

## BİTKİ TOHUM MUSİLAJLARI VE GİDALARDA KULLANIMI

Umay Sevgi Vardar<sup>1</sup>, Yılmaz Özcan<sup>2\*</sup>, Duygu Özmen<sup>1</sup>, Ömer Said Toker<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kırklareli, Türkiye

Geliş / *Received*: 05.05.2020; Kabul / *Accepted*: 24.12.2020; Online baskı / *Published online*: 28.01.2021

Vardar, U.S., Özcan, Y., Özmen, D., Toker, O.S. (2021). Bitki tohum musilajları ve gıdalarda kullanımı. *GIDA* (2021) 46(2) 269-278 doi: 10.15237/gida. GD20073.

Vardar, U.S., Özcan, Y., Özmen, D., Toker, O.S. (2021). *Plant seed mucilages and its use in foods. GIDA* (2021) 46(2) 269-278 doi: 10.15237/gida. GD20073.

### ÖZ

Hidrokolloidler, jelleşme, kalınlaştırma, emülsiyon ve köpükleri stabilize etme gibi teknolojik özelliklerinden dolayı gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda tüketicilerin doğal katkı gıdalara olan ilgisi araştırmacıların ticari hidrokolloidlerin yerine bitki tohum musilajlarına olan ilgilerini artırmıştır. Bitki tohum musilajları teknolojik özelliklerinin yanı sıra diyet lifi olma özelliğinden dolayı eklendikleri ürüne fonksiyonel özellik kazandırmaktadır. Musilajların fonksiyonel özellikleri yapılarındaki şekerden dolayı sıcaklık gibi ekstraksiyon koşullarından etkilenmekte olup enzim uygulaması, ultrasonik ve mikrodalga destekli yöntemler de musilaj ekstraksiyonunun da kullanılabilir. Bu derlemede, musilajların farklı kaynaklardan farklı yöntemler ile elde edilmesi ve fırıncılık, süt ve et ürünlerinde kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Musilaj, hidrokolloid, gam, ekstraksiyon

## PLANT SEED MUCILAGES AND ITS USE IN FOODS

### ABSTRACT

Hydrocolloids are widely used in the food industry due to their technological properties such as gelling, thickening, emulsion and foam stabilization. In recent years, consumers' interest in minimally processed foods has increased researchers' interest in plant seed mucilage rather than commercial hydrocolloids. Plant seed mucilages add functional properties to the product they are added to due to their technological properties as well as being dietary fiber. Functional properties of mucilages are affected by extraction conditions such as temperature due to the presence of sugar in their structure, and enzyme treatment, ultrasonic and microwave assisted methods can also be used in mucilage extraction. In this review, studies on extraction mucilages from different sources and using them in bakery, dairy and meat products are summarized.

**Keywords:** Mucilage, hydrocolloid, gum, extraction

\* Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*

✉: yilmaz.ozcan@klu.edu.tr,

☎: (+90) 288 214 05 14

☎: (+90) 288 214 05 16

Umay Sevgi Vardar; ORCID no: 0000-0002-4900-8009

Yılmaz Özcan; ORCID no: 0000-0002-6763-3158

Duygu Özmen; ORCID no: 0000-0002-1052-3599

Ömer Said Toker; ORCID no: 0000-0002-7304-2071

## GİRİŞ

Hidrokoloidler yapılarındaki hidroksil gruplarından dolayı suda çözünebilir biyopolimer gruplarıdır. Stabilize ve emülsifiye etme, jelleşme, kalınlaştırma ve retrogradasyonu önleme gibi işlemlerde yer alarak gıdaların fonksiyonel ve reolojik özelliklerinin iyileştirilmesinde kullanılmaktadırlar. Bu yüzden gıda prosesleri için önemli bir katkı maddesi olup dondurma, salata sosu ve jöleli tatlılar gibi gıda ürünlerinde yer almaktadırlar (BeMiller vd. 2011; Yuan Hung vd. 2019; Saha ve Bhattacharya, 2010).

Emülsifiyerler, emülsiyon bazlı ürünlerin önemli bir bileşenidir. Gıda endüstrisinde sukroz ve sorbitan esterleri gibi sentetik emülsifiye edici ajanlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla beraber sentetik emülsifiyerlerin birçok alerjik ve otoimmün hastalıkların görülme sıklığını arttırdığı belirtilmiştir (McClements vd. 2017). Bu yüzden spesifik fonksiyonel özellikler (yapısal, fizikokimyasal) gösterebilen yeni gıda hidrokoloid kaynaklarının araştırılması son zamanlarda artış göstermiştir. Bu amaçla yeni hidrokoloid kaynağı olarak müsilağlar üzerinde yapılan araştırmalar günden güne yoğunlaşmaktadır (Da Silva vd. 2019). Tohum müsilağlarının koloidal özelliklerinden dolayı gıda ve diğer endüstrilerde emülsifiye edici ve kalınlaştırıcı ajan olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir. Ayrıca, teknolojik özelliklerinin yanı sıra tohumların müsilağınöz bileşenlerinin diyet lifi fonksiyonları dolayısıyla da insan sağlığına fayda sağlayacağı vurgulanmıştır (Pereira vd. 2019).

