

# Mikrobiyal Yolla Üretilen Polisakkaritler Ve Gıda Sanayinde Kullanımı

Seval DAĞBAĞLI -Yekta GÖKSUNGUR

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova/ İZMİR

## Özet

Son yıllarda doğal ve yenilenebilir kaynaklardan mikroorganizmalar tarafından üretilen biyomateriyallere olan ilgi giderek yoğunlaşmaktadır. Bu tip maddelerden olan mikrobiyal polisakkaritler bir çok mikroorganizma tarafından hücre dışı olarak üretilmektedir. Bu polisakkaritler tek tip şekerden meydana gelen homopolisakkarit ve farklı şeker birimlerini içeren heteropolisakkaritler olmak üzere iki grupta düşünülebilir. Bu biyopolimerler, reolojik ve film oluşturma özellikleri nedeniyle gıda sanayinde stabilizatör, emülgatör, jelleştirici ajan olarak ve gıdaların kaplanmasında kullanılmaktadır. Bu çalışma, mikrobiyal polisakkaritler ile ilgili son gelişme ve bilgileri özetlemektedir.

**Anahtar Kelimeler: Mikrobiyal polisakkarit, gıda sanayi**

## MICROBIAL POLYSACCHARIDES AND THEIR APPLICATIONS IN FOOD INDUSTRY

### Absract

In the recent years, there has been intensive interest on the production of biomaterials by microorganisms from renewable resources. Among these are the polysaccharides secreted by microorganisms into the extracellular medium of the cells. These polysaccharides can be divided into homopolysaccharides constituted from one type of sugar and heteropolysaccharides containing different sugar units. They have unique rheological and film forming properties and are used in the food industry as viscosifiers, stabilisers, emulsifiers, gelling agents and as a coating material. This article is based on currently available literature information about microbial polysaccharides.

**Key Words: Microbial polysaccharide, food industry**

## GİRİŞ

Endüstriyel polisakkaritler, değişik reolojik ve film oluşturma özellikleri nedeniyle sanayide yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu polisakkaritler, bir diğer ifade ile gamlar, jel oluşturabilir yada emülsiyonda stabilizatör, flokülant, bağ yapıcı, film oluşturucu, yağ ikamesi olarak kullanılabilirler. Alg ve bitkiler zengin bir polisakkarit kaynağı olmakla beraber, son zamanlarda mikroorganizmalar yeni bir polisakkarit kaynağı olarak öne çıkmışlardır [1].

Birçok bakteri, maya ve küf polisakkarit üretebilir. Polisakkaritlerin üretimi, farklı koşullarda ya hücre duvarına bağlı (kapsüler polisakkaritlerCPS) ya da hücre dışı sıvısına salgılanarak (ekzopolisakkaritler EPS) gerçekleşebilir [2, 3]. Polisakkaritlerin, glikojen gibi depo bileşiği olarak, kitin gibi yapısal bileşik olarak ya da ekzopolisakkaritler gibi mikroorganizmanın çevresiyle ilişkisinde aracı olarak rol oynadığı bilinmektedir [4]. Polisakkaritler, mikroorganizmalara sağladıkları bu özelliklerinin yanında, son zamanlarda ticari olarak büyük önem kazanmışlardır. EPS' lerin gıda sanayinde kullanılmama potansiyelleri, bu polimerlerin sahip oldukları fiziksel ve reolojik özelliklere göre belirlenir. Bu özellikleri etkileyen faktörler, molekül ağırlığı, polimerin sıklığı, yan zincirlerin varlığı ve organik (örn: asetil, prüvil ya da süksinil grupları) ya da inorganik (örn: sülfat ya da fosfat grupları) bileşenlerin bulunmasıdır [5]. Bu yan grupların bağlanma derecesinin, polimerin özellikleri üzerinde önemli bir etkisi vardır. Önemli mikrobiyal polisakkaritlerin yapıları Tablo 1'de verilmiştir.

Gıda sanayinde kıvam arttırıcı, jelleştirici, su bağlayıcı ve yağ ikame maddesi olarak kullanılabilen bu maddeler, gıda ve gıda dışı endüstrilerde emülgatör ve stabilizatör olarak da kullanılmaktadırlar. Bundan başka, sindirilmeyen gıda fraksiyonları ya da prebiyotik, antikanserojenik, antiülser, bağışıklığı düzenleyici ya da kolesterol düşürücü aktiviteleri sayesinde, insan sağlığına katkıda bulunmaktadırlar [2].

