

## Alglerden Elde Edilen Stabilize Edici Maddeler

Işıl İlter<sup>1</sup>, Saniye Akyıl<sup>1</sup>, Mehmet Koç<sup>2</sup>, Figen Kaymak-Ertekin<sup>1</sup> ✉

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir

<sup>2</sup>Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Aydın

Geliş Tarihi (Received): 09.08.2016, Kabul Tarihi (Accepted): 20.09.2016

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [figen.ertekin@ege.edu.tr](mailto:figen.ertekin@ege.edu.tr) (F. Kaymak-Ertekin)

☎ 0 232 311 30 06 📠 0 232 342 75 92

### ÖZ

Stabilize edici maddeler bitki, deniz algleri ve mikrobiyal kaynaklardan ekstraksiyon yoluyla elde edilmekte olup, gıda endüstrisi başta olmak üzere çeşitli kullanım alanlarına sahiptir. Hidrokolloid yapıdaki maddeler, gıda endüstrisinde sıklıkla proses sırasında oluşan sorunların giderilmesi ve ürünün raf ömrünün arttırılmasının yanı sıra, antioksidan özellikleri ve çeşitli sağlık faydaları sağlamak için de kullanılmaktadır. Son zamanlarda önemi giderek artan deniz algleri sürdürülebilir bir kaynak olarak öne çıkmaktadır. Bölünerek çoğalmaları nedeniyle çok hızlı biyokütle artışı göstermekte ve bu sayede daha çok ürün elde edilebilmektedir. Bu çalışmada, deniz alglerinden elde edilen stabilize edici maddelerden agar, karragenan, alginik asit ve furseleranın ekstraksiyonu ve çeşitli kullanım alanları derlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Alg, Agar, Karragenan, Alginik asit, Furseleran

### Stabilizing Agents from Marine Algae

#### ABSTRACT

Stabilizing agents are extracted from plants, marine algae and microbial sources, and these agents have a great potential to be used in industrial applications especially in food industry. Agents with hydrocolloidal structure are frequently used in food industry to solve process problems and to extend the shelf life of food products in addition to their functionality like antioxidant properties and several beneficial effects on human health. Marine algae have recently gained importance as a sustainable natural source of hydrocolloids. They can rapidly increase their biomass since they multiply by division; thus, they produce more mass with hydrocolloidal property. In this study, extraction techniques of stabilizing agents such as agar, carragenan, alginic acid and furcellaran from marine algae and their potential uses in industrial applications were reviewed.

**Keywords:** Algae, Agar, Carrageenan, Alginic acid, Furcellaran

#### GİRİŞ

Stabilize edici madde olarak kullanılan hidrokolloidler, yüksek molekül ağırlıklı polisakkaritlerden oluşan ve suda çözünen biyopolimerlerdir. Gıda endüstrisinde fonksiyonel katkı maddesi olarak kullanılan hidrokolloidler, eklendikleri üründe jelleşmeyi sağlaması, stabiliteyi koruması ve istenilen viskozitenin elde edilmesi gibi amaçlarla tercih edilmektedir. Hidrokolloidler gıdanın iç yapısının, tekstürünün,

lezzetinin korunması ve raf ömrünün geliştirilmesine katkı sağlamanın yanısıra yüksek antioksidan özellikleri ve çeşitli sağlık faydaları ile de önem kazanmaktadır [5].

Hidrokolloidlerin en önemli özelliği sulu ortamlarda reolojik yapının değişimini sağlamasıdır. Gıda üretim proseslerinde oluşan çözünmüş katı partiküllerin çökelti oluşturması, köpük ve yağ damlacıklarında faz ayrımı, çözünmüş partiküllerin topaklanması, yağ içeren jel yapılarında serum ayrılması ve yağ damlacıklarının

bütünleşmesi gibi teknik sorunların çözümünde stabilize edici ajanlar rol oynamaktadır [1-2].

Stabilize edici maddeler, bitkiler, deniz algleri ve mikrobiyal kaynakların polisakkarit yapılarının ekstraksiyonu yoluyla elde edilmektedir [3]. Deniz kaynaklı organizmalardan makroalgler (deniz algleri), doğada bulunan biyolojik aktivitesi en yüksek kaynaktır ve yapısında birçok biyoaktif bileşen barındırmaktadır. Algler denizel yaşam döngüsünde oksijen kaynağı olarak önemli bir yere sahiptir. Deniz algleri diğer denizel organizmalara göre daha kolay elde edilebildiği ve yetiştiricilik potansiyeli yüksek olduğu için önemli avantaja sahiptir. Günümüzde endüstriyel alanda gıda maddesi veya katkı maddesi olarak, kozmetik ürünlerde, gübre ve hidrokolloid üretiminde stabilize edici ajan olarak algler kullanılmaktadır [4].

Alglerden elde edilen ve yaygın olarak kullanılan stabilize edici maddeler (hidrokolloidler), agar, karragenan, alginat/alginik asit tuzu ve furselerandır. Elde edilen bu maddelerin jelleştirme, askıda tutma, stabilize etme, kıvam arttırma, bağlama, arındırma, enkapsüle etme, kaplama ve köpük kırma özellikleri gibi çeşitli uygulama alanları bulunmaktadır. Gıda endüstrisinde çok çeşitli kullanım alanına sahip olan bu maddeler; et ve balık konservelerinde, fırıncılık ürünlerinde, reçel, marmelat ve jölelerde, puding ve pastalarda, çeşitli süt ürünlerinde ve meyve sularında kullanılmaktadır. Bu çalışmada, deniz alglerinden elde edilen stabilize edici maddelerden agar, karragenan, alginik asit ve furseleranın ekstraksiyonu ve çeşitli kullanım alanları derlenmiştir.

