

Bitkisel hidrokolloidlerin gıda endüstrisinde kullanımı

Cansu AKGÜL¹

Geliş tarihi / Received: 12.12.2024

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 15.12.2024

Kabul tarihi / Accepted: 16.12.2024

DOI: 10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v19i70006

Öz

Gam, sakız, zambak, musilaj gibi isimlerle de bilinen hidrokolloidler, gıdalarda birçok farklı işleve sahip olan maddelerdir. Bu maddeler gıda endüstrisinde; ürünlerin yapısında arzu edilen kıvamı oluşturmak, belli bir yapıyı iyileştirmek veya korumak amacıyla kullanılır. Hidrokolloidler, bu fonksiyonlarını, gıdanın fazları arasında homojen bir şekilde dağıtarak ve ortama stabil bir yapı sağlayarak gerçekleştirirler. Uygun koşullar altında; emülsifiye edici, su bağlayıcı, koyulaştırıcı, yapıştırıcı, jelleştirici, kapsülleyici, kaplayıcı ve köpük tutucu ajan olarak görev yapmaktadırlar. Doğal, modifiye ve yapay gamlar olarak üçe ayrılır ve en çok bitkisel kaynaklardan da elde edilir. Arabik, karaya, traganht ağaç salgılarından elde edilen; keçiyoynuzu, guar, tara bitki tohumlarından elde edilen; aljinat, agar, karragenan deniz yosunlarından elde edilen bitkisel kaynaklı hidrokolloidler gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda, tüketicilerin doğal katkı maddelerine olan talebinin artması, araştırmacıların ticari hidrokolloidlerin yerine doğal bitkisel hidrokolloidlere yönelmesine neden olmuştur. Bu çalışmada bitkisel hidrokolloidlerin et, süt, şekerleme, fırıncılık ve tahıl ürünlerinde gıdalara sağladığı tekno-fonksiyonel özellikler ile ilgili çalışmalar incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Bitkisel hidrokolloid, gıda endüstrisi, tekno-fonksiyonel özellikler

* İstanbul Aydın Üniversitesi, ABMYO Gıda Teknolojisi Programı, cansuakgul@aydin.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0373-9882

The use of plant-based hydrocolloids in the food industry

Abstract

Hydrocolloids, also known by the names gum, resin, mucilage, are substances that have many different functions in foods. These substances are used in the food industry to create the desired consistency in the structure of products, to improve or protect a certain structure. Hydrocolloids perform these functions by homogeneously dispersing between the phases of the food and providing a stable structure to the environment. Under suitable conditions; they serve as emulsifiers, water binders, thickeners, adhesives, gelling agents, encapsulators, coating agents and foam retainers. They are divided into three as natural, modified and artificial gums and are mostly obtained from plant sources. Plant-based hydrocolloids obtained from arabic, karaya, traganth tree secretions; carob, guar, tara plant seeds; alginate, agar, carrageenan obtained from seaweeds are widely used in the food industry. In recent years, the increasing demand of consumers for natural additives has led researchers to turn to natural plant hydrocolloids instead of commercial hydrocolloids. In this study, studies on the techno-functional properties provided by plant hydrocolloids to foods in meat, dairy, confectionery, bakery and cereal products were examined.

Keywords: *plant-based hydrocolloid, food industry, techno-functional properties*

Giriş

Hidrokolloidler, yoğunlaştırıcı veya jelleştirici özellik sağlamak amacıyla suda çözünebilen bitkisel ve hayvansal kaynaklardan, polisakkaritlerin kimyasal modifikasyonlarıyla veya mikrobiyal fermantasyon yoluyla elde edilen kompleks polisakkaritlerdir (Eghbaljoo ve ark., 2022; Kandil ve ark., 2017). Hidrokolloid terimi hidro Yunanca (su), kolloid Fransızca 'col' (tutkal) ve 'oid' (benzer) kelimelerinden oluşmaktadır (Glicksman 1969).