### Ksantan Gam

Doğal bir polisakkarit olan ksantan gam, önemli bir endüstriyel biyopolimerdir. Yapı olarak tekrarlanan pentasakkarit birimleri içeren bir heteropolisakkarit olan bu polisakkaridin molekül ağırlığı  $2 \times 10^6$  -  $20 \times 10^6$  Da. arasında değişmektedir. Ksantanın molekül ağırlığını etkileyen en önemli faktör üretiminde uygulanan fermantasyon koşullarının değişkenliğidir [6]. İlk olarak 1950'lerde Birleşmiş Milletler Tarım Departmanı, Northern Regional Research Laboratory (NRRL) tarafından belirlenmiştir. *Xanthomonas campestris* NRRL B-1459 tarafından üretilen B-1459 polisakkaridi, ya da ksantan gam hakkında bilinen diğer doğal ve sentetik suda çözünebilir gamları tamamlayıcı etkisi nedeniyle çok fazla araştırma yapılmıştır [7].

Ksantan gam hem soğuk hem de sıcak suda iyi çözünebilmektedir. Bu özelliği ksantan molekülünün polielektrolit yapısından kaynaklanmaktadır. Ksantan çözeltileri düşük konsantrasyonlarda bile çok viskozdur.

Tablo 1. Bazı mikrobiyal polisakkaritler [4]

Polisakkarit	Organizma	Polimer tipi	Monomer birimleri	Bağ türü
Dekstran	Bakteri <i>Leuconostoc</i> <i>Klebsiella</i>	Kısa – dallanmış	D - glikopiranoz	$\alpha$ -1,6 (ana zincir) $\alpha$ -1,3 (dallanma noktalarında)
Skleroglukan	Fungi <i>Sclerotium spp</i>	Kısa –dallanmış	D - glikopiranoz	$\beta$ -1,3 (ana zincir) $\beta$ -1,6 (dallanma noktalarında)
Pullulan	Küf <i>Aureobasidium</i>	Lineer blok	D - glikopiranoz	$\alpha$ -1,4 bağlı trimerler/ tetramerler $\beta$ -1,6 bağlı
Alginik asit	Bakteri <i>Azotobacter etc.</i>	Lineer blok poliasit	D - mannuronik asit L- glukuronik asit	$\beta$ -1,4 $\alpha$ -1,4 bloklardaki bağlar
Ksantan	Fungi <i>Xanthomonas sp</i>	Asidik trimer dallı lineer ana zincir	D-glukoz dallar: 6-asetil-D-mannoz D-glukuronik asit D-mannoz-4,6-piruvat	$\beta$ -1-4 (ana zincirdeki bağ) $\alpha$ -1,3 dallanma nokta $\beta$ -1,2 larındaki bağlar $\beta$ -1

Bu özellikleri ksantanın, başta bir kıvam arttırıcı olarak ya da süspansiyon ve emülsiyonları stabilize etmek için kullanıldığı gıda sanayi olmak üzere bir çok endüstriyel alanda büyük önem taşımaktadır. Ksantan çözeltilerinin önemli bir özelliği de keçi boynuzu gamı ve guar gam gibi bitkisel galaktomannanlarla etkileşimidir. Oda sıcaklığındaki Ksantan çözeltisine bu galaktomannanlardan herhangi birinin ilavesi viskozitede sinerjik bir artışa neden olmaktadır [8, 9, 10, 11, 12, 13].

Gıda ve eczacılık alanlarında rahatlıkla uygulanabilmesi için ksantan gam toksikolojik açıdan çok fazla araştırılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda ksantanın toksik olmadığı, büyüme üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı ve göz ve cildi tahriş etmediği bulunmuştur. Bundan dolayı Food and Drug Administration (FDA ) tarafından gıdalarda limitsiz kullanımına izin verilmiştir [14]. 1980'de ise Avrupa Birliği ksantanı E-145 olarak gıda emülgatör/ stabilizatörleri listesine eklemiştir [6]. Ksantan emülsiyon ve sıcaklık stabilize edici özellikleri, gıda bileşenleri ile uyumu ve pseudoplastik reolojik özellikleri nedeniyle gıda sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır.[6]. Tablo 2'de ksantan gamın gıda sanayinde uygulamalarına örnekler verilmiştir.

Toz içecek karışımlarında kullanımı, sulandırıldığında daha iyi bir yapı ve ağız hissine neden olur. Ksantan gam, karragenan ve galaktomannan karışımları dondurma, ekşi krema gibi dondurulmuş süt ürünleri için mükemmel bir stabilizatördür. Bu karışımlar ksantan gam'ın spesifik reolojik özellikleri ve galaktomannan ve

Uygulama	Konsantrasyon (% w/w)	Fonksiyonu
Salata sosları	0,1-0,5	Emülsiyon stabilizatörü, süspansiyon edici ajan
Kuru karışımlar	0,05-0,2	Soğuk veya sıcak suda çözünebilme
Şuruplar Toppingler, soslar	0,05-0,2	Kıvam arttırıcı, ısı stabilizasyonu ve homojen viskozite
İçecekler (meyve ve yağsız süt tozu)	0,05-0,2	Stabilizatör
Süt ürünleri	0,5-0,2	Stabilizatör, karışımın viskozite kontrolü
Unlu mamüller	0,1-0,4	Stabilizatör, pompalamayı kolaylaştırıcı
Dondurulmuş ürünler	0,05-0,2	Donma-çözünme stabilizasyonu