## Tohum Musilajlarının Özellikleri

Bitki tohumlarından elde edilen polisakkaritler, yapısal ve tekstürel özellikler kazandırma, emülsifiye etme ve kıvam arttırma gibi kendilerine özgü teknolojik faydaları ve diyet liflerinin doğal kaynağı olmaları gibi besinsel yararları ile gıda sanayinde kullanılan önemli hidrokoloidlerden biridir. Bitki tohumu polisakkaritleri genel olarak galaktomannanlar gibi nişasta olmayan endosperm bileşenleri, tohum tabakası müsilağ bileşenleri (keten, çiya, sarı hardal, pisilyum) ve endosperm hücre duvarı bileşeni (soya fasulyesi hemiselülozu) olmak üzere üç

grupta sınıflandırılırlar (Soukulas 2018). Müsilağ polisakkaritleri, bitkilerde tohum hidrasyonunun korunmasında ve kurak koşullarda hayatta kalmasında görev alan bitki hidrokoloidleridir (Yu vd. 2017).

Müsilağlar genellikle gamlar ile karıştırılmaktadır ancak bu iki kavram birbirinden farklıdır. Gamlar, genellikle bitkilerin bir yaralanma ya da hücre duvarının zedelenmesi ile ürettikleri bileşenler olarak düşünülürken müsilağlar metabolizmanın olağan olarak ürettiği ürünlerdir. Gamlar patolojik ürünler olup suda çözünürken müsilağlar fizyolojik ürünler olup suda çözünen sümüksü kitleler oluşturur (Jani vd. 2009). Akasya, tarakant ve guar gam gam çeşitlerinden bazılarıdır. Müsilağlar ise bitkinin yaprak (sinameki), tohum zarı (keten tohumu, pisilyum), kök (hatmi), kabuk (karaağaç) ve orta lamel (aloe) gibi birçok farklı kısımlarında bulunur (Jani vd. 2009).

Gamlar ve müsilağlar bazı benzer özelliklere de sahiptir. Bitkisel hidrokoloid olmaları ve yarı saydam amorf özellik göstermeleri ortak özellikleri arasındadır. Bununla birlikte her ikisi de bir monosakkaritin veya monosakkarit karışımının polimerleri olup birçoğu üronik asitlerle bağ yapmış formdadır (Jani vd. 2009). Galaktoz, galakturonik asit kalıntıları içermesinin yanı sıra çoğunluk olarak da arabinoz ve ksiloz içermektedirler. Kimyasal yapıları incelendiğinde 1,4 ve 1,3 bağlarıyla bağlı arabinoksilan polimerleri olduğu görülmektedir (Abdurrahmanoğlu, 2017). Benzer bileşenlere sahip olan gamlar ve müsilağlar hidroliz sonucu şeker ve üronik asit karışımı oluştururlar (Jani vd. 2009). Düz zincirli polisakkaritler aynı molekül ağırlığındaki dallı bileşenler ile kıyaslandığında daha fazla yer kaplar ve viskoz yapı oluştururlar. Dallanmış bileşikler daha kolay jel oluşturur ve zincir uzunluğunca herhangi bir etkileşim mümkün olmadığından daha kararlı bir yapı gösterirler (Glaue, 2018).

Ancak bir bitkinin eksüdası ya da ekstratının gam mı yoksa müsilağ mı olarak adlandırılması gerektiğine dair tatmin edici bir çözüm olmamakla birlikte sözlük anlamı olarak da yetersizdir. Tohum ekstratının kabuk ya da yumuşak

saplardan akan maddelerin müsilağ olarak adlandırılması yönünde bir eğilim olmakla birlikte, bamya (*Hibiscus esculentus*), psyllium (*Plantago* spp.; Plantaginaceae, Scrophulariales), keten tohumu (*Linum usitatissimum*; Linaceae, Geraniales) ve ruredzo (*Dicerocaryum zaquebarium*) müsilağlara örnek olarak gösterilmektedir (Mohammadifar vd. 2006).

### Bitki Tohumlarından Müsilağ Ekstraksiyonu

Bitki tohum müsilağları (BTM) yüksek hidrofilik yapıları nedeniyle bozulmamış tohum ve tohum kabuklarının suyla muamele edilmesi ile ekstrate edilebilir. Tohumun orjini ve genotipi, ekstraksiyonda kullanılacak çözücünün pH ve sıcaklığı, ekstraksiyon süresi, tohum ve çözücü oranı gibi etkenlere bağlı olarak ekstraksiyon randımanı %3 ile %35 arasında değişebilmektedir. Ancak bazı durumlarda tohumların suya ıslanması müsilağın yeteri kadar çözünmesini sağlamaz. Hafif çalkalama işlemi yapışkan olmayan dış müsilağ tabakasının ekstraksiyonunu arttırırsa da içteki yapışkan tabakanın çözünmesi sadece hedeflenen fiziksel, kimyasal ya da enzimatik muamele yoluyla sağlanabilir (Soukulis vd. 2018).

BTM ekstraksiyonunda klasik yöntemin dışında ultrases, mikrodalga gibi yöntemlerin de kullanıldığı bilinmektedir. Nazir vd. (2017), fesleğen tohumlarından müsilağ ekstraksiyonunun optimizasyonunu gerçekleştirdikleri çalışmada sıcaklık ve ekstraksiyon süresinin artmasıyla müsilağ ekstraksiyonunun arttığı ancak 80 °C ve üzeri sıcaklıklarda polisakkarit degradasyonu ile birlikte ekstraksiyon veriminin düştüğü ifade edilmiştir. Sabit sıcaklık ve süre koşullarında su/tohum oranı artışının ise verimi arttırdığı, ekstraksiyon süresi ile su/tohum oranı artışının da ekstraksiyon verimini arttırdığı gözlemlenmiştir. Artan su/tohum oranı ile suyun daha iyi itici güç olduğu ve sıcaklık artışının ise suyun tohum içerisine penetrasyonunun kolaylaşması sonucu verimi arttırdığı ifade edilmiştir.