Hidrokolloidler, yapıları, izolasyon metotları, fonksiyonları gibi birçok açıdan sınıflandırılabilirler. Yapılarına göre lineer, tek dallı, yer değiştirmiş lineer, dal üzerinde dallı olarak ayrılan hidrokolloidler diğer bir sınıflandırmada ise doğada bulunan doğal hidrokolloidler, nişasta, selüloz gibi doğal maddelerin kimyasal türevleri ve doğal maddelerden

mikrobiyal fermantasyon ile türevlendirilen modifiye edilmiş veya yarı yapay hidrokolloidler ve doğada benzer yapıları bulunmayıp tamamen kimyasal maddelerden sentezlenen yapay hidrokolloidler olarak ayrılır (Kandil, 2019). Bu çalışmada bitki bazlı hidrokolloidler ele alınacaktır.

Doğal bitkisel hidrokolloidler, buldukları yere göre ağaç eksüdalrı ve ekstraktları (Arabik gam, traganth gam vb.), tohum endospermeleri (psyllium, çiya vb.) ve yumruları (patates, taro vb.), deniz yosunu ekstraktları (aljinat ve karragenan vb.) olarak sınıflandırılabilen karmaşık polisakkaritlerdir (Ahmad ve ark., 2019). Bitki bazlı hidrokolloidler, nişasta, selüloz, galaktoz, ksiloz, arabinoz, hiyaluronik asit ve aljinat üniteleri gibi karbonhidrat türevlerini ihtiva eder (Hamdani ve ark., 2019). Bitkisel hidrokolloidler, düşük maliyet, çevre dostu olma, geri dönüştürülebilirlik, kolay erişilebilirlik, yapısal çeşitlilik, yüksek su bağlama kapasitesi, emülsiyon sistemlerinin stabilizasyonu gibi benzersiz reolojik özellikler, yüzey gerilimini düşürme, toksik olmama ve jel oluşturma potansiyeli gibi avantajları sayesinde gıda üretiminde geniş bir kullanım potansiyeline sahip olduğundan araştırmacıların dikkatini çekmektedir (Khezerlou ve ark., 2021).

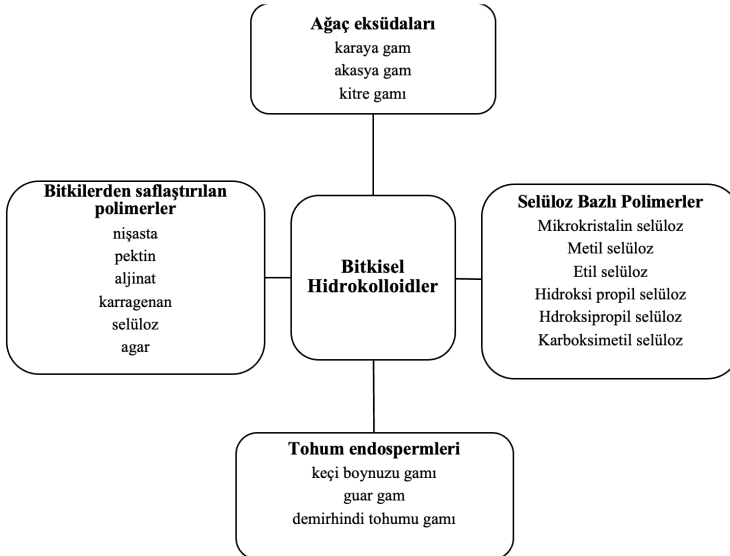
Yapılan çalışmalarda bitkisel hidrokolloidler, dondurmalarda dokuda pürüzsüzlüğün sağlanması ve buz kristal gelişiminin azaltılmasında rolü olduğu belirlenmiştir (Javidi ve Razavi, 2019; Pegg, 2012).Krema ve çırpılmış krema ürünlerinde stabilizatör (Biglarian ve ark., 2021), salata soslarında emülgatör ve yağ ikamesi (Cornelia ve ark., 2015), et ürünlerinde bağlayıcı (Gao ve ark., 2024; Amini ve ark., 2015), mayonez, salçalarda ve jöle yapımında koyulaştırıcı (Krstonosic ve ark., 2021; Wüstenberg, 2015), yağlarda aroma tutucu ve viskozite koruyucu (Sun ve ark., 2022) olarak bitkisel hidrokolloidler kullanıldığı çalışmalarda mevcuttur. Yumuşak peynir üretiminde pıhtı katısının verimini arttırmada ve istenilen yumuşaklığı elde etmede (Kumar, 2012), fırın ürünlerinde tekstür düzenleyici (Roberts ve ark.,2012) ve unlu mamüllerinde bayatlamayı azaltıp raf ömrünü uzatmada (Salehi,2020), birada köpük stabilizasyonunda (Kosiv, 2021), şarapların durultulmasında (Zhai ve ark., 2024) reçel ve marmelatlarda jel oluşumunda (Kavaya ve ark., 2019), su veya süt bazlı gıdalarda düşük konsantrasyonlarda farklı çeşitlerde jel yapımında (Kesik, 2023) , kek kreması ve soslarda köpük oluşumunda (Krystyan, 2012), çikolata üretiminde süt içindeki kakao partiküllerinin süspanse olmasında (Saedi ve ark., 2024), katkı sağlamaktadır. Ayrıca