Ksantan gam, asit ve tuzlara karşı dayanıklı olması, düşük konsantrasyonlarda bile etkili olması ve oldukça fazla pseudoplastik özellik göstermesi nedeniyle salata soslarında ideal bir stabilizatör olmuştur [15]. Ayrıca uzun süreli emülsiyon stabilizasyonu da sağlamaktadır. Şişeden kolayca akabilen ve salataya iyi tutunabilen bu soslar ağızda da mükemmel bir tat bırakmaktadırlar. Şuruplarda ve toppinglerde ksantan gamın reolojik özellikleri kolay akmaya ve mükemmel tutunmaya olanak vermektedir. Nişasta bazlı tatlılarda (puding, muhallebi) daha iyi bir yapı ve ağız hissi ile beraber depolama boyunca pıhtıda azalma gözlenmiştir. Enerjisi düşürülmüş gıdalarda ise ksantan, nişastanın ya kısmi olarak ya da tamamen yerine geçebilmektedir. Ksantan içeren unlu gıdalardan daha yüksek hacim ve daha iyi lezzet kalitesi sağlanır. Enerjisi azaltılmış unlu gıdalarda ve glutensiz ekmeklerde ise daha iyi hacim ve yapı sağlar, nemin uzaklaşmasını önler [1].

### Kitosan

Kitosan, kabuklular sınıfına ait hayvanların dış kabuğundan izole edilen kitin polimerinin kuvvetli alkali koşulda deasetilasyonu ile elde edilir [16]. Elde edilen ürünün kalitesi deasetilasyon derecesi, polimerizasyon derecesi, üretim prosesi ve elde edilen kaynağa göre değişkenlik gösterebilmektedir. Kitin molekülünden kitosan üretiminde derişik alkali çözeltisi ve yüksek sıcaklıklar kullanılmakta ve bu koşullarda üretilen ürünün fizikokimyasal özelliklerinde değişkenlikler gözlenmektedir. Ayrıca kabuklu deniz hayvanlarının mevsimsel ve sınırlı temin edilebilirliği, sınırlı üretim sahaları, gelen üründeki değişiklikler ve yüksek üretim maliyeti kimyasal kitosan üretim yönteminin diğer dezavantajlarıdır [17,18]. Bir diğer yöntem olan kitinin *Zygomycetes* cinsi küflerden fermentasyon yolu ile üretilmesinde ise, fermentasyon ve proses parametrelerinin değiştirilmesi ile fizikokimyasal özellikler kontrol edilebilmektedir. *Zygomycetes* cinsi küflerin hücre duvarlarında koruyucu ve destek verici olarak kitin ve kitosan molekülleri bulunmaktadır. Kitosan, *Mucorales*'lerde özellikle *Mucar*, *Absidia* ve *Rhizopus* türlerinde bulunur. Kitin ve kitosan,  $\beta$ -glukan ile beraber, hücre duvarının yapısal bileşenlerini oluştururlar. Küf hücre duvarlarından kitosan eldesi, kimyasal prosese göre daha yumuşak koşullarda gerçekleşen, daha basit bir prosedir ve bu üretim sırasında, kimyasal prosese göre daha az atık madde oluşmaktadır [19, 20, 16].

Doğada bulunan selüloz, dekstran, pektin, alginik asit, agar, agaroz ve karragenanlar gibi polisakaritlerin çoğu nötral veya asidik formda iken, kitin ve kitosan bazik polisakaritlerdir. Kitin ve kitosanın üstün özellikleri arasında polioksi tuz oluşumu, film oluşturma yeteneği, metal iyonlarıyla şelat oluşturma ve optik yapısal karakteristikleri bulunur.

Gıda sanayinde özellikle bakteri ve küf mantarlarına karşı antimikrobiyal olarak, emülsiyon edici, stabilize edici, renk stabilizatörü olarak ve meyve sularının durultma ve asitliğinin azaltılmasında kullanılmaktadır [21, 22]. Kitin, kitosan ve türevlerinin antimikrobiyal mekanizması tam olarak bilinmemekle beraber, bununla ilgili değişik teoriler öne sürülmüştür. Bunlardan bazıları; artı yüklü kitosan molekülü ile eksi yüklü mikrobiyal hücre membranları arasındaki