Klasik ekstraksiyon yöntemine alternatif olarak kullanılan mikrodalga yönteminde ise mikrodalga gücü ve ekstraksiyon süresinin artmasıyla müsilağ veriminin arttığı, işlem sırasında gerçekleşen sıcaklık artışının müsilağın çözünmesini

kolaylaştırarak ekstraksiyon verimini olumlu etkilediği belirtilmiştir (Haddache vd. 2016; Lu-Han vd. 2016). Ultrases yöntemi ile gerçekleştirilen ekstraksiyonlarda ultrases şiddeti ve ekstraksiyon süresinin müsilağ ekstraksiyon verimini arttırdığı ancak ultrases ile oluşan kaviteasyon köpüklerinin termomekanik etkisinden dolayı polisakkaritlerin yapısını değiştirdiği gözlemlenmiştir. Ekstraksiyon süresinin artmasıyla bu degradasyonun daha belirgin görüldüğü ifade edilmiştir (Fabre ve Pereira, 2015).

Tohum müsilağlarının ekstraksiyonunda ayrıca enzim destekli ekstraksiyon, presleme gibi yardımcı işlemler ile ilgili çalışmalar da gerçekleştirilmiştir (Chiang vd. 2019; Gheribi vd. 2019; Da Silva vd. 2019).

### Tohum Müsilağlarının Teknolojik Özellikleri ve Gıda Uygulamaları

Müsilağlar, hidrofobik ya da hidrojen bağı yoluyla polimer zincir yan gruplarının moleküller arası interaksiyonu sebebiyle kalınlaştırıcı ve yapı oluşturucu olarak kullanılırlar. Polimer zincirlerinin akış yönüne uyum sağlama yetenekleri müsilağ solüsyonlarına psödoplastik özellik kazandırır. Keten tohumu ve sarı hardal gibi bitkilerde bulunan iyonik yapıdaki müsilağlar iyonik şiddet ve pH değişimlerine karşı daha duyarlıdır. Diğer taraftan tere ve çiya tohumundaki gibi ksantan gam iyonik özellik göstermeyen ticari gamlara benzemekte ve pH değişimlerine duyarlılık göstermemektedir (Soukoulis vd. 2018).

Hidrojen kationlarının artışı, aynı yüklü yan zincir grupları arasındaki itme kuvvetini azaltarak polimer zincirlerinin hidrojen bağlanması ile birleşme bölgelerinin oluşumuna neden olur ve böylece keten tohumu ve sarı hardal gamları ve bunların pektik olmayan fraksiyonları asit jel oluşturabilirler (Qian vd. 2012; Chen vd. 2006; Wu vd. 2009). Düşük konsantrasyonlarda kationların ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ) varlığı, BTM sulu sistemlerinde jel dayanımını artırır. Fakat kationların yüksek konsantrasyonlarda olması polimer molekülleri arasındaki elektrostatik itme kuvvetlerinden dolayı jel dayanımını azaltır (Chen

vd. 2006). İyonik jellerin mekanik özellikleri musilaj konsantrasyonuna ve üronik asit içeriğine bağlı olarak değişmektedir. Düşük üronik asit içeriğine sahip tohum müsilağlarının kationların varlığında viskozimetrik tepkisi olumsuz etkilenmektedir (Soukoulis vd. 2018).

BTM'lerin yapıyı modifiye etmelerindeki en önemli parametrelerden biri de şekerdir. BTM dispersiyonlarında şekerin de yer alması reolojik parametreler üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Şekerle birlikte çözünen maddelerin yeterli miktarda mevcut olduğu durumlarda BTM'lerin yapı uyumunu değiştirerek etki eder. Bazı durumlarda ise bu maddelerin düşük konsantrasyonlarda olumsuz bir etki gösterdiği belirtilmiştir (Behrouzian vd. 2013; Capitani vd. 2016).

Protein safsızlıklarının varlığı BTM'lerin viskozimetrik ve reolojik özelliklerini etkilemektedir. Protein safsızlıklarının uzaklaştırılması BTM'lerin kalınlaştırıcı ve jel oluşturma kapasitelerini önemli ölçüde geliştirmektedir. Safsızlıkların giderilmesi musilaj çözünürlüğünü artırır, yan zincir gruplarının yapısal olarak engellenen moleküller arası etkileşimini ortadan kaldırır ve daha yüksek viskozimetrik etkilere ve mekanik deformasyonu sürdüren düzenli biyopolimer ağlarını oluşturulmasına yol açar (Razmkhah vd. 2016a; Razmkhah vd. 2016b).

Polimerlerdeki hidrofobik ve hidrofilik yan zincir gruplarının varlığı yüzey aktif özellik kazandırmaktadır. Bu yüzden hidrokolloidler güçlü yüzey aktif maddeler olarak kabul edilmezler (Tabasi vd. 2017).

Molekül ağırlığı, protein oranı, zincir esnekliği ve üronik asit varlığı BTM arayüzey aktivitesini etkileyen önemli parametrelerdir (Tabasi vd. 2017). Müsilağların düşük konsantrasyonlarda stabilize etme etkisi ise amfilik karakteri ile ilişkilidir ve protein safsızlıklarının varlığı yağ-su arayüzeyinde adsorpsiyonu artırır. Bazı çalışmalar, protein parçalarının elimine edilmesinin yüzey geriliminde önemli düzeyde artışa sebep olarak yüzey aktif olmayan gamlara

kıyasla daha düşük emülsifiye edici kapasiteye yol açtığını göstermiştir (Soukoulis, 2017).