yapılan çalışmalarda içecek türlerinde kullanılan hidrokolloidlerin viskoziteyi arttırdığı ve açlığı azalttığı ifade edilmektedir (Paquet ve ark., 2014).

Hidrokolloidlerin gıda endüstrisinde geniş tekno-fonksiyonel özelliklere sahip olması ve tüketici eğiliminin son günlerde doğal katkı maddelerine yönelmesi nedeniyle bu çalışmada bitkisel hidrokolloidlerin gıda endüstrisinin farklı uygulamaları ve bu alanlarda gelecekteki eğilimleri araştırılmaktadır.

Bitkisel Hidrokolloidlerin Gıda Endüstrisinde Uygulamaları

Bitkisel hidrokolloidler kompleks polisakkarit polimerleridir ve geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Bu polisakkaritler, jel yapıcı madde, plastikleştirici, koyulaştırıcı, emülgatör, stabilizatör, yağ ikameleri, diyet lifleri, bağlama ve kaplama maddesi, tat ve aroma tutucular olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Sarkar ve ark.,2018). Çözünürlük, viskozite, reolojik özellikler, erime davranışı, emülsifikasyon, kremalaşma, ısı transferi, vitaminler ve lipofilik aromaların taşınması, tat profili ve besin değeri gibi faktörler üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bu etkileşimler, hidrokolloidlerin gıda ürünlerinin üzerindeki performansını şekillendirir ve nihai ürünlerin fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özelliklerini belirler (Pirsa ve Hafezi, 2023). Gıda endüstrisinde, aşağıdaki liste de dahil olmak üzere çeşitli hidrokolloidler kullanılır (Şekil 1)



Şekil 1 Gıda endüstrisinde kullanılan bitkisel hidrokolloidler (Eghbaljoo ve ark., 2022)

Et ve et ürünleri

Et ürünleri protein açısından zengin kaynaklardır. İçerisindeki et yağı yapısal özelliklerde önemli rol oynamaktadır. Et yağının doymuş yağ asidi içeriğinin yüksek olması ve bunun kardiyovasküler hastalıklar açısından tehdit oluşturması nedeniyle tüketiciler yağ içeriği düşürülmüş et ürünlerini talep etmektedir. Ancak et yağının uzaklaştırılması ağız hissi, sululuk ve etin emülsifikasyon özelliklerini olumsuz etkileyeceğinden bu kalite özelliklerini koruyabilmek için bitkisel hidrokolloidler alternatif olarak kullanılabilir. Ayrıca et ürünlerinde sağlık faydası sağlamak için tuz miktarının azaltılması da tüketici talepleri arasındadır. Ancak tuz içeriğinin azaltılması, sadece etin lezzet olarak etkilenmesinin yanı sıra su tutma kapasitesini etkileyeceğinden istenmeyen dokusal özelliklere neden olabilir. Yapılan çalışmalarda bitkisel hidrokolloidlerin kullanımının, et ürünlerinde kalite özelliklerin iyileştirilmesine ve tuz ile yağ içeriğinin azaltılmasına yardımcı olabileceği belirlenmiştir. Örneğin Atashkar ve ark., (2018) yaptığı çalışmada yağı azaltılmış soslerde κ -karragenan, konjak ve tragakant hidrokolloidleri kullanmış belirli depolama sürelerinde sertlik, yapışkanlık, esneklik, çignenebilirlik özelliklerini incelemiştir. Çalışma sonucuna göre, hidrokolloid ilavesinin reolojik özellikleri kısmen telafi ettiği ve konjak gamın en iyi reolojik özellikleri sağladığı belirlenmiştir. Guar gam, jellan, ayva çekirdeği ve kitre gamı gibi bitkisel hidrokolloidlerin et ürünlerinde tekno-fonksiyonel özelliklere katkı sağladığı yapılan çalışmalarda belirlenmiştir.

