacıkları bağışıklık sistemine ulaşmadan önce asidik koşullar altında midede pepsin tarafından ve bazik koşullarda duodenumda pankreas enzimleri tarafından sindirime uğramaktadır. Bu, alerjenitelerini etkileyen karmaşık bir prosedürdür (Maleki ve ark., 2003).

Besin alerjisi iki sınıfa ayrılır. Sınıf I gıda alerjisi, ısıya, proteazlara ve sindirime dirençli alerjenlerle ilişkili olan ve bu alerjenlerin yapısal değişiklikler olmadan gastrointestinal kanaldan geçmesine izin veren sistemik ve daha şiddetli reaksiyonlarla karakterizedir. Yerfıstığındaki bu alerjen kategorisi, yerfıstığı tüketiminden sonra şiddetli anafilaktik reaksiyonlardan sorumlu olduğu bilinen Ara h 1, 2 ve 3'ü içerir. Sindirim sırasında kısmi bölünmeden sonra bile, bazı parçalar kalır ve muhtemelen histamin salınımına neden olur (Petersen ve ark., 2013).

Ancak yerfıstığı buna ilave olarak sınıf II gıda alerjenlerini de içerir. Bu durumda polen alerjenlerine karşı duyarlılık genellikle solunum yoluyla ortaya çıkar. Yerfıstığı alerjenlerindeki çapraz reaktif IgE epitopları nedeniyle bu tür moleküller alerjik reaksiyonlara da neden olabilir. Genellikle bu alerjenler termal ve proteolitik açıdan kararsızdır ve çoğunlukla yalnızca hafif semptomlar tetiklenir. Yerfıstığındaki Sınıf II gıda alerjenleri Ara h 5 ve 8'dir. Ara h 5 bir profilindir. Profilinler tüm ökaryotik hücrelerde tespit edilebilir ve hücre iskeletinin oluşumunda rol oynar. Bunlar insan hücrelerinde de mevcut olduğundan, bağışıklık tepkileri yalnızca yapısal ve filogenetik olarak daha az ilişkili bitki profilinlerine açıklanabilir (Radauer ve Breiteneder, 2006).

Batılı ülkelerde çocuklar arasında yerfıstığı alerjisinin görülme sıklığı son 10 yılda iki katına çıkmış, %1,4 ila %3,0 oranlarına ulaşmıştır. Yerfıstığı alerjisi Afrika ve Asya'da da belirgin hale gelmektedir. Bu alerji, gıda alerjisine bağlı anafilaksi ve ölümün önde gelen nedenidir ve hastalara ve ailelerine önemli psikososyal ve ekonomik yükler getirmektedir. 1989 yılında Birleşik Krallık'ta ve 2010 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde yayınlanan klinik uygulama kılavuzları, alerji açısından yüksek risk altındaki bebeklerin diyetlerinden ve hamilelik ve emzirme döneminde annelerinin diyetlerinden alerjenik gıdaların hariç tutulmasını tavsiye etmiştir. Bununla birlikte, gıda alerjenlerinin diyetten çıkarıldığı çalışmalar, diyetten çıkarmanın

IgE aracılı gıda alerjisi gelişimini önlediğini göstermede sürekli olarak başarısız olmuştur. 2008 yılında alerjenlerden kaçınılmasına yönelik öneriler geri çekilmiştir. Gıda alerjilerini önlemek için erken maruziyetin mi yoksa kaçınmanın mı daha iyi bir strateji olduğu sorusu hala cevapsızdır. Yerfıstığının erken dönemde verilmesi, bu alerji açısından yüksek risk altındaki çocuklarda yerfıstığı alerjisi gelişme sıklığını önemli ölçüde azaltmış ve yerfıstığına karşı bağışıklık tepkilerini modüle etmiştir (Du Toit ve ark., 2015). Yerfıstığına yaşamın ilk yılında başlanan ve 5 yaşına kadar devam eden alerji riski yüksek çocuklar arasında, 12 aylık yerfıstığından kaçınma dönemi yerfıstığı alerjisi sıklığında bir artışla ilişkili bulunmamıştır (Du Toit ve ark., 2016).