Bitki tohumlarından ve bitkinin diğer bölümlerinden elde edilen musilağlar şeker ve üronik asit birimlerinden oluşan kompleks polisakaritler olup endüstride ise kalınlaştırıcı, emülsifiye edici, jelleştirici, bağlayıcı gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Bununla birlikte eczacılık alanında geniş çapta kullanılmakta olup medikal kullanımının da olduğu bilinmektedir (Hassan vd. 2015). Son zamanlarda BTM'lerin ticari hidrokolloidlerle sinerjistik etkisinden yararlanılarak gıda endüstrisindeki uygulamalarında artış meydana gelmiştir (Staffolo vd. 2017).

Tere musilağı kullanılarak üretilen yoğurtta, depolama boyunca fermentasyon süresinde, pH değerinde ve proteoliz enzimleri üzerinde önemli ölçüde değişiklik olmadığı saptanmıştır. Yoğurt kalite parametreleri ile pozitif bir ilişki gösteren tere musilağı serum proteinlerinin ayrılmasını azaltmış ve yoğurt viskozitesini arttırmıştır. Bununla birlikte depolama süresine bağlı olarak uçucu bileşenlerde (asetaldehit ve diasetil) düşüş görülmüştür (Hassan vd. 2015).

Fesleğen tohumu musilağı karboksimetilselüloz ve guar gam gibi ticari hidrokolloidlere kıyasla dondurma örneklerinde rekristalizasyonu azaltmış ve kristal büyüklüğünü önemli ölçüde etkilememiştir. Fesleğen tohumu musilağı kristal büyüme hızını %30-40 arasında azaltmış ve partikül büyüklüğünü arttırmıştır (BahramParvar vd. 2013). Fesleğen tohum gamı düşük yağ içerikli dondurmalarda istenilen reolojik özellikleri kazandırmıştır. Bununla beraber erime hızı düşerken yağ ikamesi kullanılan örneklerde erime süresi ve ilk damlama sürelerinde artış görülmüştür (Javidi vd. 2016). BTM önemli ölçüde arayüzey aktivitesi gösterebilmekte olup sütte yağ-su ve hava-su arayüzeylerini stabilize etmektedir. Ayrıca çiya ve fesleğen musilağlarının serum viskozitesini artırarak dondurmada stabilizasyonu sağladığı belirtilmiştir (Yadav vd. 2016).

Arzu edilen tekstürü oluşturmaları ve raf ömrünü uzatmaları sebebiyle hidrokolloidlerin fırıncılık

ürünlerinde kullanımları da karşımıza çıkmaktadır (Kohajdova vd. 2009). Glutensiz ürünler gibi yeniden formüle edilen ürünlerde yapıyı iyileştirmek ve bayatlamayı geciktirmek amacıyla kullanılmaktadır (Smith vd. 2004). Musilajların hidrojel oluşturma yeteneği pişirme esnasında ürün içerisinden kabuk kısmına doğru su buharı geçişini kontrol etmekte ve bu sayede son ürünlerdeki ağırlık ve hacim kaybı en aza indirilmektedir (Fernandes vd. 2017). Keklerde shortening ve yumurta yerine %25 ve %75 oranında kullanılan çiya tohumu hidrojelci doymuş yağ, kolesterol ve kalori alımının önemli ölçüde azalmasını sağlamıştır. Ayrıca keklerin spesifik hacmi, nem içeriği ve yapısal özelliklerinin korunmasını sağlamasına rağmen musilaj kullanımı organoleptik özellikleri önemli derecede değiştirerek tüketici tercihini olumsuz yönde etkileyeceğinden yağ miktarının azaltıldığı formülasyonlarda kısmen kullanılabilir (Soukulis vd. 2018). Çiya tohumu ile zenginleştirilen pita ekmeğinde, ekmeğin glisemik indeksi yüksek miktarda nişasta jelatinizasyonundan dolayı artış göstermiş ve kabuk kısmında düşük jelatinizasyon derecesinden dolayı musilaj ilavesi glisemik indeksin azalmasına sebep olmuştur (Salgado-Cruz vd. 2017). Son zamanlarda, glutensiz ürünlere yapı kazandırmak amacıyla hamur ve kabartma geliştirici olarak BTM kullanımı artış göstermiştir. Korus ve ark. (2015), yaptığı bir çalışmada %1,2 ile 2,4 oranlarında keten tohumu müsilağının, pektin ve guar gam gibi ticari hidrokolloidler ile benzer şekilde glutensiz ekmeğin duyu kalitesini arttırmak ve hamurun viskoelastik, fiziksel ve mekanik özelliklerini korumak için kullanılabilirliği ifade edilmiştir. Guar gam ve pektinin yerine keten tohumu müsilağının kullanılması ekmeğin duyu kalitesini arttırmış, tekstür ve bayatlama üzerinde ise sınırlı etki göstermiştir. Ayrıca, keten tohumu ilavesi nişasta retrogradasyonuna bağlı olarak ekmeğin termo fiziksel yapısını değiştirmemiştir. Glutensiz makarnaya çiya tohum müsilağı ilavesi ile son ürünün pişirme kalitesinde gelişme görülmemiş makarnanın çözünür çözünmeyen lif, fenolik bileşikler ve protein içeriğinin artması ile besinsel profilinde iyileşme gerçekleşmiştir (Menga, 2017). Çiya tohumu ilavesi ile üretilen