## AGAR

Agar kırmızı alg türlerinden su ekstraksiyonu ile elde edilen bir polisakkarit karışımıdır. Dünyadaki en fazla miktarda agar *Gracilaria Gelidium*, *Pterocladia*, *Acanthopeltis* ve *Ahnfeltia* alglerinden üretilmektedir [5]. Agar iki temel yapıdan oluşmaktadır, bunlar; (%70) yüksek oranda jelleşen doğal polimer, agaroz ve (%30) düşük oranda jelleşen sülfatlı polisakkarit agaropektindir. Bunların ortak özelliği hepsinin galaktozun D-galaktoz ve 3,6-anhidro-L-galaktoz monomerlerinden oluşmuş olmasıdır. Agar yapısı ayrıca sülfat, pürivat ve metoksi gruplarını içermektedir. Agarın yapısında bulunan moleküllerin miktarı, makro alg biyokütlesi ve sonraki işlem prosedürlerine bağlı olarak değişim göstermektedir [6].

Agarın ekstraksiyon işlemi genellikle sıcak su ile gerçekleştirilmektedir. Sıcak su daha sonraki işlem basamaklarında jel formun oluşmasını sağlayan konsantre bir süzütünün meydana gelmesini sağlar; daha sonra bu jel çeşitli işlemlerden geçirilir, kurutulur ve öğütülür [7]. Agarlardan jel oluşturulabilmesi için sıcaklık, nem ve kimyasal maddeler gibi değişkenler ve etkenler altında kararlı olmaları gerekir. Pek çok çalışma agar veriminin türlere, mevsime, çevresel faktörlere, ekstraksiyon yöntemine ve büyüme evresinin aşamalarına bağlı olduğunu göstermiştir [8]. Ayrıca agarın jel özellikleri belirli parametrelerle de değişebilir.

Bu parametreler azot içeriğini ve organizmanın büyümesini kapsamaktadır [8-9].

*Gracilaria* cinsi tüm dünyada (tropik ve ılıman) yaygın olarak bulunmaktadır ve pek çok önemli agar üreten türleri içermektedir. *Gracilaria* Rhodophyta ailesine ait olduğu bilinen bir türdür [10]. *Gracilaria dura* (C. Agardh), Akdeniz'de olduğu belirtilen dokuz türden biridir [11] ve ayrıca Thau gölünde (Güney Fransa) de buldukları saptanmıştır [12]. Tropik bölgelerde de yaygın olarak rastlanan bu türün kültürleme için yüksek potansiyeli vardır. Fakat, *Gracilaria* spp.'dan üretilen agardan düşük nitelikte jel elde edilmektedir. Bunun sebebi, yüksek sülfat içeriğidir. Sülfat agardaki heliks oluşumunu karışmasına yol açar, yani jel ağının oluşumunu engeller. Alkali türü ve konsantrasyonu ya da ısıtma süresi ve sıcaklığı gibi alkalinin ön işlem parametreleri agarın verimini ve kalitesini etkilemektedir [13]. Yousefi ve ark. [14] yaptıkları çalışmada *Gracilaria corticata*'yı 1:200 oranında %5'lik NaOH ile 40°C'de 1saat boyunca bekletmişler ve ardından 80°C'de 2.5 saat boyunca ekstrakte edilen agarın birincil kalitede olduğunu bulgulamışlardır. Freile-Pelegrin ve Robledo [15] %3 ve %5'lik NaOH ile *Gracilaria cornea*'ya yapılan ön işleminin en yüksek jel dayanımı ve düşük sülfat içeriğinde agar elde edilmesini sağladığını belirtmişlerdir.

Agarın jel oluşturma özelliği jelatinden on kat fazladır bu sebeple, özellikle gıda maddelerinin yapımında çok geniş bir kullanım alanı vardır. Et ve balık ürünlerinde kullanılan koruyucu katkı maddeleri, pudinglerde ve tatlılarda, fırın ürünlerinde ve meyve sularında yaygın olarak kullanılmaktadır. Gıdalarda kullanımının yanı sıra, agar bakteri ve maya gibi mikroorganizmaların büyümesi için besi yeri olarak kullanılır. Ayrıca ilaç, kozmetik ürünlerde, biyolojik ve medikal araştırmalarda kullanılmaktadır [6].

## KARREGENAN

Karregenan kırmızı makroalglerden elde edilen kompleks bir polisakkarit çeşididir. Karregenanın eldesinde *Gigartinaceae*, *Soliericeae*, *Eucheuma cottonii*, *Chondrus crispus* ve *Eucheuma spinosum* kırmızı alg türleri kullanılırken, çözücü ortam olarak sıcak su ile ekstraksiyonu gerçekleştirilmektedir [6].