4. Yerfıstığı alerjen protein aileleri ve işleme sonrası durumları

Tohum depolama proteinleri, çimlenme ve tohum büyümesi sırasında kullanılmak üzere bir amino asit deposu olarak tohumlarda bir veya daha fazla protein grubu olarak yüksek miktarlarda bulunur. Ara h 1 ve Ara h 3 bikupin tohum depolama proteinleridir. Bunlar, şu anda 61 üye içeren, fonksiyonel olarak oldukça çeşitli bir protein süper ailesi olan cupin süper ailesine aittirler (Dunwell ve ark., 2004). Yerfıstığı tohumu 32 farklı protein içerir (Pele, 2010) ve bu proteinlerin 18'i alerjen olarak tanımlanır (Yusnawan ve ark., 2012). Yerfıstığı gibi baklagillerde globulin tipi tohum depolama proteinleri iki formda bulunur: 7S trimerik vicilinler (örn. Ara h 1) ve 11S heksamerik leguminler (örn. Ara h 3) (Palladino ve Breiteneder, 2018).

Dünya Sağlık Örgütü ve Uluslararası İmmünoloji Toplulukları Birliği (WHO/IUIS, 2017) Alerjen İsimlendirme Alt Komitesi tarafından bugüne kadar 17 yerfıstığı proteininin (Ara h 1'den Ara h 17'ye kadar) yerfıstığı alerjisinden sorumlu yerfıstığı alerjenleri olarak tanımlanmıştır. Ara h 1, Ara h 2 ve Ara h 6 başlıca yer fıstığı alerjenleridir (Porterfield ve ark., 2009). Bununla birlikte, yalnızca Ara h 1'den Ara h 10'a kadar iyi tanımlanmış ve biyokimyasal olarak karakterize edilmiştir. Diğer çalışmalar Ara h 2 ve Ara h 6'yı, alerjenik aracılı analizlerde alerjen potansiyeli nedeniyle başlıca yerfıstığı alerjenleri olarak tanımlamıştır (Zhuang ve Dreskin, 2013). İlginç bir şekilde, özellikle yerfıstığı alerjenlerinin proteolitik sindirime, ısıya veya kimyasal denatürasyona karşı son derece dirençli olduğu gösterilmiştir. Yerfıstığında bulunan bu alerjenik proteinler, albüminler ve globülinler olmak üzere 2 ana protein fraksiyonuna ayrılan yedi farklı protein ailesini kapsar (Settaluri ve ark., 2012).

İki globulin fraksiyonu, araşin (arachin) ve araşin-olmayan (non-arachin), yerfıstığı tohumu proteinlerinin yaklaşık %87'sini oluşturur. Ara h 1, vicilin (7S) baklagil globulin ailesine ait bir glikoproteindir. Bu, yerfıstığı proteinlerinin yaklaşık %12-16'sını oluşturur ve yerfıstığı alerjisi olan popülasyonun %35-95'ini etkiler (Mari ve ark., 2006).

Ara h 3, legumin (11S globulin) ailesine ait bir tohum depolama proteindir (Koppelman ve ark., 2003) ve yerfıstığı alerjisi olan hastaların yaklaşık %50'sinde IgE immünoreaktiftir ve bir trypsin inhibitörü olarak işlev görür (Wen ve ark., 2007). Ara h 4, Ara h 3'ün bir izoformudur ve artık ayrı bir alergen olduğu düşünülmemektedir (WHO/IUIS Alerjen İsimlendirme Alt Komitesi, 2017).

Ara h 2 bir glikoproteindir ve yaklaşık 17 kDa moleküler ağırlığa sahip toplam yerfıstığı proteininin yaklaşık %6 ila 9'unu oluşturur (Saiz ve ark., 2013). Ara h 2, aynı zamanda conglutin olarak da bilinen bir 2S albüminidir ve diyetdeki protein sindiriminden sorumlu sindirim enzimi olan trypsin'in biyolojik aktivitesini azaltan proteinler olan bir trypsin inhibitörü olarak işlev görür (Maleki ve ark., 2003).