galetelerin kimyasal ve fiziksel bazı özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, çiya tohumu ilavesinin toplam ağırlık kaybına etkisi gözlenmezken çiya tohumunun oranı arttıkça ağırlık kaybında nispeten de olsa artış olduğu görülmüştür (Özgören, 2018). Çiya müsilağı ile hazırlanan ekmeğin ve çikolatalı keklerde, müsilağlar farklı oranlarda yağ ikame edicisi olarak kullanılmış ve %50 oranında yağ ikamesi olarak kullanılan örneklerde ürünün fiziksel ve teknolojik özelliklerinde bir değişiklik gözlenmemiştir. Bu durum çiya müsilağının gıda endüstrisinde yağ ikamesi alternatifi olarak kullanılabilirliği şeklinde ifade edilmiştir. Bununla birlikte kek üretiminde %75 ve üzeri oranlarda kullanılan müsilağ kek hacmini azaltmıştır (Fernandes vd. 2017). Püskürtülerek kurutulmuş probiyotik bakteriler (*L. acidophilus*, *L. plantarum* and *B. infantis*) içeren maltodekstrin/protein tozuna, keten ya da çiya müsilağlarının katılması hücrelerin biyolojik aktivitelerini dehidrasyon boyunca korumuştur (Soukulis vd. 2018). Psyllium müsilağının *L. plantarum* hücrelerini immobilize etme potansiyeli, patates nişastası ve inülinle kıyaslandığında sert gastrointestinal sıvılara maruz kalma sonucu ortaya çıkan hücre zararını etkili biçimde engellediği görülmüştür. Çözücü ile yer değiştirme metodu ile oluşturulan çiya müsilağı nanopartikülleri yağ enkapsülasyonunda kullanılmış olup nanopartiküller lipit damlacıklarının instabilitesini arttırmış ve mono ve poli-doymamış yağ asitlerinin oksidatif bozunmasına karşı somut bir fiziksel bariyer sağlamıştır (Peredo vd. 2016). Çiya tohumu yağının çiya müsilağı ile enkapsülasyonu sonucunda, depolama süresince fiziksel ve termal stabilite korunmuştur. Hızlandırılmış koşullardaki 28 günlük depolama süresince yağın oksidatif stabilitesinin korunması çiya müsilağının biyoaktif yağların enkapsülasyonunda başarıyla kullanılabilirliğini göstermiştir (de Campo vd. 2017). BTM birçok yağ/su ya da su/yağ emülsiyonunda stabilizasyon sağlamak, yapı oluşturmak ya da tekstür sağlamak için kullanılmaktadır. Çiya müsilağı sürekli su fazında disperse olan miktarına bağlı olarak yağ/su emülsiyonlarını stabilize edici etki göstermiştir. Yağ damlacıklarının boyutunda meydana gelen artışa rağmen musilaj konsantrasyonunun artması,

damlacıkların biraraya gelmesini ve yerçekimsel ayrılmayı inhibe etmiştir (Capitani vd. 2016). Çiya müsilağının yağ-su arayüzeyini stabilize etme yeteneğinin çiya müsilağının kompozisyonel ve mikroyapısal çeşitliliğine katkı sağlayan, yağ su arayüzeyinin çevresinde heterojen viskoelastik yapıların oluşumuyla ilişkili olduğu düşünülmektedir (Avila-de la Rosa, 2015). Tek başına ya da jelatin ile karışım halinde fesleğen tohum müsilağının protein miyofibriller jelinin pişirme kalitesi ve viskoelastik özelliklerini üzerine etkisi araştırılmıştır. Musilaj ile jelatin arasındaki sinerjistik etkinin pişirme randımanını, jel gücünü ve yapı yoğunluğunu arttırdığı saptanmıştır. Ayrıca, su salınımını azalttığı görülmüş olup protein-jelatin-fesleğen gamı interaksiyonuna sebep olan kovalent bağlanmanın budurumun sebebi olduğu düşünülmektedir (Lee vd. 2017). Yüksek miktarda nişasta (%8-30), gam (%11-44) ve müsilağ maddesi (%6-61) içeren sahlep ilavesi

ile üretilen sucukların sertlik değerinin arttığı ancak diğer tekstürel parametreler üzerinde herhangi bir etkinin söz konusu olmadığı belirtilmiştir (Gök vd. 2018). Çiya tohumunun jelleşme özelliklerinin modifiye pektin türlerine çok yakın olduğu gözlenmiştir. Bu sonuç, ticari reçeller veya soslarda pektin yerine çiya tohumunun kullanılabilirliğini göstermektedir. Reolojik parametreler, şekersiz çiya tohumu ilaveli marmelatın kayma incelme özelliği taşıdığını göstermiştir. Çiya tohumu ilavesinin viskoziteyi artırdığı tespit edilmiştir (Özbek vd. 2019). Balangu tohum müsilağlarından yenilebilir film üretimi üzerine yapılan bir çalışmada ise; balangu müsilağının sergilediği mekanik, su buharı ve oksijen geçirgenliği özelliklerinin ambalajlama uygulamaları için potansiyel bir aday olduğu gösterilmiştir (Sadeghi-Varkani vd. 2018). Farklı tohum müsilağlarının kullanıldığı ürünler ve son ürünlerdeki değişimler Çizelge 1’ de verilmiştir.