Süt ve fermente süt ürünleri

Bitkisel hidrokolloidler, kontrolsüz su salımını engellemek, düşük pH'lı ürünlerde jel yapı oluşturarak dokuyu iyileştirmek, sertlik sağlamak, su tutma kapasitesini arttırmak ve stabilizatör olarak süt ve fermente ürünlerinde kullanılmaktadır. Karragenan, guar gam, pektin hidrokolloidleri süt ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Yousefi ve Jafari, 2019). Yapılan çalışmalarda bitkisel hidrokolloidler, peynirde yağ ikame maddesi (Lashkari ve ark., 2014), reolojik kaliteyi iyileştirici (Volikakis ve ark., 2004) ve mikrobiyal yükü ve nem kaybını azaltarak raf ömrünü arttırmak amacıyla kaplama maddesi (Cherqueira ve ark. 2010) olarak değerlendirilmiştir. Dondurma üretiminde, doku oluşumu ve stabilizasyonun sağlanması, buz kristallerinin büyümesinin kontrolü, faz ayrımının önlenmesi için bitkisel hidrokolloidlerin kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin Akbari ve ark., (2016) yaptığı çalışmada inülin içeren düşük yağlı dondurmaların kontrol örneğine kıyasla daha düşük

erime sıcaklığına sahip olduğunu yapışkanlık ve sertliği inülin ilavesinin azalttığını bulgulanmıştır. Başka bir çalışmada yarı hidrolize guar gam ile zenginleştirilmiş yoğurdun sertliği azalırken elastikiyetinin arttırdığı belirlenmiştir (Mudgil ve ark., 2017). Başka bir çalışmada fesleğen tohum gamı ilavesinin, probiyotik yoğurtlarda viskoziteyi ve probiyotik çoğalmayı iyileştirdiği bulgulanmıştır (Gasempour ve ark., 2020)

Fırın ürünleri

Ekmek ve fırıncılık endüstrisinde birçok önemli tekno-fonksiyonel özellik bitkisel hidrokolloidler tarafından sağlanır. Hidrokolloidler, hamur yumuşaklığı ve fırın ürünlerinin hacmini artırmak, keklerin sertliğini azaltmak, karışımın lif içeriğini arttırmak ve nem koruması sağlamak gibi çeşitli faydalar sunar. Ayrıca, fırın ürünlerinde raf ömrünü uzatmaya, kontrolsüz su salınımının oluşumunu engellemeye ve nişasta retrogradasyonunu azaltarak ekmek sertliğinin azaltmaya yardımcı olur. Birçok araştırma, bitki bazlı polisakkaritlerin viskoelastik özellikleri sayesinde yağ benzeri emülsifikasyon sağladığını ve bu sayede fırın ürünlerinin kalitesini iyileştirdiğini ortaya koymuştur. Bu polisakkaritler, fırın ürünlerinin yapısal bütünlüğünü ve duyuşal özelliklerini artırarak, endüstrideki birçok uygulama için önemli bir katkı sağlar. Bitkisel hidrokolloidler çölyak hastalarının beslenmesi için glutensiz ürünlerin geliştirilmesi geleneksel buğday bazlı ürünlere benzer dokusal özelliklere sahip ürünlerin üretilmesine katkı sağlar. Zapata ve ark., (2018) yaptığı çalışmada %4,5 guar gamı içeren ekmek örneklerinin tekstürel ve duyuşal özelliklerinin kontrol örneğine benzer özellikler gösterdiği bildirilmiştir. Gaharaie ve ark., (2019) kitre gamını kurabiyelerde yağ ikamesi olarak değerlendirmiş ve kontrol örneği ile benzer duyuşal puanlara sahip olduğunu bildirmiştir.