Aynı zamanda bir conglutin (2S albümin) proteini olan Ara h 6, 15 kDa'lık bir moleküler ağırlığa sahiptir ve benzer alerjenite ile Ara h 2 ile %59 homologdur. Yani her ikisi de IgE bağlama potansiyeli ve alerjik etkinlik açısından birbirine yakındır. Bunun sonucunda, alerji tanısı ve immünolojik çalışmalar için Ara h 2 ve Ara h 6'nın birlikte değerlendirilmesinin önemli olduğu (Chen ve ark., 2013). Lehmann ve ark., (2006), Ara h 6'nın proteolitik uygulamaya dirençli, ısıya ve sindirime dayanıklı bir protein olduğunu göstermiştir.

Ara h 7 conglutin (2S albümin) protein ailesine aittir ve 15 kDa'lık bir moleküler ağırlığa sahiptir; Ara h 2 ve Ara h 6'ya %35 sekans homolojisi vardır (Maleki ve ark., 2003). Ara h 2, Ara h 6 ve Ara h 7, prolamin süper ailesinin üyeleri olan 2S albümin tohum depolama proteinleridir (Mylne ve ark., 2014). Spesifik olmayan lipid transfer proteinleri (nsLTP'ler), prolamin süper ailesinin başka bir ailesini oluşturur. Bitkilerde tip 1 ve tip 2 nsLTP'ler olarak bulunurlar ve membranların stabilizasyonu, hücre duvarı organizasyonu, sinyal iletimi ve bitki büyümesi ve gelişmesinin yanı sıra biyotik ve abiyotik streslere karşı dirençte rol oynarlar (Liu ve ark., 2015). Ara h 9 ve Ara h 17, tip 1 nsLTP'lerdir, Ara h 16 ise tip 2 nsLTP'dir (Palladino ve Breiteneder, 2018).

Bitkiler, monomer bağlayıcı profilinler de dahil olmak üzere aktin hücre iskeletinin supramoleküler organizasyonunu ve fonksiyonunu düzenleyen aktin bağlayıcı proteinler içerir (McCurdy ve ark., 2001). Profilinler hücre iskeleti dinamiklerini ve membran ticaretini düzenler. Yerfıstığı alerjisi Ara h 5, profilin ailesinin bir üyesidir. Lipitler, yağlı tohumlarda, yağ kütleleri adı verilen ve lipit ve enerji metabolizmasının çeşitli yönlerinde yer alan özel hücre içi yapılarda depolanır. Gömülü proteinlerle çevrelenmiş nötr lipitlerden oluşan bir çekirdekten oluşurlar ve bir fosfolipid tek katmanındır (Jolivet ve ark., 2013).

Amfifilik yapısal proteinler olan oleosinler, yağ gövdesinde en bol bulunan proteinlerdir. Ara h 10, Ara h 11, Ara h 14 ve Ara h 15 yerfıstığı oleozinleridir. Bitki defensinleri, geniş bir organizma yelpazesine karşı biyolojik aktiviteye sahip olan küçük, sistein açısından zengin peptitlerdir ve aktiviteleri öncelikle mantarlara yöneliktir (Vriens ve ark., 2014).

Ara h 12 ve Ara h 13 alerjik yerfıstığı defensinleridir. Amfifilik yerfıstığı defensinleri Ara h 12 ve Ara h 13'ün antimikrobiyal aktivitesi yalnızca antifungaldır. Yerfıstığı defensinleri *Cladosporium* ve *Alternaria* cinslerinin küf türleri üzerinde inhibitör etkiler göstermiştir (Petersen ve ark., 2015).