Çizelge 1. Farklı tohum müsilağlarının son ürün özelliklerine etkisi

Ürün	Musilaj Tipi	Kullanım Amacı	Sonuç	Kaynak
Dondurma	Çiya tohum müsilağı	Stabilizatör Köpük oluşturuçu	Eriye direncinde artma Tat, tekstür ve genel kabul edilebilirlik üzerine olumsuz etki	Campos vd. (2016)
Portakal suyu	Çiya tohum müsilağı	Kaplama materyali	Yüksek L ve düşük a* değeri Uygun biyoerişilebilirlik düzeyi	Stefani vd. (2019)
Bologna sosisi	Çiya tohum müsilağı	Yağ ikamesi	Benzer iştah ve tokluk hissi	Camara vd. (2020)
Yenilebilir film	Çiya tohum müsilağı	Film oluşturuçu	Yüksek su çözünürlüğü, termal direnç, şeffaflık Plastikleştirici içeriğine bağlı olarak kabul edilebilir gerilme kuvveti, esneklik ve uzayabilirlik	Dick vd. (2015)
Pound kek	Çiya tohum müsilağı	Yağ ikamesi	Spesifik hacim ve ekmek içi sertliğinde artma Ekmek içi L* değerinde azalma	Felisberto vd. (2015)
Sütlü tatlı	Ayva tohum müsilağı	Kaplama materyali	<i>L. rhamnosus</i> için bağırsak-mide koşullarında artan dayanıklılık Sertlik, çiğnenebilirlik, yapışkanlık değerlerinde artış	Dokoohaki vd. (2019)
Yenilebilir film	Ayva tohum müsilağı	Film oluşturuçu	İyi antioksidan ve antibakteriyel kapasite Kabul edilebilir mekanik ve bariyer özellikler	Jouki vd. (2013)
Yoğurt	Keten tohumu müsilağı	Stabilizatör	Azalan yapışkanlık Gelişmiş tekstür, azalan su salınımı Düşük genel kabul edilebilirlik	Basiri vd. (2018)
Noodle	Keten tohumu müsilağı	Fonksiyonel bileşik	Pişme kaybında artma Sertlik ve çekme direncinde azalma	Zhu ve Li (2019)

**SONUÇ**

Bitki kökenli hidrokolloidler hayvansal hidrokolloidlere alternatif olarak ortaya çıkmış ve son zamanlarda bu konudaki araştırmalar artmıştır. Musilajların kalınlaştırma, jel oluşturma ve emülsifiye etme gibi yapı üzerinde teknolojik etkileri olup diyet lifi olması açısından da fonksiyonel özellik göstermektedir. Musilaj ekstraksiyon koşulları, bahsedilen özellikler üzerinde önemli bir faktördür. Musilajların gıda uygulamaları ile ilgili çalışmalar hız kazanmakta olup mevcut ticari hidrokolloidler ile rekabet edebilecek düzeyde olumlu etkiler gösterebilmektedir. Ancak yapıdaki protein grupları gibi bazı safsızlıklar teknolojik özellikleri olumsuz şekilde etkileyebilmektedir. Musilajların ekstraksiyon sonrası saflaştırılmaları ile ilgili çalışmaların gerçekleştirilmesinin bu noktadaki problemleri çözeceği düşünülmektedir.

**ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI**

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

**YAZAR KATKILARI**

Tüm yazarlar makalenin kaynak tarama, yazma, düzenleme aşamalarında katkıda bulunmuşlardır. Yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

**KAYNAKLAR**

Abdurrahmanoğlu, E. T. (2017). Yetişkinlerde Tam Tahıl Yeme İsteği, Diyet Lifi Bilgi Düzeyi ve Tam Tahıl Tüketimi İle Depresyon Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi, Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye, 150 s.

Avila-de la Rosa, G., Alvarez-Ramirez, J., Vernon-Carter, E.J., Carrillo-Navas, H., Pérez-Alonso, C. (2015). Viscoelasticity of chia (*Salvia hispanica* L.) seed mucilage dispersion in the vicinity of an oil-water interface. *Food Hydrocoll*, 49: 200–207, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.03.017>.

BahramParvar, M., Tehrani, M.M., Razavi, S.M.A. (2013). Effects of a novel stabilizer blend and presence of  $\kappa$ -carrageenan on some properties of

vanilla ice cream during storage. *Food Biosci*, 3: 10–18, <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2013.05.001>.

Basiri, S., Haidary, N., Shekarforoush, S.S., Niakousari, M. (2018). Flaxseed mucilage: A natural stabilizer in stirred yogurt. *Carbohydr Polym*, 187: 59–65, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.01.049>.

Behrouzian, F., Razavi, S.M.A., Karazhiyan, H. (2013). The effect of pH, salts and sugars on the rheological properties of cress seed (*Lepidium sativum*) gum. *Int J Food Sci Tech*, 48(12): 2506–2513, <https://doi.org/10.1111/ijfs.12242>.

Bemiller, J.N. (2011). Pasting, paste, and gel properties of starch-hydrocolloid combinations. *Carbohydr Polym*, 86(2): 386–423, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.05.064>.

Câmara, A.K.F.I., Geraldi, M.V., Okuro, P.K., Maróstica, M.R., Da Cunha, R.L., Pollonio, M.A.R. (2020). Satiety and in vitro digestibility of low saturated fat Bologna sausages added of chia mucilage powder and chia mucilage-based emulsion gel. *J Funct Foods*, 65: 103753, <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103753>.

Campos, B.E., Dias Ruivo, T., Da Silva Scapim, M.R., Madrona, G.S., De C. Bergamasco, R. (2016). Optimization of the mucilage extraction process from chia seeds and application in ice cream as a stabilizer and emulsifier. *Lwt-Food Sci Technol*, 65: 874–883, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.021>.

Capitani, M.I., Nolasco, S.M., Tomás, M.C. (2016). Stability of oil-in-water (O/W) emulsions with chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage. *Food Hydrocoll*, 61: 537–546. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.06.008>.

Chen, H.H., Xu, S.Y., Wang, Z. (2006). Gelation properties of flaxseed gum. *J. Food Eng*, 77(2): 295–303, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.06.033>.

Chiang, C. F., Lai, L. S. (2019). Effect of enzyme-assisted extraction on the physicochemical properties of mucilage from the fronds of *Asplenium australasicum* (J. Sm.) Hook. *Int J Biol Macromol*, 124: 346–353, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.181>.