Karregenan, sülfat grubu içeren galaktoz türevi manomer (a-1,3-D-galaktoz ve P-1,4-3,6-anhidro-D-galaktoz) yapıdan oluşmaktadır. Kappa, lamda ve ioda olarak bilinen üç farklı yapıda karragenan bulunmaktadır. Elde edilmesi istenilen ürünün yapısı, süre gelen işlemlere bağlı olarak değişmektedir [16]. Karregenan yapısına bağlı sülfat grubunun miktarı elde edilen algin türüne ve büyüme döngüsüne bağlı değişim gösterir [17]. Karregenan kalitesinde farklılık oluşmasına sebep olan çevresel faktörler makroalgin yetiştirildiği kültür koşulları, hasat edildiği mevsim, olgunluk düzeyi, kontaminasyon veya hastalık olma durumu ve hasat sonrası depolama koşullarıdır [18-22]. Karregenanın makroalglerden izole edilmesi yöntemlerinde ekstraksiyon işlem değişkenleri (sıcaklık, pH ve süre), elde edilen ürünün kimyasal kompozisyonu ve buna

bağlı olarak jel karakteristiğinde önemli rol oynamaktadır [23].

Endüstriyel karregen üretim işlemlerinde ekstraktın jel kuvvetini arttırmak için alkali uygulama basamağı uygulanır. Jel kuvveti derecesinin geliştirilmesi farklı oranlarda alkali konsantrasyonlarının uygulanması ile sağlanabilir. Bu işlemde yapıdaki öncü grup olan 3,6-anhidroglaktoz grubunun dönüşümü rol oynamaktadır. Alkali uygulama olmaksızın elde edilen ekstraktın jel kuvveti çok düşük veya hiç yok denecek kadar az olurken, alkali uygulama işleminde yüksek konsantrasyon ve uzun işlem süresi karregenanın jel kuvvetini arttırmaktadır. Suda çözünen sülfatlı galaktan yapısının fraksiyonlarından iki tanesi *G. torulosus* ve *Kappa-phycus alvarezii* (Soleraceae) alglerinde saptanmıştır. Bu yapının elde edilmesi işleminde oda sıcaklığında su ile ekstraksiyon ve ardından yüksek sıcaklıkta su kullanılmıştır [24]. *Eucheuma cottonii* kırmızı algi kompleks yapısı birçok polisakkarit, protein, fosfolipit ve glikolipit içermektedir ve κ-karragenanın eldesinde yaygınlıkla kullanılmaktadır [25]. Algin yapısındaki polisakkarit oranı kuru temelde %4 ila %76 arasında değişir ve polisakkarit yapının iskelet yapıda veya hücre duvarındaki matriksin içinde bulunmasına göre sınıflandırılır. Algin iskelet yapısı selüloz polisakkaritinden oluşmaktadır, karragenan ise sülfatlı doğrusal polisakkarit yapısında olup, hücre duvarındaki matriksin içindeki polisakkaritlerin temel yapısını oluşturmaktadır [26].

Karragenan eldesinde sıklıkla asit ile hidroliz, oksidasyon, radyasyon, mikrodalga ve enzimatik sindirim yöntemleri kullanılmaktadır [27-31]. Kurutulmuş alglerin hammadde olarak kullanılması uygulanabilirliği önemli ölçüde kolaylaştırmaktadır. Ayrıca, bu uygulamalar ile karragenanın saflaştırılmasında alkali uygulama işlem basamağı nedeniyle ortaya çıkması muhtemel yapısal hasarlar da elimine edilmiş olmaktadır [32].

Karragenanın endüstriyel uygulamalarda kıvam artırıcı, jelleştirici, süspansiyon edici, stabilize edici ve tekstür geliştirici olarak kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Karragenan gıda ve içecek sektöründe, ilaçların ve uçucu bileşenlerin yavaş salınımlarının gerçekleştirilmesi işlemi için ve ayrıca kozmetik sektöründe kullanılmaktadır [33]. Sağlık alanında yapılan çalışmalarda karragenanın, potansiyel virüs, tümör inhibitörü ve pıhtılaşmayı önleyici madde olarak da kullanımı yaygınlaşmaktadır [34-36]. Gıda endüstrisinde jelleşme, emülsifiye etme, koyulaştırma ve stabilize edici özellikleri ile birçok alanda sıklıkla kullanılmaktadır. Karragenan süt endüstrisinde dondurma, yoğurt, peynir ve süt bazlı ürünlerde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır [37-38]. Bunun yanı sıra fırıncılık ürünlerinde ekmekte ve taze tavuk etlerinin raf ömrünü uzatmak için kullanılan kaplama filmlerinde karragenan kullanımı mevcuttur [39-40].

## ALGINAT / ALGINİK ASİT TUZLARI

Alginat ya da aljin, sodyum tuzları veya tuz olarak bilinen alginik asit tuzlarıdır. Kahverengi alglerin hücre

duvarının temel yapısını oluşturan alginat biyopolimer yapısı hücreye mekanik dayanıklılığın yanı sıra sorpsiyon kapasitesinin atmasını sağlayan özellik kazandırır [69]. Alginatın elde edilmesinde *Laminaria sp.*, *Macrocystis sp.* ve *Ascophyllum sp.* kahverengi algleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Alginat polimerinin yapısı D-mannuronik asit ve L-gulonik asit monomerlerinden oluşur. Elde edildiği alginat kaynağına göre monomer dizisi ve oranı çeşitlilik göstermektedir [6].