Şekerleme, içecek ve sos ürünleri

İçeceklerin, sosların ve şekerlemelerin üretiminde bitkisel hidrokolloidler emülgatör, stabilizatör, kaplama maddesi, koyulaştırıcı, yağ ikamesi ve hacim artırıcı olarak kullanılarak, ürünlerin kalitesini artırır. Akgül ve ark., (2022) yaptığı çalışmada düşük yağlı salata sosu üretiminde roka tohum gamı kullanmış ve roka tohum gamının reolojik özellikleri iyileştirdiği ve roka tohum gamının yağ ikamesi olabilme potansiyelini bildirmiştir. İçeceklerin işlenmesinde, hidrokolloidlerin katılması, özellikle fesleğen tohumu gibi diyet lifi içeren parçacıkların süspansiyonunu sağlama konusunda etkili bir faktördür. Bu, ürünlerin ağızda daha hoş bir his bırakmasına, lezzetinin

gelişmesine, hızlı çözünürlüğe katkı sağlar. Ayrıca, uygun bir görünüm ve doku elde edilmesine yardımcı olarak içeceklerin kalitesini artırır. Düşük pH da gösterdikleri kararlılık ve soğuk suda kolayca çözünme özellikleri, doğal hidrokolloidler içecek endüstrisi ve salata sosları için mükemmel bir seçenek haline getirmiştir (Eghbaljoo ve ark., 2022). Ruihuan ve ark., (2017) yaptığı çalışmada, guar gamin portakal suyunun stabilitesini ve fiziksel özelliklerini iyileştirmek için kullanılabileceğini bildirmiştir.

Bitkisel hidrokolloidlerin sakkarozun kristalleşmesini engelleyebilme ve formülasyonun yağ bileşenlerini emülsifiye edebilme özelliği şekerleme endüstrisi için önemlidir. Şekerleme ürünlerinde hidrokolloid ilavesiyle yumuşak bir doku oluşumu ve diğer şekerlemelere göre daha düşük şeker içeriği sağlanır. Ayrıca şekerleme ürününde aynı hacmi oluşturabildiği ve kalori artışı sağlamadıkları için diyet şekerleme üretiminde de yaygın olarak bitkisel hidrokolloidler kullanılır (Barak ve ark., 2020).

Sonuç

Bitki kökenli hidrokolloidler, hayvansal kaynaklardan elde edilen hidrokolloidlere alternatif olarak geliştirilmiş ve bu alandaki araştırmalar son yıllarda önemli bir artış göstermiştir. Bitkisel bazlı ürünlerin sürdürülebilirlik, etik ve sağlık açısından sağladığı faydalar ve aynı zamanda endüstriyel uygulamalarda daha çevre dostu ve erişilebilir çözümler sunmaktadır. Emülsifikasyon, stabilizasyon, viskoziteyi arttırmak, koyulaştırma ve kristalleşmeyi engelleme gibi tekno-fonksiyonel özellikleri güçlendirmek için kullanılan bitki kökenli hidrokolloidler, geniş erişim, biyoyararlanım, uygun fiyat ve toksik olmama gibi avantajlarıyla öne çıkmaktadır.

Bitkisel hidrokolloidler gıda endüstrisinde et, süt, içecek, fırın ve şekerleme ürünlerinde önemli, su tutma, ara yüzey etkisi, viskozite ve pH gibi tekno-fonksiyonel özellikler sağlar. Ancak depolama esnasında sineresis ve viskozitede azalma ya da tam tersi koyulaşma gibi bazı sınırlamalara sahiptir. Bu nedenle işlevsel özelliklerini iyileştirmek amacıyla bitkisel hidrokolloidlerin tekno-fonksiyonel özelliklerinin detaylı bir şekilde araştırılması ve diğer doğal polimerlerle karıştırılarak geliştirilmesi hakkında yeni araştırma çalışmalarının yapılması büyük önem taşımaktadır. Bu tür modifikasyonlar, bitkisel hidrokolloidlerin performansını artırarak çeşitli gıda uygulamaları daha verimli ve uygun hale getirilebilir.

Kaynaklar

Ahmad, S., Ahmad, M., Manzoor, K., Purwar, R., & Ikram, S. (2019). A review on latest innovations in natural gums based hydrogels: Preparations & applications. *International journal of biological macromolecules*, 136, 870-890.

Akbari, M., Eskandari, M. H., Niakosari, M., & Bedeltavana, A. (2016). The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream. *International Dairy Journal*, 57, 52-55.