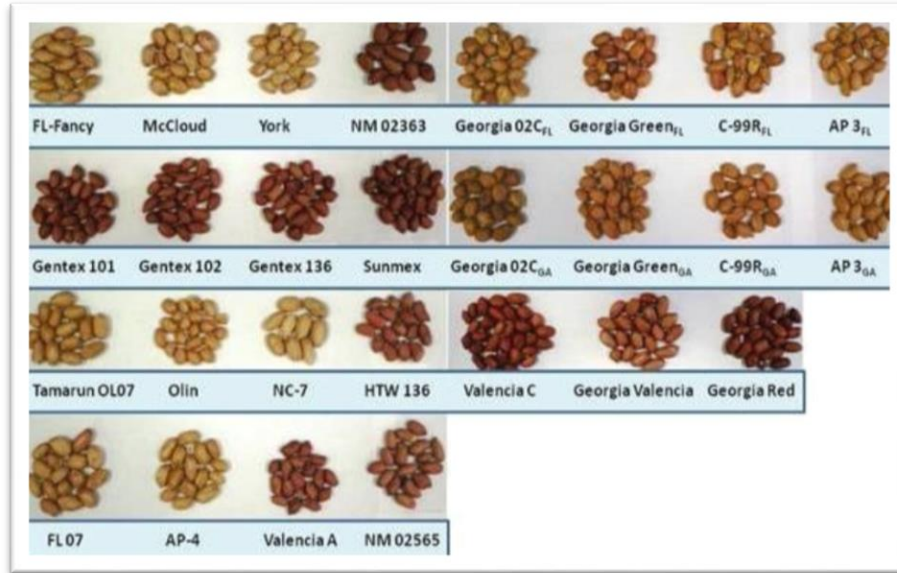
Yerfıstığı, gıda alerjenlerinin en tehlikeli kaynaklarından biridir. Bilinmeyen alerjenler hala karmaşık lipofilik matriste gizlidir. Yerfıstığı alerjisi olan hastalarda alerjen riskinin tahmin edilmesine olanak sağlamak ve teşhis önlemlerini daha da geliştirmek için bu alerjenlerin keşfedilmesi gerekmektedir. Ancak yerfıstığından kaçınmak zordur çünkü egzotik yemeklerde, şekerlemelerde ve kozmetiklerdeki yerfıstığı yağı gibi takviyelerde gizli alerjen olarak bulunabilmektedirler. Yerfıstığının güçlü alerjenitesinin nedeni, yerfıstığının moleküler karmaşıklığı, yüksek lipit içeriği ve gıda işlemenin yerfıstığı proteinleri üzerindeki bazı etkileri gibi birçok faktörden kaynaklanmaktadır (Petersen ve ark., 2013).

Yerfıstığı en yaygın sekiz gıda alerjeninden biridir. Son yıllarda yerfıstığı gıda alerjisinin yaygınlığının artması, gıda işleyicilerinin yerfıstığı kontaminasyonunu önlemek için iyi üretim uygulamaları (GMP'ler) ve alerjen kontrol programları konusunda daha dikkatli olmalarına yol açmıştır (Chang ve ark., 2013). Chang ve ark., (2013), yerfıstığının sadece alerjen değil, aynı zamanda aflatoksin gibi toksik mantar kontaminasyonu riski taşıdığı; ayrıca kuruyemişlerin üretim ve işleme sürecinde (örneğin kavurma, ezme, paketlenme vb.) dikkatli hijyen ve üretim

uygulamaları (GMP: good manufacturing practices) ve alerjen kontrol programlarının gerekliliğini vurgulamıştır. Yerfıstığının kuru olarak kavrulması veya yağda değişken süre ve sıcaklıklarda kavrulmasının alerjeniteyi arttırdığı gösterilmiştir (Zhou ve ark., 2024).

Son zamanlarda, doğal olarak lipitlerle ilişkili Bet v 1 homologu olan Ara h 8, alkalik koşullar altında kloroform/metanol ekstraksiyonu yoluyla verimli bir şekilde izole edilmiştir (Petersen ve ark., 2014). Önemli olarak, Ara h 8 için kavurma koşullarının ve/veya lipit ilişkisinin bir fonksiyonu olarak artan IgE reaktivitesinin yanı sıra termal ve proteolitik stabilite gözlemlenmiştir (Palladino ve Breiteneder, 2018).