etkileşim neticesinde proteinler gibi hücre içi bileşenlerin hücreden sızması, kitosanın şelat yapıcı özelliği sebebiyle iz elementleri bağlaması ve mikrobiyal gelişimi inhibe etmesi, su bağlayıcı olarak etki ederek değişik enzimleri inhibe etmesidir [21]. Kitosan, yağ tutucu özelliği nedeniyle yağların bağırsaklardan emilimini engelleyerek, vücuttaki kolesterol seviyesini düşürmektedir [21, 22]. Lipidler bağırsağa ulaştığında, kitosan lipitleri çöktürür, böylece insan vücudunun kolesterol absorplama oranını %20-30' lara düşürür. Düşük viskozitedeki kitosan; yumurta, yumurta sarısı ya da peynir altı suyu proteinlerinin köpüklenme özelliğini arttırmaktadır. Bir de fitopatolojik özellikleri sayesinde kitosan, gıdaları uzun süre taze tutmak için, gıdaların üzerine kaplanabilir, film oluşturmak için kullanılabilir [23].

Kitosan, Japonya'da gıdaların genel bir bileşeni olarak kullanılmaktadır ancak kitosanın gıdalarda kullanımı Avrupa'da resmi olarak henüz onaylanmamıştır [22].

### Pullulan


Pullulan, endüstriyel açıdan ilgi çeken ve ekonomik öneme sahip olan bir homopolisakarittir ve maya özellikleri gösteren bir küf olan *Aureobasidium pullulans* tarafından hücre dışı olarak üretilmektedir. Ancak son zamanlarda, pullulanın bir maya olan *Rhodotorula bacarum* tarafından da üretilmediği belirlenmiştir [24].


Pullulan, kimyasal yapı olarak başlıca  $\alpha$ -1,6 glikozidik bağlarıyla bağlanmış maltotrioz ünitelerinden oluşan bir glukandır. Literatürde, pullulanın yapısında maltotrioz ünitelerinin yanısıra az sayıda maltotetroaz ünitelerinin de bulunduğu belirtilmektedir [25,26].


Pullulanın ortalama molekül ağırlığı, kullanılan suşa ve kültür ortamına bağlı olarak  $5.10^3$ - $2.10^6$  Da arasında değişmektedir. Kullanılan ortam ve inkübasyon koşullarına bağlı olarak molekül ağırlığı bakımından çok büyük farklılıklar göstermesine ve istenmeyen melanin pigmenti oluşumuna sıklıkla rastlanmasına karşın pullulan biyopolimeri endüstriyel ilginin odağında olmuştur. Biyo-indirgen, yağa dirençli, sıcaktan etkilenmeyen, oksijen geçirmeyen, toksik olmayan yapı özelliklerine sahiptir ve bu nedenle de yenilebilir filmlere kolayca dönüştürülebilir özelliği göstermektedir [27].

Pullulan sahip olduğu özellikler nedeniyle endüstriyel açıdan ilgi çeken bir biyopolimerdir ve sanayide birçok alanda kullanılabilir. Pullulanın gıda sanayindeki kullanım alanları arasında; gıda kaplama ve paketlenme maddesi olarak kullanılması ve düşük kalorili gıda formülasyonlarında nişasta yerine kullanılabilmesi sayılabilir. Ayrıca aroma ve baharatlar için mikroenkapsüle edici ajan olarak da kullanılabilir [28, 29].

Pullulana ait bazı özellikler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

 **Çözünürlük:** Pullulan soğuk ve sıcak suda çözünebilirken, organik çözügenlerde çözünmez. Çözeltilerinin düşük viskoziteye sahip olması çalışmasını kolaylaştırmaktadır.

 **Viskozite stabilitesi:** Yüksek molekül ağırlık ve konsantrasyonlarda çözeltinin viskozite değeri artmakta, ancak bu artış sınırlı kalmaktadır.

 **Yapıştırma gücü:** Kağıt, tahta ve metallerin çok iyi

Sağlamaktadır.

✍️ Çevreye uyumlu bir madde: Çeşitli küf ve bakteriler tarafından tamamı indirgenebildiği için çevre kirliliğine neden olmamaktadır.

✍️ Film oluşturabilme özelliği: Su ilave edildikten sonra basınç altında ısıtılırsa yenilebilir filmlerin üretiminde kullanılabilen, transparan, yağa dirençli, oksijen geçirmeyen, parlak ve elastik ürünlere dönüştürülebilmektedir.

✍️ Kaplama maddesi: Bir gıda, pullulan çözeltisi içine daldırılıp kurutulursa stabil şekilde kolayca kaplanmış olur. Bu şekilde kaplanmış gıdalar, parlak bir yüzey özelliği gösterirler ve nem geçirmezlikleri geliştirilerek, parlaklıklarının uzun süre dayanması sağlanır. Bu özellik, kurutulmuş balık ve kabuklular gibi aromanın yanında yüzey parlaklığının da önemli olduğu gıdaların işlenmesinde yararlı olmaktadır. Toz çorbalar, kahve, köri ve çeşitli baharatları içeren liyofilize gıdalar pullulan ile kaplandığı zaman aroma ve görünüşleri uzun süre korunabilmektedir.