Alginat genellikle makroalg biyokütleden sıcak alkali çözeltiler (sodyum karbonat) kullanılarak çözünmeyen alginik asit tuzlarının ekstraksiyonu ile elde edilir. Ekstraksiyon sonrası alg çökteltesinden filtrasyon ve saflaştırma yöntemleriyle sodyum alginat elde edilmiş olur. Alg çökteltesinden filtrasyon ile ayrılan sodyum alginat çökteltesinden daha sonrasında alginatın katı çöktürülmesiyle geri kazanımında kalsiyum tuzları veya alginik asit elde edilmiş olur. Çöktürmenin asit kullanılarak gerçekleştirilmesinin iki önemli dezavantajı bulunmaktadır. Öncelikle sodyum alginattan kalsiyumun uzaklaştırılması son ürünlerdeki viskozitenin kontrolü açısından doğru olmamaktadır. Ayrıca asit ile çöktürme yönteminde elde edilen jelatinimsi yapı yüzünden suyun uzaklaştırılması güçleşmektedir [42].

Kalsiyum alginatın çöktürülmesi için lifli materyallere uygulanan metal yüzeyde ayırma uygun bir yöntemdir. Bu yöntemde ürün klor ile muamele edilerek ağırltır, ardından seyreltik mineral asit ile lifli yapıdaki alginik asit belirlenir. Alginik asit, alkali çözelti ile nötralize edilerek sodyum alginata dönüştürülmüş olur. Kalsiyum alginatın çöktürülmesi ile yapılan çalışmalarda, %10 kalsiyum klorür kullanılarak işlemin gerçekleştirildiği belirtilmiştir [43].

Alginat eldesinde kullanılan *Sargassum* türü *Phaeophyceae* sınıfına bağlı denizel bir makroalgdir. Bu tür, tropikal ve ılıman iklimde yayılım göstermekte, gıda katkı maddesi, hayvan yemi ve gübre olarak kullanılmaktadır. Ayrıca yapılan klinik çalışmalar sonucunda *Sargassum* türünün antioksidan, anti-tümör, anti-anjiyojenik, anti-inflamatuar, anti-koagulan, antiviral ve anti-vaskulojenik gibi birçok fizyolojik ve biyolojik aktiviteye sahip olduğu bulgulanmıştır [44]. *S. wightii* türünün yapısında yüksek miktarda bulunan flavonoidler yapının antioksidan aktivitesinin kaynağıdır [45].

*S. wightii*, sülfatlı polisakkarit yapılarından oluşmaktadır ve bu yapılar farmakoloji alanında radikal süpürme aktivitesi, antioksidan, antifungal, anti-inflamatuar aktivite ve karaciğer koruyucu özelliği ile geniş kullanım alanına sahiptir [46-50].

Alglerden elde edilen alginat ve galaktanların sağlık üzerinde antikoagulant, antikanser ve yüksek kolesterolü düşürücü etkisi olduğu belirlenmiştir [51]. Alginat gibi alglerden elde edilen depo polisakkarit yapıların tekstürel ve stabilize edici özellikleri mevcuttur [52]. Bu özellikleri ile gıda endüstrisinde dondurma gibi kıvamlı, jel yapıda ve stabilize ürünlerin eldesinde, ayrıca suda çözünür film yapılarda kullanılmaktadır [53]. Alginatın dondurma ve dondurulmuş tatlılarda [37], yağ

kullanımını azaltıcı, stabilize edici, karışımın vizkozitesini arttırıcı, erime süresini kısaltıcı ve lezzet sağlayıcı yönden kullanımı mevcuttur. Mikrodalgada pişirilen tavuk nugetlarının kaplama filmi için de alginat kullanımı ısı dağılımını kolaylaştırmakta, pişirme süresini kısaltmaktadır [54]. Sodyum alginat ile kaplanan mercan balığının antioksidan kapasitenin arttığı, raf ömrünün uzadığı belirlenmiştir [55]. Kaplama malzemesi olarak alginat kullanımının ürünün duyuusal özelliklerini geliştirdiği ve su kaybını azalttığı belirlenmiştir. Alginatın, taze kesilmiş meyve dilimlerinde oluşan enzimatik esmerleşme reaksiyonlarını önleyici madde olarak kullanımı da mevcuttur [56].

## FURSELERAN

Furseleran endüstriyel olarak üretilen ve yapısında çok farklı galaktan karışımları bulunan kırmızı alg türü *Furcellaria lumbicalis*'den elde edilen bir çeşit hidrokolloiddir. İlk olarak 1917 yılında Danimarka'da elde edilmiştir. Furseleran sağladığı birçok farklı özelliği ile Avrupa'da gıda üreticileri tarafından yaygınlıkla kullanılan bir ürün haline gelmiştir [57].