Yerfıstığı alerjenlerine karşı duyarlılığın şekli, farklı coğrafi bölgelerdeki popülasyonlar arasında farklılık göstermektedir (Vereda ve ark., 2011). Yerfıstığı tohumları çok farklı tiplerdedir (Şekil 2).



Şekil 2. ABD'de yetiştirilen dört yerfıstığı tipinden yerfıstığı çeşitlerinin tohumları. Yerfıstığı tohum zarı açık kahverengiden koyu kırmızıya kadar değişen renklere sahiptir. Daha yüksek kırmızılık ve renk tonu değerleri, bu çeşitlerin yüksek pigmentli olduğunu ve bu nedenle renk ile fenolik içerik arasında çok güçlü bir pozitif korelasyon olması durumunda polifenol açısından zengin çeşitlerin seçimi için bir belirteç olarak kullanılabileceğini göstermektedir (Chukwumah ve ark., 2009).

Başlıca yerfıstığı alerjenleri olan Ara h 1, Ara h 2 ve Ara h 3, ABD'de alerjik reaksiyonların ana tetikleyicileridir ve sıklıkla şiddetli semptomlarla ilişkilidir. İspanyol hastalarda bu yerfıstığı alerjenlerine tepki daha az tespit edilmiş ve lipit transfer proteini Ara h 9'a karşı daha sıklıkla duyarlılık görülmüştür. İsveçli hastalar Ara h 1 ila 3'ü İspanyol hastalara göre

daha sık gösterir ancak en yüksek duyarlılık oranı çapraz reaksiyon veren Ara h 8'e sahiptir. Çocukluğundan beri Ara h 1, Ara h 2 ve Ara h 3'e duyarlı olan 11 Avrupa ülkesindeki yerfistik alerjisi olan deneklerin yer aldığı bir çalışmada, Ara h 2 tek majör alerjen olarak tanımlanmıştır (Palladino ve Breiteneder, 2018). Sırasıyla Orta/Batı ve Güney Avrupalılar için başlıca alerjenler olan Ara h 8 ve Ara h 9 için coğrafi farklılıklar gözlenmiştir. Hollanda'daki yerfistığı alerjisi olan hastalar üzerinde yapılan bir çalışmada en sık tanınan alerjen Ara h 2 olmuştur (Koppelman ve ark., 2004). ABD'deki yerfistığı alerjisi popülasyonunun %95'inden fazlası Ara h 2 IgE reaktiftir, yerfistığına duyarlı kişiler arasında en güçlü yerfistığı alerjenidir ve yerfistığı alerjen duyarlılığında klinik olarak önemlidir (Koppelman ve ark., 2004).

5. Sonuç

Yerfistığı geçmişte içerdiği yüksek yağ nedeniyle sağlığa zararlı bir besin olarak değerlendirilse de, güncel araştırmalar düzenli tüketiminin kalp-damar hastalıkları riskini azaltabildiğini, lipid profilini iyileştirdiğini ve kilo kontrolüne katkı sağlayabildiğini göstermektedir. Bu bulgular, yerfistığını dengeli beslenmeyi destekleyebilecek önemli bir gıda kaynağı hâline getirmektedir.

Öte yandan, aflatoksin oluşumu ve yerfistığı alerjisi, bu ürünün güvenli tüketimini kısıtlayan temel sağlık sorunları olarak öne çıkmaktadır. Aflatoksin ve alerjenler yerfistığında sağlık açısından önemli caydırıcı faktörlerdir ve aflatoksin ve alerjen içermeyen yerfistığı geliştirmek için daha fazla araştırma çabasına ihtiyaç vardır.