✍️ Düşük oksijen geçirgenliği: Pullulan filmlerin, düşük oksijen geçirgenliği oksidasyonu önlemekte, aroma ve tazeliğin korunmasını sağlamaktadır.

✍️ Nişasta yerine kullanılabilme: Pullulan gıdalarda nişasta yerine kullanılabilir. Vücutta az sindirilme özelliği, düşük kalorili gıda formülasyonlarında kullanılması için uygundur. Mükemmel su tutma özelliği, gıdaların bağlanma kuvvetini artırır ve nişastadaki aşırı kuruma ya da bozulma önlenerek korunma kalitesi geliştirilir. Ayrıca pullulan doygunluk hissi vermektedir [26, 27].

Pullulan polisakkaridi tatsız ve kokusuzdur ve suda çözünebilen bir tozdur. Pullulanın birçok gıda çeşidinde yapıstırıcı, bağlayıcı ve kıvam arttırıcı olarak kullanımının yanı sıra, daha spesifik olarak fındıkların bisküvi yüzeyine tutunmasını, sosların viskozitelerinin geliştirilmesi ve mayonez gibi kremaların dondurulması sırasında kalite ve yapılarının korunmasını sağlar.

### Gellan Gam

Gellan gam, *Pseudomonas elodea* tarafından yüksek verimle; karbon kaynağı (karbonhidrat), fosfat, organik asit, inorganik azot kaynakları ve uygun iz elementler içeren bir besiyerinde, aerobik fermantasyonla üretilir [30, 31]. Gellan gamın monosakkarit kompozisyonu, glukoz, ramnoz ve glukuronik asitten oluşur ve oranları yaklaşık 2:1:1 dir. [32, 33].

Gellan gam, alkali muamelesiyle kolayca ayrılabilen O-açıl gruplarını içeren bir polisakkarittir. Ürünün kendisi veya açılınmış hali elastik jeller oluşturur. Ürünün kendisi pH 10 ve üzerinde ısıtılarak düşük açilli formu oluşturulur. Bu ürün ise ısıtılınca ve soğutulunca, katı ve kırılğan jeller oluşturur [30, 31]. Tablo 3'de gellan gamın gıda sanayindeki bazı uygulamaları verilmiştir.

Gellan gam, reçel ve peltelerde, pektine iyi bir alternatif olarak kullanılabilir. Gellan gam yüksek şeker düzeylerinde jel oluşturur. Yüksek şeker oranı, gellan gamın su almasını önleyebileceği için, yüksek katı içerikli şekerleme hazırlarken, düşük şeker düzeyinde gellan gamın ön su alması sağlanıp, daha sonra kaynatılarak son şeker seviyesine yükseltilir. Ayrıca gellan gam, unlu mamül ve meyve turtası

dolgularında, nişasta ile birlikte ya da nişasta yerine kullanılabilir. Gellan gamın bir avantajı da sıcak ve soğuk dolun işlemlerine uygun olmasıdır. Böylece dolun sonrasında kaynarken taşmaya dirençlidir.

Gellan gam süt bazlı ürünlerde de kullanılabilir. Gellan gamı 75°C üstündeki sıcaklıklarda direk sütün içinde ısıtarak su almasını sağlamak mümkündür. Yoğurt, direk asitlenmiş süt jellerinde ve ekşi krema gibi asidik pH' daki süt ürünlerinde, başka bir hidrokolloid de gereklidir. CMC ve guar gam gibi bu hidrokolloidler, hem koruyucu kolloid görevi yapar, hem de süt proteinlerinin çökmesini engellerler [1].

Tablo 3. Gellan gamın gıda sanayindeki bazı uygulamaları [1]

Uygulama alanları	Ürünler
Şekerleme sanayi	Nişasta, pelteler, pektin pelteleri, dolgular, marshmallow
Reçel ve pelteler	Kalorisi azaltılmış reçel, tatlı reçel, unlu mamül dolguları , pelteler
Su bazlı jeller	Tatlı jeller, aspiks (içinde balık/et bulunan lezzetli pelte)
Turta dolguları ve pudingler	Çözülebilir toz tatlılar, konserve pudingler, turta dolguları
Şekerle kaplamalar	Unlu mamüllerin şekerle kaplanmaları
Süt ürünleri	Dondurma, Jelleştirilen süt, yoğurt, milk shake.

### Aljinatlar

Aljinatlar  $\beta(1-4)$  bağlı Dmannuronik asit ve L-guluronik asit içeren heteropolisakkaritlerdir. Bunlar kahverengi deniz yosunları ya da *Azotobacter vinelandii* ve *Pseudomonas aeruginosa*'nın da içinde bulunduğu bir çok bakteri tarafından üretilir. Bakteriyel aljinatın deniz yosununun ürettiği aljinattan farkı, bir fraksiyon D-mannuronik asit kalıntılarının O asetillenmesidir [34].