- Da Silva Stefani, F., De Campo, C., Paese, K., Stanisçuaski Guterres, S., Haas Costa, T.M., Hickmann Flôres, S. (2019). Nanoencapsulation of linseed oil with chia mucilage as structuring material: Characterization, stability and enrichment of orange juice. *Food Res Int*, 120: 872–879, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.11.052>.
- De Campo, C., Dos Santos, P.P., Costa, T.M.H., Paese, K., Guterres, S.S., Rios, A. De O., Flôres, S.H. (2017). Nanoencapsulation of chia seed oil with chia mucilage (*Salvia hispanica* L.) as wall material: Characterization and stability evaluation. *Food Chem*, 234: 1–9, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.153>.
- Dello Staffolo, M., Sato, A.C.K., Cunha, R.L. (2017). Utilization of Plant Dietary Fibers to Reinforce Low-Calorie Dairy Dessert Structure. *Food Bioproc Tech*, 10(5): 914–925, <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1872-9>.
- Dick, M., Costa, T.M.H., Gomaa, A., Subirade, M., Rios, A.D.O., Flôres, S.H. (2015). Edible film production from chia seed mucilage: Effect of glycerol concentration on its physicochemical and mechanical properties. *Carbohydr Polym*, 130: 198–205, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.05.040>.
- Dokoohaki, Z.N., Sekhavatizadeh, S.S., Hosseinzadeh, S. (2019). Dairy dessert containing microencapsulated *Lactobacillus rhamnosus* (ATCC 53103) with quince seed mucilage as a coating material. *Lwt*, 115: 108429, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108429>.
- Fabre, J.F., Lacroux, E., Gravé, G., Mouloungui, Z. (2020). Extraction of camelina mucilage with ultrasound and high flow rate fluid circulation. *Ind Crop Prod*, 144: 112057, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.112057>.
- Felisberto, M.H.F., Wahanik, A.L., Gomes-Ruffi, C.R., Clerici, M.T.P.S., Chang, Y.K., Steel, C.J. (2015). Use of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage gel to reduce fat in pound cakes. *Lwt-Food Sci Technol*, 63(2): 1049-1055.
- Felkai-Haddache, L., Dahmoune, F., Remini, H., Lefsih, K., Mouni, L., Madani, K. (2016). Microwave optimization of mucilage extraction from *Opuntia ficus indica* Cladodes. *Int J Biol Macromol*, 84: 24–30, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.11.090>.
- Fernandes, S.S., Salas-Mellado, M. De Las M. (2017). Addition of chia seed mucilage for reduction of fat content in bread and cakes. *Food Chem*, 227: 237–244, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.075>.
- Gheribi, R., Gharbi, M.A., El Ouni, M., Khwaldia, K. (2019). Enhancement of the physical, mechanical and thermal properties of cactus mucilage films by blending with polyvinyl alcohol. *Food Packag Shelf Life*, 22: 100386, <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100386>.
- Gök, İ., Kılıç, B., Özer, C.O. (2018). Salep Kullanımının Fermente Türk Sucuğu Kalite Parametreleri. *Türk tarım gıda bilim teknoloj derg*, 6(2): 219–225, <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i2.219-225.1593>.
- Han, Y.L., Gao, J., Yin, Y.Y., Jin, Z.Y., Xu, X.M., Chen, H.Q. (2016). Extraction optimization by response surface methodology of mucilage polysaccharide from the peel of *Opuntia dillenii* haw. fruits and their physicochemical properties. *Carbohydr Poly*, 151: 381–391, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.05.085>.
- Hassan, L.K., Haggag, H.F., ElKalyoubi, M.H., Abd EL-Aziz, M., El-Sayed, M.M., Sayed, A. F. (2015). Physico-chemical properties of yoghurt containing cress seed mucilage or guar gum. *Ann Agric Sci*, 60(1): 21–28, <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2014.11.021>.
- Hung, P.Y., Lai, L.S. (2019). Structural characterization and rheological properties of the water extracted mucilage of *Basella alba* and the starch/aqueous mucilage blends. *Food Hydrocoll*, 93, 413–421, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.02.037>.
- Jani, G.K., Shah, D.P., Prajapati, V.D., Jain, V.C. (2009). Gums and mucilages: versatile excipients for pharmaceutical formulations. *Asian J Pharm Sci*, 4(5): 308–322.
- Javidi, F., Razavi, S.M.A., Behrouzian, F., Alghooneh, A. (2016). The influence of basil seed gum, guar gum and their blend on the rheological,