Yerfistığı tohumu 32 farklı protein içerir ve bu proteinlerin 18'i alerjen olarak tanımlanır. Yerfistığı alerjisi, başta gelişmiş ülkeler olmak üzere dünya çapında önemli bir sağlık sorunu haline gelmiştir. Bu alerji, gıda alerjisine bağlı anafilaksi ve ölümün önde gelen nedenidir. Onyediyen yerfistığı proteininin (Ara h 1'den Ara h 17'ye kadar) yerfistığı alerjisinden sorumlu yerfistığı alerjenleri olarak tanımlanmıştır. Ara h 1, Ara h 2 ve Ara h 6 başlıca yerfistığı alerjenleridir. Bununla birlikte, yalnızca Ara h 1'den Ara h 10'a kadar iyi tanımlanmış ve biyokimyasal olarak karakterize edilmiştir. İlginç bir şekilde, özellikle yerfistığı alerjenlerinin proteolitik sindirime, ısıya veya kimyasal denatürasyona karşı son derece dirençli olduğu gösterilmiştir ve bu alerjenlerin keşfedilmesi gerekmektedir.

Literatürde bu riskin azaltılmasına yönelik çalışmalar artmakla birlikte, mevcut araştırmaların yeterli düzeye ulaşmadığı anlaşılmaktadır. Yerfıstığının daha güvenli biçimde tüketilebilmesi için alerjenik protein düzeyi düşük çeşitlerin elde edilmesine yönelik genetik çalışmaların desteklenmesi gerekmektedir. Hem genotipleme hem de fenotipleme için gelişmiş araçların mevcudiyeti, ilgili anahtar genler ve bunların metabolik düzenleyici yolları hakkındaki anlayışımızda bir artışa yol açacaktır.

Kaynakça

Chang, A. S., Sreedharan, A., & Schneider, K. R. (2013). Peanut and peanut products: A food safety perspective. *Food Control*, 32(1): 296-303.

Chen, X., Wang, Q., El-Mezayen, R., Zhuang, Y., & Dreskin, S. C. (2013). Ara h 2 and Ara h 6 have similar allergenic activity and are substantially redundant. *International archives of allergy and immunology*, 160(3): 251-258.

Chukwumah, Y., Walker, L. T., & Verghese, M. (2009). Peanut skin color: a biomarker for total polyphenolic content and antioxidative capacities of peanut cultivars. *International Journal of Molecular Sciences*, 10(11): 4941-4952.

Di Stasio, L., Picariello, G., Mongiello, M., Nocerino, R., Canani, R. B., Bavaro, S., Monaci, L., Ferranti, P., & Mamone, G. (2017). Peanut digestome: Identification of digestion resistant IgE-binding peptides. *Food and Chemical Toxicology*, 107: 88-98. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.06.029>

Diarra, K., Nong, Z. G., & Jie, C. (2005). Peanut milk and peanut milk based products production: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 45(5): 405-423.

Du Toit, G., Roberts, G., Sayre, P. H., Bahnson, H. T., Radulovic, S., Santos, A. F., ... & Lack, G. (2015). Randomized trial of peanut consumption in infants at risk for peanut allergy. *New England Journal of Medicine*, 372(9): 803-813.

Du Toit, G., Sayre, P. H., Roberts, G., Sever, M. L., Lawson, K., Bahnson, H. T., ... & Lack, G. (2016). Effect of avoidance on peanut allergy after early peanut consumption. *New England Journal of Medicine*, 374(15): 1435-1443.

Dunwell, J. M., Purvis, A., & Khuri, S. (2004). Cupins: the most functionally diverse protein superfamily?. *Phytochemistry*, 65(1): 7-17.

Hathorn, C. S., & Sanders, T. H. (2012). Flavor and antioxidant capacity of peanut paste and peanut butter supplemented with peanut skins. *Journal of Food Science*, 77(11): S407-S411.

Jolivet, P., Acevedo, F., Boulard, C., d'Andréa, S., Faure, J. D., Kohli, A., & Chardot, T. (2013). Crop seed oil bodies: from challenges in protein identification to an emerging picture of the oil body proteome. *Proteomics*, 13(12-13): 1836-1849.