Suş seçimi ve fermantasyon koşullarının modifikasyonu, bakteriyel aljinatların özellikleri düzeltilerek, gıdalarda daha gelişmiş özellikte yeni ürün geliştirilebilir [35]. Günümüzde, büyük ölçeklerde üretim, yosun aljinatı için daha ekonomiktir. Fakat mikrobiyal aljinat üretiminin, sabit bir kompozisyon, sabit verim ve az kirlilik gibi önemli avantajları vardır ve eğer proses optimize edilirse, mikrobiyal aljinat üretimi daha avantajlı hale gelmektedir [34].

Ticari olarak aljinatlar, su tutucu, jelleştirici , stabilize edici ve emülsifiye edici özelliklerinden dolayı bir çok alanda kullanılır. Gıda sanayinde aljinatlar, dondurmada stabilizatör, unlu mamül dolgularında ve

şekerle kaplamalarda şekil verici ajan olarak, puding ve tatlı jellerde jelleştirme ajanı olarak kullanılır[34].

### Curdlan

Curdlan gam, mutant bir suş olan *Alcaligenes faecalis* var. *myxogenes* tarafından üretilen,  $\beta(13)$  glikozidik bağları ile bağlanmış glikoz birimlerinden oluşan lineer yapılı bir hücre dışı polimerdir [36].

Curdlan gam tatsız olup, dondurulabilir elastik gıda jelleri üretir. Soğuk suda çözünmez fakat sulu süspansiyonları plastisize olur ve 55°C civarına ısıtılıp, daha sonra soğutulurak elde edilen geri dönüşsüz jelleri üretmeden önce çözünür. Yüksek sıcaklıklarda ısıtma, üçlü helisel yapının toplanması ve sinerjesis sonucu daha elastiki jeller üretme sağlar. 'Curdlan'lar tekli ve üçlü heliks karışımından oluşurlar [37].

Curdlan, pH 2-9,5 arası jel oluşturma özelliği gösterirken, maksimum jel dayanıklılığı ise pH 2 ile 3 arası elde edilmiştir. Reolojik özellikleri, agar ve jelatinin reolojik özellikleri arasındadır. Birçok gıda sisteminde jelleştirme ajanı olarak kullanımı uygundur [38]. Curdlan, film ve lif hazırlamak için kullanılabilir ve hiçbir kalori değeri yoktur. Bu yüzden, düşük kalorili gıdaların hazırlanmasında kullanılabilir[1].

### Skleroglukan

Skleroglukan; *Sclerotium rolfii* ve *Schizophyllum commune* gibi çeşitli fungal türler tarafından üretilen,  $\beta$ -D- glukanlar ile yakından ilişkili bir gruptur. Ana zincir 1,3- $\beta$ -D bağılı glukoz birimlerinden oluşmaktadır. Bu ana zincire 1,6- $\beta$ -D glikozil birimleri düzenli veya rastgele şekilde bağlanmıştır. Polimerlerin dallanma dereceleri, çözünürlüklerini önemli ölçüde etkilemektedir [39].

Skleroglukanın iyonik olmayan karakterinden dolayı, 2.5 12 pH aralığında asit ve alkaliler ve çoğu elektrolit tarafından etkilenmez. Guar gam, keçi boynuzu gamı, aljinat, jelatin, ksantan gam, karegenan ve selüloz türevleri gibi diğer kıvam arttırıcılarla sinerjizm olmadan mükemmel bir uyum gösterir [39].

### Diğer Mikrobiyal Polisakkaritler

Ticari olarak önem taşıyan ksantan, kitin-kitosan, pullulan, gellan, dekstran, aljinat, curdlan, skleroglukan ve mannanın yanısıra farklı hücre dışı polisakkaritler de bulunmaktadır. Bu polimerlerden kısaca aşağıda bahsedilmiştir.

Asetan, yapısal olarak ksantan gama yakın bir polisakkarittir ve *Acetobacter xylinum* suşları tarafından üretilmektedir. Bu hücre dışı polisakkarit sirke üretiminde kullanılabilir.

Sphinganlar, *Sphingomonas* adlı bir bakterinin suşlarından salgılanan kapsüler polisakkaritlerdir. Bu gruba giren gellan, wellan, rhamsan ve sphingan S-88 hücre dışı polisakkaritleri sahip oldukları reolojik özellikler sayesinde gıda sanayinde jelleştirici ajan, stabilizatör yada süspansiyon edici ajan olarak kullanılabilirler.