Furseleran maddesinin eldesinde yaygın olarak kullanılan kırmızı alg türü olan *F. lumbicalis* (*F. fastigiata*) doğu ve batı Atlantik, özellikle Baltık Denizi'nin tuzlu su kesimlerinde yetiştirilmektedir [58]. *F. lumbicalis*'in kimyasal yapısında içerdiği yüksek oranda protein yapıdaki pigmentler sayesinde Rhodophyta alg türleri arasında yüksek azot içeriğine (%1.1-4.8 kuru temelde) sahiptir [57]. Histamin üreten birkaç deniz alginden biri olan *F. lumbicalis*'in yapısında ortalamasının üstünde iyot içeriği bulunduğu da bulgulanmıştır [59]. *F. lumbicalis* karragenan üreten kırmızı alg ailesine bağlı, ticari açıdan ise yapısında bulunan polisakkarit çeşitliliği sayesinde önemli bir türdür. Furseleranın kompozisyonunda bulunan 3,6 anhidro-D-galaktoz ve D-galaktoz sülfat konsantrasyonu %3'den fazla ise bu yapıya suda çözünür özellik kazandırmaktadır. Furseleranın erime noktası suda 75-77°C'dir ve kısmen elastik, jelimsi bir yapıya sahiptir. Furseleranın karakterizasyonunda belirlenen temel bileşen karragenanın  $\kappa$  türüdür.  $\kappa/\beta$ -karragenan karışımı içeren karmaşık furseleran yapısında az miktarda  $\omega$ -karragenan da bulunmaktadır. Ayrıca farklı türlerden elde edilerek hazırlanan yapılarda  $\alpha$ -ve  $\iota$ -karragenan çeşitlerinin de bulunduğu dair çalışmalar rapor edilmiştir [57]. Yapılan çalışmalar ışığında furseleranın yapısında farklı karragenan segmentleri ile birlikte baskın molekül olan  $\kappa$ -karragenan ve hibrit makromoleküler zincirler içerdiği saptanmıştır [60].

Furseleranın ekstraksiyonu ile ilgili Tuvikene ve ark. [61] *Furcellaria lumbicalis* türünü distile su ile KOH ve NaOH çözeltilerini farklı konsantrasyonlarda kullanarak gerçekleştirmiştir. Çalışma sonunda ekstraksiyon veriminin yüksek oranda ekstrakt ortamından etkilendiğini belirlemişlerdir. Ekstraksiyon ortamının suya göre alkalilik düzeyi arttıkça ekstraksiyon veriminin arttığı saptanmıştır. Furseleranın *Furcellaria lumbicalis* türünden kuru biyokütle ile gerçekleştirilen ekstraksiyon çalışmasında, çözücü ortam olarak %2 (w/w) KOH çözeltisi kullanılmıştır. 30 g kuru biyokütle 150 mL

çözücü ile 7 gün süreyle oda sıcaklığında muamele edilmiş ve ekstraksiyon verimi %24 olarak belirlenmiştir [62]. Furseleranın kimyasal yapısı, jelleşme ve sorpsiyon özellikleri, farklı maddeler ile interaksyonu yapılan çalışmalar ile belirlenmiştir [62-64].

Furseleran genellikle karragenan gibi stabilize edici, kıvam arttırıcı ve jelleştirici olarak gıda endüstrisinde kullanım alanına sahiptir ve kullanımında belirlenen herhangi bir yan etkisi bulunmamaktadır [65]. Furseleranın dondurma ürünlerinde kullanımında koku, renk ve aroma özelliklerini nispeten azalttığı fakat krema dokusunu ve depolama sırasında stabilitesini geliştirdiği de belirlenmiştir [66]. Reçel, jöle, puding ve pastacılıkta kullanılan dolgu malzemelerinde furseleran kullanılmaktadır [67].

## SONUÇ

Stabilize edici maddeler gıda, tekstil, kozmetik, eczacılık ve sağlık gibi sektörlerde kullanım alanına sahiptir. Elde edilmesinde bitki, alg ve mikrobiyal kaynaklar kullanılmaktadır. Alglerin sürdürülebilir bir kaynak olması ve kolay çoğalabilme özelliği ile stabilize edici maddelerin eldesinde kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Stabilize edici maddelerin alglerden ekstraksiyonunda çözgen ekstraksiyonu, ultrasonik ekstraksiyon, enzimatik işlemler, radyasyon gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Alglerden ekstrakte elde edilen agar, karragenan, alginik asit ve furseleran stabilize edici madde olarak farklı sektörlerde geniş kullanım alanına sahip ve önemi giderek artan ürün haline gelmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Dickinson, E., 1988. The role of hydrocolloids in stabilising particulate dispersions and emulsions. In: Gums and Stabilisers for the Food Industry, Vol. 4. Phillips GO, Wedlock DJ, Williams PA (eds.). IRL Press, Oxford. 249-263.
- [2] Garti, N., Reichman, D., 1994. Surface properties and emulsification activity of galactomannans. *Food Hydrocolloids* 8(2): 155-173.
- [3] Dickinson, E., 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids* 17(1): 25-39.
- [4] Chan, C.X., Ho, C.L., Phang, S.M., 2006. Trends in seaweed research. *Trends in Plant Science* 11(4): 165-166.
- [5] McHugh, D.J., 1991. Worldwide distribution of commercial sources of seaweeds including Gelidium. *Hydrobiologia* 221: 19-21.
- [6] Suganya, T., Varman, M., Masjuki, H.H., Renganathan, S., 2016. Macroalgae and microalgae as a potential source for commercial applications along with biofuels production: A bio refinery approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 55: 909-941.
- [7] Armisen, R., Galatas, F., 1987. Production, properties and uses of agar. In: McHugh DJ, editor. Production and utilization of products from commercial sea- weeds. FAO fisheries technical