Akgül, C., Akcicek, A., Karadag, A., & Karasu, S. (2022). Formulation optimization of low-fat emulsion stabilized by rocket seed (*Eruca Sativa* Mill) gum as novel natural fat replacer: effect on steady, dynamic and thixotropic behavior. *Acta Scientiarum: Technology*, 44.

Amini Sarteshnizi, R., Hosseini, H., Mousavi Khaneghah, A., & Karimi, N. (2015). A review on application of hydrocolloids in meat and poultry products. *International Food Research Journal*, 22(3).

Atashkar, M., Hojjatoleslami, M., & Sedaghat Boroujeni, L. (2018). The influence of fat substitution with κ -carrageenan, konjac, and tragacanth on the textural properties of low-fat sausage. *Food science & nutrition*, 6(4), 1015-1022.

Biglarian, N., Rafe, A., & Shahidi, S. A. (2021). Effect of basil seed gum and κ -carrageenan on the rheological, textural, and structural properties of whipped cream. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(14), 5851-5860.

Cerqueira, M. A., Sousa-Gallagher, M. J., Macedo, I., Rodriguez-Aguilera, R., Souza, B. W., Teixeira, J. A., & Vicente, A. A. (2010). Use of galactomannan edible coating application and storage temperature for prolonging shelf-life of “Regional” cheese. *Journal of Food Engineering*, 97(1), 87-94.

Cornelia, M., Siratantri, T., & Prawita, R. (2015). The utilization of extract durian (*Durio zibethinus* L.) seed gum as an emulsifier in vegan mayonnaise. *Procedia Food Science*, 3, 1-18.

Eghbaljoo, H., Sani, I. K., Sani, M. A., Rahati, S., Mansouri, E.,

Molae-Aghae, E., ... & Jafari, S. M. (2022). Advances in plant gum polysaccharides; Sources, techno-functional properties, and applications in the food industry-A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 222, 2327-2340.

Fizman, S., & Varela, P. (2013). The role of gums in satiety/satiation. A review. *Food Hydrocolloids*, 32(1), 147-154.

Gao, X., Pourramezan, H., Ramezan, Y., Roy, S., Zhang, W., Assadpour, E., ... & Jafari, S. M. (2024). Application of gums as techno-functional hydrocolloids in meat processing and preservation: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 131614.

Gharaie, Z., Azizi, M. H., Barzegar, M., & Gavlighi, H. A. (2019). Gum tragacanth oil/gels as an alternative to shortening in cookies: Rheological, chemical and textural properties. *LWT*, 105, 265-271.

Ghasempour, Z., Javanmard, N., Langroodi, A. M., Alizadeh-Sani, M., Ehsani, A., & Kia, E. M. (2020). Development of probiotic yogurt containing red beet extract and basil seed gum; techno-functional, microbial and sensorial characterization. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29, 101785.

Hamdani, A. M., Wani, I. A., & Bhat, N. A. (2019). Sources, structure, properties and health benefits of plant gums: A review. *International journal of biological macromolecules*, 135, 46-61.

Javidi, F., & Razavi, S. M. (2019). New hydrocolloids in ice cream. *Emerging natural hydrocolloids: rheology and functions*, 525-547.

Kandil, M. (2019). Bazı probiyotik bakterilerin gelişmesi üzerine ksantan gaminin etkisi (Yüksek lisans tezi, Uludağ Üniversitesi, Türkiye)

Kandil, M., Ersan, L. Y., Özcan, T., & Akpınar-bayizit, A. (2017). Gamların prebiyotik özellikleri. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, (18), 18-26.

Kavaya, R. I., Omwamba, M. N., Chikamai, B. N., & Mahungu, S. M. (2019). Sensory evaluation of syneresis reduced jam and marmalade containing gum Arabic from *Acacia senegal* var. *kerensis*. *Food and Nutrition Sciences*, 10(11), 1334-1343.

Kesik, B. (2023). *Ayran Üretiminde Stabilizör Ve Yağ İkamesi Olarak Plantago Ovata (Karnıyarık Otu)'Dan Yararlanma Olanakları* (Yüksek lisans tezi, Harran Üniversitesi, Türkiye).