Jones, J. B., Provost, M., Keaver, L., Breen, C., Ludy, M. J., & Mattes, R. D. (2014). A randomized trial on the effects of flavorings on the health benefits of daily peanut consumption. *The American journal of clinical nutrition*, 99(3): 490-496.

Koppelman, S. J., Knol, E. F., Vlooswijk, R. A. A., Wensing, M., Knulst, A. C., Hefle, S. L., & Piersma, S. (2003). Peanut allergen Ara h 3: isolation from peanuts and biochemical characterization. *Allergy*, 58(11): 1144-1151.

Koppelman, S. J., Wensing, M., Ertmann, M., Knulst, A. C., & Knol, E. F. (2004). Relevance of Ara h1, Ara h2 and Ara h3 in peanut-allergic patients, as determined by immunoglobulin E Western blotting, basophil–histamine release and intracutaneous testing: Ara h2 is the most important peanut allergen. *Clinical & Experimental Allergy*, 34(4): 583-590.

Lauer, M. K., Sanders, Z. E., Smith, A. D., & Smith, R. C. (2021). Morphological and mechanical characterization of high-strength sulfur composites prepared with variably-sized lignocellulose particles. *Materials Advances*, 2(22): 7413-7422.

Lehmann, K., Schweimer, K., Reese, G., Randow, S., Suhr, M., Becker, W. M., & Rösch, P. (2006). Structure and stability of 2S albumin-type peanut allergens: implications for the severity of peanut allergic reactions. *Biochemical Journal*, 395(3): 463-472.

Lieberman, J. A., Gupta, R. S., Knibb, R. C., Haselkorn, T., Tilles, S., Mack, D. P., & Pouessel, G. (2021). The global burden of illness of peanut allergy: A comprehensive literature review. *Allergy*, 76(5): 1367–1384.

Liu, F., Zhang, X., Lu, C., Zeng, X., Li, Y., Fu, D., & Wu, G. (2015). Non-specific lipid transfer proteins in plants: presenting new advances and an integrated functional analysis. *Journal of experimental botany*, 66(19): 5663-5681.

Maleki, S. J., Viquez, O., Jacks, T., Dodo, H., Champagne, E. T., Chung, S. Y., & Landry, S. J. (2003). The major peanut allergen, Ara h 2, functions as a trypsin inhibitor, and roasting enhances this function. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 112(1): 190-195.

Mari, A., Scala, E., Palazzo, P., Ridolfi, S., Zennaro, D., & Carabella, G. (2006). Bioinformatics applied to allergy: allergen databases, from collecting sequence information to data integration. The Allergome platform as a model. *Cellular immunology*, 244(2): 97-100.

McCurdy, D. W., Kovar, D. R., & Staiger, C. J. (2001). Actin and actin-binding proteins in higher plants. *Protoplasma*, 215: 89-104.

Moreno, J. P., Johnston, C. A., El-Mubasher, A. A., Papaioannou, M. A., Tyler, C., Gee,

M., & Foreyt, J. P. (2013). Peanut consumption in adolescents is associated with improved weight status. *Nutrition Research*, 33(7): 552-556.

Mylne, J. S., Hara-Nishimura, I., & Rosengren, K. J. (2014). Seed storage albumins: biosynthesis, trafficking and structures. *Functional plant biology*, 41(7): 671-677.

O'Rourke, E., Tang, H., Chin, A., Long, A., & Sindher, S. (2022). Current insights: a systemic review of therapeutic options for peanut allergy. *Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology*, 22(3): 188–193. <https://doi.org/10.1097/ACI.0000000000000824>

Palladino, C., & Breiteneder, H. (2018). Peanut allergens. *Molecular immunology*, 100: 58-70.

Pele, M. (2010). Peanut allergens. *Romanian Biotechnology Lett.* 15(2):5205.

Petersen, A., Becker, W. M., & Jappe, U. (2013). What makes peanuts so allergenic?. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 78(3): 321-331.