- paper nr 288. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1–57.
- [8] Bird, K.T., 1988. Agar production and quality from *Gracilaria* sp. strain G-16: effects of environmental factors. *Botanica Marina* 31: 33–39.
- [9] Lahaye, M., Yaphe, W., 1988. Effects of seasons on the chemical structure and gel strength of *Gracilaria pseudoverrucosa* agar (Gracilariaceae, Rhodophyta). *Carbohydrate Polymers* 8: 285–301.
- [10] Freile-Pelegrin, Y., Murano, E., 2005. Agars from three species of *Gracilaria* (Rhodophyta) from Yucatan Peninsula. *Bioresource Technology* 96(3): 295-302.
- [11] Gargiulo, G.M., De Mais, F., Tripodi, G., 1992. Morphology, reproduction and taxonomy of the Mediterranean species of *Gracilaria* (Gracilariales, Rhodophyta). *Phycologia* 31: 53–80.
- [12] Gerbal, M., Verlaque, M., 1995. Macrophytobentos de substratmeuble de letang de Thau (France, Mediterranee) etfacteursenvironnementauxassociés. *Oceanologica Acta* 18: 557–571.
- [13] Arvizu-Higuera, D. L., Rodríguez-Montesinos, Y. E., Murillo-Alvarez, J. I., Munoz-Ochoa, M., Hernandez-Carmona, G., 2008. Effect of alkali treatment time and extraction time on agar from *Gracilaria vermiculophylla*. *Journal of Applied Phycology* 20(5):515-519.
- [14] Yousefi, M. K., Islami, H. R., Filizadeh, Y., 2013. Effect of extraction process on agar properties of *Gracilaria corticata* (Rhodophyta) collected from the Persian Gulf. *Phycologia* 52(6): 481-487.
- [15] Freile-Pelegrin, Y., Robledo, D., 1997. Influence of alkali treatment on agar from *Gracilaria cornea* from Yucatan Mexico. *Journal of Applied Phycology* 9: 533–539.
- [16] Stanley, N., 1987. Production, properties and uses of carrageenan. In:McHugh DJ, editor. Production and utilization of products from commercial seaweeds. FAO fisheries technical paper nr 288. Food and Drug Administration of the United Nations .p.116–46.
- [17] van de Velde, F., Antipova, A. S., Rollema, H. S., Burova, T. V., Grinberg, N. V., Pereira, L., 2005. The structure of kappa/iota-hybrid carrageenans II. Coilhelix transition as a function of chain composition. *Carbohydrate Research* 340: 1113-1129.
- [18] Hayashi, L., Oliveira, E. C., Bleicher-Lhonneur, G., Boulenguer, P., Pereira, R. T. L. von Seckendorff, R., 2007. The effect of selected cultivation conditions on the carrageenan characteristics of *Kappaphycusal varezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) in Ubatuba Bay, Sao Paulo, Brazil. *Journal of Applied Phycology* 19: 505-511.
- [19] Hung, L. D., Hori, K., Nang, H. Q., Kha, T. Hoa, L. T., 2008. Seasonal changes in growth rate, carrageenan yield and lectin content in the red alga *Kappaphycusal varezii* cultivated in Camranh Bay, Vietnam. *Journal of Applied Phycology* 21: 265-272.
- [20] Mendoza, W. G., Ganzon-Fortes, E. T., Villanueva, R. D., Romero, J. B., Montano, M. N. E., 2006. Tissue age as a factor affecting carrageenan quantity and quality in farmed *Kappaphycus striatum* (Schmitz) Doty ex Silva. *Botanica Marina* 49: 57-64.
- [21] Mendoza, W. G., Montano, M. N. E., Ganzon-Fortes, E. T., Villanueva, R. D., 2002. Chemical and gelling profile of ice-ice infected carrageenan from *Kappaphycus striatum* (Schmitz) Doty “sacol” strain (Solieriaceae, Gigartinales, Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology* 14: 409-418.
- [22] Hilliou, L., Larotonda, F. D. S., Abreu, P., Abreu, M. H., Sereno, A. M., Gonçalves, M. P., 2011. The impact of seaweed life phase and postharvest storage duration on the chemical and rheological properties of hybrid carrageenans isolated from Portuguese *Mastocarpusstellatus*. *Carbohydrate Polymers* 87: 2655-2663.
- [23] Hilliou, L., Larotonda, F. D. S., Sereno, A. M., Gonçalves, M. P., 2006. Thermal and viscoelastic properties of kappa/iota-hybrid carrageenan gels obtained from the Portuguese seaweed *Mastocarpus stellatus*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 7870-7878.
- [24] Estevez, J. M., Ciancia, M., Cerezo, A.S., 2000. The system of low-molecular-weight carrageenans and agaroids from the room temperature-extracted fraction of *Kappaphycusal varezii*. *Carbohydrate Research* 325: 287–299.
- [25] Rodrigues, D., Freitas, A.C., Pereira, L., Rocha-Santos, T.A.P., Vasconcelos, M.W., Roriz, M., Rodríguez-Alcalá, L.M., Gomes, A.M.P., Duarte, A.C., 2015 Chemical composition of red, brown and green macroalgae from Buarcos bay in central west coast of Portugal. *Food Chemistry* 183: 197–207.
- [26] Toffanin, R., Knutsen, S.H., Bertocchi, C., Bertocchi, C., Rizzo, R., Murano, E., 1994. Detection of cellulose in the cell wall of some red algae by <sup>13</sup>C NMR spectroscopy. *Carbohydrate Research* 262: 167–171.
- [27] Myslabodski, D.E., Stancioff, D., Heckert, R.A., 1996. Effect of acid hydrolysis on the molecular weight of kappa carrageenan by GPC-LS. *Carbohydrate Polymers* 31: 83–92.
- [28] Chen, H. M., Yan, X. J., Wang, F., Xu, W.F., Zhang, L., 2010. Assessment of the oxidative cellular toxicity of a κ-carrageenan oxidative degradation product towards caco-2 cells. *Food Research International* 43: 2390–2401.
- [29] Relleve, L., Nagasawa, N., Luan, L.Q., Yagi, T., Aranilla, C., Abad, L., Kume, T., Yoshii, F., dela Rosa, A., 2005. Degradation of carrageenan by radiation. *Polymer Degradation and Stability* 87: 403–410.
- [30] Zhou, G., Yao, W., Wang, C., 2006. Kinetics of microwave degradation of λ-carrageenan from *Chondruso cellatus*. *Carbohydrate Polymers* 64: 73–77.
- [31] Guibet, M., Kervarec, N., Génicot, S., Chevlot, Y., Helbert, W., 2006. Complete assignment of <sup>1</sup>H and <sup>13</sup>C NMR spectra of *Gigartina skottsbergii* λ-carrageenan using carrabiose oligosaccharides prepared by enzymatic hydrolysis. *Carbohydrate Research* 341: 1859–1869.
- [32] Abd-Rahim, F., Wasoh, H., Zakaria, M.R., Ariff A., Kapri R., Ramli N., Siew-Ling, L., 2014. Production of high yield sugars from *Kappaphycusal varezii*