Krystyan, M., Sikora, M., Adameczyk, G., & Tomasik, P. (2012). Caramel sauces thickened with combinations of potato starch and xanthan gum. *Journal of Food Engineering*, 112(1-2), 22-28.

Kosiv, R. (2021). Comparison of the hydrocolloids application efficiency for stabilizing the foam of beer. *ScienceRise*, (6 (77)), 25-30.

Krstonošić, V., Jovičić-Bata, J., Maravić, N., Nikolić, I., & Dokić, L. (2021). Rheology, structure, and sensory perception of hydrocolloids. In *Food structure and functionality* (pp. 23-47). Academic Press.

Kumar, R. (2012). An investigation into improvement of low fat cheddar cheese by the addition of hydrocolloids (Yüksek lisans tezi, Minnesota Üniversitesi, ABD).

Lashkari, H., Khosrowshahi asl, A., Madadlou, A., & Alizadeh, M. (2014). Chemical composition and rheology of low-fat Iranian white cheese incorporated with guar gum and gum arabic as fat replacers. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 2584-2591.

Ly, R., Kong, Q., Mou, H., & Fu, X. (2017). Effect of guar gum on stability and physical properties of orange juice. *International Journal of Biological Macromolecules*, 98, 565-574.

Mudgil, D., Barak, S., & Khatkar, B. S. (2017). Texture profile analysis of yogurt as influenced by partially hydrolyzed guar gum and process variables. *Journal of food science and technology*, 54, 3810-3817.

Paquet, É., Bédard, A., Lemieux, S., & Turgeon, S. L. (2014). Effects of apple juice-based beverages enriched with dietary fibres and xanthan gum on the glycemic response and appetite sensations in healthy men. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 4(1), 39-47.

Pirsa, S., & Hafezi, K. (2023). Hydrocolloids: Structure, preparation method, and application in food industry. *Food Chemistry*, 399, 133967.

Roberts, K. T., Cui, S. W., Chang, Y. H., Ng, P. K. W., & Graham, T. (2012). The influence of fenugreek gum and extrusion modified fenugreek gum on bread. *Food Hydrocolloids*, 26(2), 350-358.

- Saedi, S., Jafarian, S., Ghaboos, S. H. H., & Nasiraei, L. R. (2024). Formulation optimization of a probiotic low-calorie chocolate milk and investigating its qualitative properties during storage. *Heliyon*, *10*(16).
- Salehi, F. (2020). Effect of common and new gums on the quality, physical, and textural properties of bakery products: A review. *Journal of texture studies*, *51*(2), 361-370.
- Sarkar, P. C., Sahu, U., Binsi, P. K., Nayak, N., Ninan, G., & Ravishanker, C. N. (2018). Studies on physico-chemical and functional properties of some natural Indian gums. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, *37*(2), 126-131.
- Sun, M., Li, X., McClements, D. J., Xiao, M., Chen, H., Zhou, Q., ... & Deng, Q. (2022). Reducing off-flavors in plant-based omega-3 oil emulsions using interfacial engineering: Coating algae oil droplets with pea protein/flaxseed gum. *Food Hydrocolloids*, *122*, 107069.
- Volikakis, P., Biliaderis, C. G., Vamvakas, C., & Zerfiridis, G. K. (2004). Effects of a commercial oat- β -glucan concentrate on the chemical, physico-chemical and sensory attributes of a low-fat white-brined cheese product. *Food research international*, *37*(1), 83-94.
- Wüstenberg, T. (2015). General overview of food hydrocolloids. *Cellulose and Cellulose Derivatives in the Food industry Fundamentals and Applications; Wüstenberg, T., Ed*, 1-68.
- Yousefi, M., & Jafari, S. M. (2019). Recent advances in application of different hydrocolloids in dairy products to improve their techno-functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, *88*, 468-483.
- Zapata, F., Zapata, E., & Rodríguez-Sandoval, E. (2019). Influence of guar gum on the baking quality of gluten-free cheese bread made using frozen and chilled dough. *International Journal of Food Science & Technology*, *54*(2), 313-324.
- Zhai, H., Qi, M., Zhang, Y., Mao, L., Yang, W., Zhou, P., ... & Lan, Y. (2024). Polysaccharide-induced colloidal stabilization of red wines: Impact on phenolic composition and color characteristic. *Food Hydrocolloids*, 110822.