- physical and sensory properties of low fat ice cream. *Food Hydrocoll*, 52: 625–633, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.08.006>.
- Jouki, M., Tabatabaei Yazdi, F., Mortazavi, S.A., Koocheki, A. (2013). Physical, barrier and antioxidant properties of a novel plasticized edible film from quince seed mucilage. *Int J Biol Macromol*, 62: 500–507, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.09.031>.
- Kohajdová, Z., Karovičová, J. (2009). Application of hydrocolloids as baking improvers. *Chem Pap*, 63(1): 26–38, <https://doi.org/10.2478/s11696-008-0085-0>.
- Korus, J., Witeczak, T., Ziobro, R., Juszcak, L. (2015). Linseed (*Linum usitatissimum* L.) mucilage as a novel structure forming agent in gluten-free bread. *Lwt-Food Sci Technol*, 62(1): 257–264, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.040>.
- Lee, C. H., Chin, K.B. (2017). Development of low-fat sausages using basil seed gum (*Ocimum bacilicum* L.) and gelatin as a fat replacer. *Int J Food Sci Tech*, 52(3): 733–740, <https://doi.org/10.1111/ijfs.13328>.
- Menga, V., Amato, M., Phillips, T.D., Angelino, D., Morreale, F., Fares, C. (2017). Gluten-free pasta incorporating chia (*Salvia hispanica* L.) as thickening agent: An approach to naturally improve the nutritional profile and the in vitro carbohydrate digestibility. *Food Chem*, 221: 1954–1961, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.151>.
- Mohammadifar, M.A., Musavi, S.M., Kiumarsi, A., Williams, P.A. (2006). Solution properties of targacanthin (water-soluble part of gum tragacanth exudate from *Astragalus gossypinus*). *Int J Biol Macromol*, 38(1): 31–39, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2005.12.015>.
- Naji-Tabasi, S., Razavi, S.M.A. (2017). Functional properties and applications of basil seed gum: An overview. *Food Hydrocoll*, 73: 313–325, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.07.007>.
- Nazir, S., Wani, I.A., Masoodi, F.A. (2017). Extraction optimization of mucilage from Basil (*Ocimum basilicum* L.) seeds using response surface methodology. *J Adv Res*, 8(3): 235–244, <https://doi.org/10.1016/j.jare.2017.01.003>.
- Öncü Glaue, Ş. (2018). Bamyasın Termoreolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, İzmir, Türkiye, 137 s.
- Özbek, T., Sahin-Yesilcubuk, N., Demirel, B. (2019). Quality and Nutritional Value of Functional Strawberry Marmalade Enriched with Chia Seed (*Salvia hispanica* L.). *J Food Qual*, 2019: <https://doi.org/10.1155/2019/2391931>.
- Özgören, E., Kaplan, H.B., Tüfekçi, S. (2018). Some Chemical and Physical Properties of Breadsticks Produced By Using Chia Seed. *Food and Health*, 4(2): 140–146, <https://doi.org/10.3153/fh18014>.
- Peredo, A.G., Beristain, C.I., Pascual, L.A., Azuara, E., Jimenez, M. (2016). The effect of prebiotics on the viability of encapsulated probiotic bacteria. *Lwt-Food Sci Technol*, 73: 191–196, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.021>.
- Pereira, G.A., Silva, E.K., Peixoto Araujo, N.M., Arruda, H.S., Meireles, M.A.A., Pastore, G.M. (2019). Obtaining a novel mucilage from mutamba seeds exploring different high-intensity ultrasound process conditions. *Ultrason Sonochem*, 55: 332–340, <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.01.010>.
- Qian, K.Y., Cui, S.W., Wu, Y., Goff, H.D. (2012). Flaxseed gum from flaxseed hulls: Extraction, fractionation, and characterization. *Food Hydrocoll*, 28(2): 275–283, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.019>.
- Razmkhah, S., Razavi, S.M.A., Mohammadifar, M.A., Ale, M.T., Gavlighi, H.A. (2016a). Protein-free cress seed (*Lepidium sativum*) gum: Physicochemical characterization and rheological properties. *Carbohydr Polym*, 153: 14–24, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.07.086>.
- Razmkhah, S., Razavi, S.M.A., Mohammadifar, M.A. (2016b). Purification of cress seed (*Lepidium sativum*) gum: A comprehensive rheological study. *Food Hydrocoll*, 61: 358–

- 368, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.05.035>.
- Sadeghi-Varkani, A., Emam-Djomeh, Z., Askari, G. (2018). Physicochemical and microstructural properties of a novel edible film synthesized from Balangu seed mucilage. *Int J Bio Macromol*, 108: 1110–1119, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.029>.
- Saha, D., Bhattacharya, S. (2010). Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: A critical review. *Int J Food Sci Nutr*, 47(6): 587–597, <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0162-6>.
- Salgado-Cruz, M. De La P., Ramírez-Miranda, M., Díaz-Ramírez, M., Alamilla-Beltrán, L., Calderón-Domínguez, G. (2017). Microstructural characterisation and glycemic index evaluation of pita bread enriched with chia mucilage. *Food Hydrocoll*, 69: 141–149, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.01.027>.
- Silva, S.H., Neves, I.C.O., Oliveira, N.L., De Oliveira, A.C.F., Lago, A.M.T., De Oliveira Giarola, T.M., De Resende, J.V. (2019). Extraction processes and characterization of the mucilage obtained from green fruits of *Pereskia aculeata* Miller. *Ind Crop Prod*, 140: 111716, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111716>.
- Smith, J.P., Daifas, D.P., El-Khoury, W., Koukoutsis, J., El-Khoury, A. (2004). Shelf Life and Safety Concerns of Bakery Products - A Review. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 44(1): 19–55, <https://doi.org/10.1080/10408690490263774>.
- Soukoulis, C., Gaiani, C., Hoffmann, L. (2018). Plant seed mucilage as emerging biopolymer in food industry applications. *Curr Opin Food Sci*, 22: 28–42, <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.01.004>.
- Wu, Y., Cui, W., Eskin, N.A.M., Goff, H.D. (2009). Fractionation and partial characterization of non-pectic polysaccharides from yellow mustard mucilage. *Food Hydrocoll*, 23(6): 1535–1541, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.10.010>.
- Yadav, N., Sharma, V., Kapila, S., Malik, R.K., Arora, S. (2016). Hypocholesterolaemic and prebiotic effect of partially hydrolysed psyllium husk supplemented yoghurt. *J Funct Foods*, 24: 351–358, <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.04.028>.
- Yu, L., Yakubov, G.E., Zeng, W., Xing, X., Stenson, J., Bulone, V., Stokes, J.R. (2017). Multi-layer mucilage of *Plantago ovata* seeds: Rheological differences arise from variations in arabinoxylan side chains. *Carbohydr Poly*, 165: 132–141, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.02.038>.
- Zhu, F., Li, J. (2019). Physicochemical and sensory properties of fresh noodles fortified with ground linseed (*Linum usitatissimum*). *Lwt*, 101: 847–853, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.003>.