Wellan ana zinciri D- glukoz, D- glukuronik asit, D- glukoz ve D-ramnoz birimlerinden oluşmuştur. Yan zincirlerde ise ya tek bir L-mannoz ya da L-ramnoz bulunmaktadır. Çok yüksek sıcaklıklara oldukça dayanıklıdır ve bu durumdan viskozitesi pek fazla etkilenmemektedir. Kalsiyum iyonlarına yüksek pH koşullarında bile dayanıklıdır.

Rhamsan, aerobik fermentasyon koşullarında *Alcaligenes* spp ATCC 31961 bakterisinin bir suşu tarafından sentezlenen, anyonik hücre dışı mikrobiyal polisakkarittir. Rhamsan, çok düşük polisakkarit konsantrasyonlarında bile yüksek çözelti viskozitesine sahiptir ve zayıf bir jel oluşturur [1, 5].

### SONUÇ

Mikrobiyal polisakkaritlerin, diğer kaynaklardan elde edilen polisakkaritlere göre, üretim alanlarının ve temin imkanlarının sınırlı olmaması, teminlerinde mevsimsel değişikliklerin olmaması, fizikokimyasal özelliklerinin daha dengeli olması ve üretim proseslerinde atıkların daha az olması gibi avantajları vardır. Mikrobiyal polisakkaritlerin en büyük handikapı ise, üretim maliyetlerinin çoğu durumda diğer polisakkaritler ile rekabet edemeyecek kadar yüksek olmasıdır. Ayrıca toksikolojik incelemelerin henüz bütün polisakkaritler için yapılmamış olması diğer bir dezavantajlı durumdur. Günümüzde değişik meslek gruplarından akademisyen ve mühendisler, mikrobiyal polisakkarit üretimini optimize etmek ve üretim maliyetlerini aşağıya çekmek için yoğun bir biçimde çalışmalar yapmaktadır. Mikrobiyal polisakkaritler günümüzde birçok endüstriyel kullanım alanı bulmuştur ve yapılan çalışmaların ışığında kullanım alanlarının gelecekte daha da artacağı açıktır.

### KAYNAKLAR

1. Baird, J. K., Pettitt, D. J., 1991. Biogums used in food and made by fermentation. pp.223-263. *Biotechnology and Food Ingredients*. Goldberg, I., Williams, R. (Editors) New York.
2. Anon. 2004. TNO Nutrition and Food Research, Holland. www.voeding.tno.nl
3. Sutherland, I., 2002. A sticky business. Microbial Polysaccharides: current products and future trends. *Microbiology Today* 29 May.
4. Pace, G. W. 1987. Microbial gums. pp.449-462. *Basic Biotechnology*. Bu'lock, J., Kristiansen, B. (Editors), Academic Press.
5. Kranenburg, R., Boels, I. C., Kleerebezem, M., Vos, W. M., 1999. Genetics and Engineering of Microbial Exopolysaccharides for Food: Approaches for the Production of Existing and Novel Polysaccharides. *Current Opinion in Biotechnology*, 10: 498-504.
6. Garcia-Ochoa, F., Santos, V. E., Casas, J. A., Gomez, E. 2000. Xanthan gum: production, recovery and properties. *Biotechnology Advances* 18 : 549-579.
7. Margaritis A., Zajic J:E. 1978. Biotechnology review: mixing mass transfer and scale-up of polysaccharide fermentations. *BiotechnolBioeng* 20:939-1001.
8. Kovacs P. 1973. Useful incompatibility of xanthan gum with galactomannans. *Food Technol* 27:26-30.
9. Tako, M., Asato, A., Nakamura, S., 1984. Rheological Aspects of the Intermolecular Interaction Properties of Galactomannans. *Carbohydr. Res.* 147: 275-294.
10. Dea I. C. M., Clark A. H., Mc Cleary B. V. 1986. Effect of galactose substitution patterns on the between xanthan and locust bean gum in aqueous media. *Agric Biol Chem* 12:2995-3000.
11. Kang, K. S., Pettitt, D. J. 1993. Xanthan, gellan, wellan, and rhamsan. *Industrial gums*. Whistler, R. L., BeMiller, J. N., (Editors) New York, Academic Press. pp.341-398.
12. Maier M., Anderson M., Karl C., Magnuson K. 1993. Guar, Locust bean, tara, and fenugreek gums. *Industrial Gums*. Whistler R.L., BeMiller J.N., (Editors) . New York: Academic Press. pp. 205-213.