- using combined methods of chemical and enzymatic hydrolysis. *Food Hydrocolloids* 42: 309–315.
- [33] Bylaite, E., Ilgunaite, Z., Meyer, A. S., Adler-Nissen, J., 2004. Influence of  $\lambda$ -carrageenan on the release of systematic series of volatile flavor compounds from viscous food model systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 3542–3549.
- [34] Cáceres, P.J., Carlucci, M.J., Damonte, E.B., Matsuhira, B., Zuñiga, E.A., 2000. Carrageenans from Chilean samples of *Stenogramme interrupta* (phylophoraceae): structural analysis and biological activity. *Phytochemistry* 53: 81–86.
- [35] Hiroishi, S., Sugie, K., Yoshida, T., Morimoto, J., Taniguchi, Y., Imai, S., Kurebayashi, J., 2001. Antitumor effects of *Marginisporum crassissimum* (Rhodophyceae), a marine red alga, *Cancer Letters* 167: 145–150.
- [36] Alban, S., Schauerte, A. Franz, G., 2002. Anticoagulant sulfated polysaccharides: Part I. Synthesis and structure–activity relationships of new pullulan sulfates. *Carbohydrate Polymers* 47: 267–276.
- [37] Haghhighimanesh, S., Farahnaky, A., 2011. Ice cream powder production and investigation of its rheological and organoleptic properties. *International Journal of Food Engineering* 7(4) DOI: 10.2202/1556-3758.2200.
- [38] Bixler, H.J., Johndro, K., Falshaw, R., 2001. Kappa-2 carrageenan: structure and performance of commercial extracts: II. Performance in two simulated dairy applications. *Food Hydrocolloids* 15(4): 619-630.
- [39] Shon, J., Yun, Y., Shin, M., Chin, K.B., Eun, J.B., 2009. Effects of milk proteins and gums on quality of bread made from frozen dough. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89(8): 1407-1415.
- [40] Seol, K.H., Lim, D.G., Jang, A., Jo, C., Lee, M., 2009. Antimicrobial effect of  $\kappa$ -carrageenan-based edible film containing ovotransferrin in fresh chicken breast stored at 5°C. *Meat Science* 83(3): 479-483.
- [41] Volesky, B., Holan, Z.R., 1995. Biosorption of heavy metals. *Biotechnol. Prog.* 11: 235-250
- [42] Arvizu-Higuera, D.L., Hernández-Carmona, G., Rodríguez-Montesinos Y.E., 1997. Effect of the type of precipitation on the process to obtain sodium alginate: calcium alginate method and alginic acid method. *Ciencias Marinas* 23(2): 195–207.
- [43] Lukachyov, O.P., Pochkalov, V.K., 1965. Method to obtain alginate from brown algae. USSR Patent. 200-416.
- [44] Gamal-Eldeen, A., Ahmed, E., Abo-Zeid, M., 2009. In vitro cancer chemo preventive properties of polysaccharide extract from the brown alga, *Sargassum latifolium*. *Food Chemistry Toxicology* 47: 1378–1384.
- [45] Meenakshi, S., Manicka, G.D., Tamilmozhi, S., 2009. Total flavanoid and in vitro antioxidant activity of two seaweeds of Rameshwaram Coast. *Glob. Journal of Pharmacology* 3: 59–62.
- [46] Park, P.J., Heo, S.J., Park, E.J., 2005. Reactive oxygen scavenging effect of enzymatic extracts from *Sargassum thunbergii*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 6666–72.
- [47] Hu-Xue, C., Fang, Y., Lin, H., 2001. Chemical characters and antioxidative properties of sulfated polysaccharides from *Laminaria japonica*. *Journal of Applied Phycology* 13:67–70.
- [48] Aruna, P., Mansuya, P., Sekaran, S., 2010. Pharmacognostical and antifungal activity of selected seaweeds from Gulf of Mannar region. *Recent Research in Science and Technology* 2:115–9.
- [49] Dar, A., Baig, H.S., Saifullah, S.M., 2007. Effect of seasonal variation on the anti-inflammatory activity of *Sargassum wightii* growing on the N. Arabian Sea coast of Pakistan. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 351: 1–9.
- [50] Anthony, J., Kalaiselvam, N., Ganapathy, A., Coothan, K. V., Sreenivasan, P., Palaninathan, V., 2008. Role of sulphated polysaccharides from *S. wightii* in cyclosporine A-induced oxidative liver injury in rats. *BMC Pharmacology* 8:1–9.
- [51] Lordan, S., Ross, R.P., Stanton, C., 2011. Marine bioactives as functional food ingredients: potential to reduce the incidence of chronic diseases. *Marine Drugs* 9(6): 1056-1100.
- [52] MacArtain, P., Gill, C.I.R., Brooks, M., Campbell, R., Rowland, I.R., 2007. Nutritional value of edible seaweeds. *Nutrition Reviews* 65: 535–543.
- [53] Rasmussen, R.S., Morrissey, M.T., 2007. Marine biotechnology for production of food ingredients. *Advances in Food and Nutrition Research* 52: 237–292.
- [54] Albert, A., Salvador, A., Fiszman, S., 2012. A film of alginate plus salt as an edible susceptor in microwaveable food. *Food Hydrocolloids* 27(2): 421-426.
- [55] Song, Y., Liu, L., Shen, H., You, J., Luo, Y., 2011. Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*). *Food Control* 22(3): 608-615.
- [56] Robles-Sánchez, R. M., Rojas-Graü, M. A., Odriozola-Serrano, I., González-Aguilar, G., Martín-Belloso, O., 2013. Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes. *LWT-Food Science and Technology* 50(1): 240-246.
- [57] Bird, C.J., Saunders, G.W., McLachlan, J., 1991. Biology of *Furcellaria lumbricalis* (Hudson) Lamouroux (Rhodophyta: Gigartinales), a commercial carrageenophyte. *Journal of Applied Phycology* 3:61–82.
- [58] Martin, G., Paalme, T., Kukk, H., 1996. Long-term dynamics of the commercially useable *Furcellaria lumbricalis*-*Coccotylus truncatus* community in Kassari Bay, West Estonian Archipelago, the Baltic Sea. In Proceedings of Polish–Swedish Symposium on Baltic coastal fisheries. Resources and Management. 2–3 April 1996, Gdynia, Poland, Gdynia: Sea Fisheries Institute: 121–129.
- [59] Barwell, C.J., 1989. Distribution of histamine in the thallus of *Furcellaria lumbricalis*. *Journal of Applied Phycology* 1: 341–344
- [60] Knutsen, S.H., Grasdalen, H., 1987. Characterization of water extractable