Petersen, A., Kull, S., Rennert, S., Becker, W. M., Krause, S., Ernst, M., & Jappe, U. (2015). Peanut defensins: Novel allergens isolated from lipophilic peanut extract. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 136(5): 1295-1301.

Petersen, A., Rennert, S., Kull, S., Becker, W. M., Notbohm, H., Goldmann, T., & Jappe, U. (2014). Roasting and lipid binding provide allergenic and proteolytic stability to the peanut allergen Ara h 8. *Biological chemistry*, 395(2): 239-250.

Porterfield, H. S., Murray, K. S., Schlichting, D. G., Chen, X., Hansen, K. C., Duncan, M. W., & Dreskin, S. C. (2009). Effector activity of peanut allergens: a critical role for Ara h 2, Ara h 6, and their variants. *Clinical & Experimental Allergy*, 39(7): 1099-1108.

Radauer, C., & Breiteneder, H. (2006). Pollen allergens are restricted to few protein families and show distinct patterns of species distribution. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 117(1): 141-147.

Radauer, C., Bublin, M., Wagner, S., Mari, A., & Breiteneder, H. (2008). Allergens are distributed into few protein families and possess a restricted number of biochemical functions. *Journal of allergy and clinical immunology*, 121(4): 847-852.

Saiz, J., Montealegre, C., Marina, M. L., & García-Ruiz, C. (2013). Peanut allergens: an overview. *Critical reviews in food science and nutrition*, 53(7): 722-737.

Santiago, H. D. C., Bennuru, S., Ribeiro, J. M., & Nutman, T. B. (2012). Structural differences between human proteins and aero-and microbial allergens define allergenicity. *PloS one*, 7(7): e40552.

Seidler, M. J., Hoflehner, E., & Gadermaier, G. (2024). Allergenicity and conformational diversity of allergens. *Biomolecules*, 14(1): 1. <https://doi.org/10.3390/biom14010001>

Settaluri, V. S., Kandala, C. V. K., Puppala, N., & Sundaram, J. (2012). Peanuts and their nutritional aspects—a review.

Toomer, O. T. (2018). Nutritional chemistry of the peanut (*Arachis hypogaea*). *Critical reviews in food science and nutrition*, 58(17): 3042-3053.

Variath, M. T., & Janila, P. (2017). Economic and academic importance of peanut. *The peanut genome*, 7-26.

Vereda, A., van Hage, M., Ahlstedt, S., Ibañez, M. D., Cuesta-Herranz, J., van Odijk, J., & Sampson, H. A. (2011). Peanut allergy: clinical and immunologic differences among patients from 3 different geographic regions. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 127(3): 603-607.

Vriens, K., Cammue, B. P., & Thevissen, K. (2014). Antifungal plant defensins: mechanisms of action and production. *Molecules*, 19(8): 12280-12303.

Wen, H. W., Borejsza-Wysocki, W., DeCory, T. R., & Durst, R. A. (2007). Peanut allergy, peanut allergens, and methods for the detection of peanut contamination in food products. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 6(2): 47-58.

WHO/IUIS Allergen Nomenclature Sub-Committee. (2017). www.allergen.org/search.php?allergen_source%20=%20Arachis+hypogaea

Yusnawan, E., Marquis, C. P., & Lee, N. A. (2012). Purification and characterization of Ara h1 and Ara h3 from four peanut market types revealed higher order oligomeric structures. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(41): 10352-10358.

Zhao, X., Chen, J., & Du, F. (2012). Potential use of peanut by-products in food processing: a review. *Journal of food science and technology*, 49: 521-529.

Zhou, X., Wang, H., Wang, R., Zhu, Y., Xu, H., Wang, J., & Chen, Z. (2024). The structure and potential allergenicity of peanut allergen monomers after roasting. *Food & Function*, 15(4): 1238–1250. <https://doi.org/10.1039/D3FO05351B>

Zhuang, Y., & Dreskin, S. C. (2013). Redefining the major peanut allergens. *Immunologic Research*, 55: 125-134.