1. Casas J. A., Garcia-Ochoa F. 1999. Viscosity of solutions of xanthan gum/locust bean gum mixtures. *J. Sci Food Agric* 79:25-31
2. Kennedy J.F., Bradshaw I.J. 1984. Production, properties and applications of xanthan. *Prog Ind Microbiol* 19:319-371.
3. Coia, K. A., and K. R. Stauffer. 1987. Shelf life study of oil/water emulsions using various commercial hydrocolloids. *J. Food Sci.* 52(1):166-172.
4. Tan S. C., Tan T. K., Wong S. M. and Khor E. 1996. The chitosan yield of zygomycetes at their opt. harvesting time., *Carbohydrate Polymers* 30:239-242.
5. White S. A., Farina P.R. and Fulton I.1979. Production and isolation of chitosan from *Mucor rouxii*. *Appl. Env. Microbiol.* 38:323-326.
6. Crestini C., Kovac B. and Giovannazzi-Sermonni G. 1996. Production and isolation of chitosan by submerged and solid-state fermentation from *Lentinus edodes*. *Biotechnol. Bioeng.*, 50:207-210
7. Arcidiacono S. and Kaplan D. L. 1982. Molecular weight distribution of chitosan isolated from *Mucor rouxii* under different culture and processing conditions. *Biotechnol. Bioeng.* 39:281-286
8. Rane K. D. and Hoover D. G.,1993. An evaluation of alkali and acid treatments for chitosan extraction from fungi. *Process Biochem.* 28:115-118.
9. Shahidi F, Arachchi J. K. V., and Jean Y. J.1999. Food applications of chitin and chitosans. *Trends in Food Science and Technology* 10:37-51.
10. Kumar M. N. V. R.2000. A review of chitin and chitosan applications. *Reactive and Functional Polymers* 46:1-27
11. Anon.2004. <http://france-chitine.com/chitosan.e.htm>
12. Chi, Z. and Zhao, S., 2003. Optimization of medium and cultivation conditions for pullulan production by anew pullulan producing yeast, *Enzyme amd Microbial Biotechnology*, 33:206-211.
13. Auer, D.P.F. and Seviour, R.J., 1990. Infulence of varying nitrogen source on polysaccharide production by *Aureobasidium pullulans* in batch culture, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 32:637-644.
14. Seviour R.J., Stasinopoulos S.J., Auer D.P.F., Gibbs P.A. 1992. Production of pullulan and other exopolysaccharides by filamentous fungi. *Critical Reviews in Biotechnology*, 12(3):279-29.
15. Youssef F, Roukas T, Billiaderis C.G.1999. Pullulan production by a non-pigmented strain of *Aurebasidium pullulans* using batch and fed-batch culture. *Process Biochemistry*, 34:355-366.
16. Israilides C., Scanlon B., Smith A., Hardling S.E., Jumel K. 1994. Characterisation of pullulans produced from agro-industrial wastes. *Carbohydrate Polymers*, 25:203-209.
17. Israilides C., Smith A., Harthill J.E., Barnett C., Bambalow G., Scanlon B. 1998. Pullulan content of the ethanol precipitate from fermented agro-industrial wastes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 49:613-617.
18. Kang, K. S., and G. T. Colegrove, and G. T. Veeder (for Merck & Co., Inc.). 1982. U.S. Patent 4326052.
19. Kang, K. S., and G. T. Veeder, and G. T. Colegrove (for Merck & Co., Inc.). 1983. U.S. Patent 4385123.
20. Baird, J. K., P. A. Sandford, and I. W. Cottrell. 1983. Industrial applications of new microbial polysaccharides. *Bio/Technology* 1(9):778-783.
21. Jansson, P. E., B. Lindberg, and P. A. Sandford. 1983. Structural studies of gellan gum, and extracellular polysaccharide elaborated by *Pseudomonas elodea*. *Carbohydr. Res.* 124(1):135-139.
22. Sinskey, A., Jamas, S., Eason, D., Rha, C. 1986. Biopolymers and Modified Polysaccharides. *Biotechnology in Food Processing*. Harlender, S. K., Theodore, P. L. (Editors), Noyes Publications, USA. pp.73-111.
23. Skjak-Braek, G., O. Smidsrød, and B. Larsen. 1986. Tailoring of alginates by enzymatic modification in vitro. *Int. J. Biol. Macromol.* 8(6):330-336.
24. Lee, Y., 2002. Curdlan. In: Steinbüchel (ed.), *Biopolymers*, Vol.6: Polysaccharides II, Weinheim. Wiley-VCH, pp. 135-149.
25. Anon.2004.<http://www.martin.chaplin.btinternet.co.uk/hycurdlan.html>
26. Harada, T. 1977. Production, Properties , and Application of Curdlan. *Extracelular Microbial Polysaccharides*. Sandford, P. A., Laskin, A. (Editors). pp..265-283. Washington, D. C., American Chemical Society.
27. Sutherland, I. W. 1998. Novel and Established Applications of Microbial Polysaccharides: a review. *Tibtech. January* 16. pp.41-46.

# TÜBİTAK

MARMARA ARAŞTIRMA MERKEZİ  
GIDA BİLİMİ VE TEKNOLOJİSİ ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ

1. Uluslararası Gıda ve Beslenme Kongresi  
15-18 Haziran 2005 - İSTANBUL

[www.mam.gov.tr](http://www.mam.gov.tr)