- polysaccharides from Norwegian *Furcellaria lumbricalis* (Huds.) Lamour. (Gigartinales, Rhodophyceae) by IR and NMR spectroscopy. *Botanica Marine* 30: 497–50.
- [61] Tuvikene, R., Truus, K., Robal, M., Volobujeva, O., Mellikov, E., Pehk, T., Kollist, A., Kailas, T., Vaher, M., 2010. The extraction, structure, and gelling properties of hybrid galactan from the red alga *Furcellaria lumbricalis* (Baltic Sea, Estonia). *Journal of Applied Phycology* 22: 51–63.
- [62] Laos, K., Ring, S.G., 2005. Note: Characterisation of furcellaran samples from Estonian *Furcellaria lumbricalis* (Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology* 17: 461–464.
- [63] Pritchkina, N.M, Chalykh, A.Y., 1994. Sorption of water vapor by  $\kappa$ -furcellaran and Ca-furcellaran films. *Food Hydrocolloid* 8: 251–258.
- [64] Laos, K., Brownsey, G.J., Ring, S.G., 2007. Interactions between furcellaran and the globular proteins bovine serum albumin and  $\beta$ -lactoglobulin. *Carbohydrate Polymers* 67: 116–123.
- [65] Bender, D.A., 2005. Furcellaran. A Dictionary of Food and Nutrition. Oxford University Press, Oxford, UK.
- [66] Klesment, T., Stekolstskova, J., Laos, K., 2014. Influence of guar gum/ furcellaran and guar gum/carrageenan stabilizer systems on the rheological and sensorial properties of ice cream during storage. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences* 63(2): 193-198.
- [67] Sultani, G., Evageliou, V., Koutelidakis, A.E., Kapsokafalou, M., Komaitis, M., 2014. The effect of pectin and other constituents on the antioxidant activity of tea. *Food Hydrocolloids* 35: 727-732.
- 
-