

## **Mikrobiyel Selüloz Üretimi ve Gıda Sanayinde Kullanımı**

Derya Dursun<sup>1</sup>, Naciye Yakar<sup>1</sup>, İbrahim Çakır<sup>2</sup>, M. Lütfü Çakmakçı<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Ankara Üniv., Mühendislik Fakültesi, Gıda Müh. Bölümü, Ankara

<sup>2</sup> Abant İzzet Baysal Üniv., Müh-Mim Fak., Gıda Müh. Bölümü, Bolu

\* lutfu@eng.ankara.edu.tr

### **Özet**

Mikrobiyel selüloz bitkisel kaynaklardan elde edilen selüloza göre daha ekonomik ve kaliteli olup gıda, kozmetik, tekstil ve klinik amaçlar için yaygın bir kullanım potansiyeline sahiptir. Mikrobiyel selüloz uzun zincir yapısına sahip, diğer kaynaklardan elde edilenden daha saf, su tutma kapasitesi yüksek, katlanınca şeklini koruyan, üretim esnasında modifikasyonlara uygun bir polimerdir. Bu özellikleri nedeniyle gıda sanayinde güvenilir ve geniş bir kullanım potansiyeline sahiptir.

**Anahtar Kelimeler:** Mikrobiyel selüloz, fermantasyon, gıda katkısı.

### **Giriş**

Selüloz bir biyopolimer olup, bitkilerde hücre duvarı yapısında bulunan temel yapı maddesidir. Doğal bir polimer olan selüloz dünyada çok yaygın olması nedeniyle kağıt ve pamuk endüstrisinde önemli bir yer edinmiş durumdadır. Selüloz biyopolimeri dört yolla elde edilmektedir. Bunlardan ilki ve en iyi bilineni selülozun bitkilerden elde edilmesidir. Endüstride yaygın olarak kullanılan bu yöntemde selülozdan, lignin ve hemiselülozun ayrılması gerekmektedir (1). İkinci yöntem ise selülozun çeşitli mikroorganizmalardan biyosentez yolu ile elde edilmesidir. Bunlardan en çok bilinenleri algler (*Vallonia*) küfler, (*Saprolegnia*, *Dictyostelium discoideum*) ve bakterilerdir. (*Acetobacter*, *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Sarcina*, *Zoogloea*). Fakat bu bakterilerin hiçbiri selülozu ekstraselüler olarak sentezleyememektedir (2). Günümüzde selüloz esas olarak bitkisel kaynaklardan elde edilmektedir. Ancak her yıl yangınlar ve diğer nedenlerle sahip olduğumuz orman alanları giderek azalmaktadır. Kâğıt üretiminin yanı sıra selülozun katıldığı diğer üretim dalları da dikkate alındığında yeni üretim kaynaklarının bulunması daha da önem kazanmaktadır. Dünya orman varlığının azalması ve son yıllarda biyoteknolojinin hızla ilerlemesi ile araştırmacılar bitkiler olmadan da selüloz üretebilmenin yollarını aramışlardır. Son 30 yılda çalışmalar, selüloz ürettiği bilinen bakteriler üzerinde yoğunlaşmıştır. Bakteriyel selüloz üretimi, bitkisel selüloz üretimine göre 40 kez daha hızlıdır (1).

### **Mikrobiyel Selülozun Tanımı, Yapısı ve Özellikleri**

Bakterilerde selüloz üretiminin ilk çalışması 1886 yılında Adrian Brown tarafından gerçekleştirilmiştir. Brown, sirke fermantasyonu çalışmalarında fermantasyon sıvısının yüzeyinde peltemsi- jelatinimsi bir yığın oluştuğunu gözlemlemiştir. İlerleyen analizler oluşan bu film katmanının selüloz olduğunu göstermiştir. Oluşan kaygan selüloz filminden sorumlu organizmayı *Acetobacter xylinum* olarak isimlendirmiştir (3). İlerleyen zamanlarda, birkaç grup araştırmacı yaşayan sistemlerde selüloz oluşumunu açıklamak için çalışmalar yapmıştır. Filipinlerde bir grup araştırmacı tarafından gerçekleştirilen, "Nata de Coco" ve "Nata de Pina" ürünleri üzerinde olmuştur. Bu ürünlerdeki selüloz varlığının *A. xylinum* tarafından üretilmesiyle oluştuğu ortaya konulmuştur (4). Günümüzde *A. xylinum* selüloz biyosentezi çalışmalarında model mikroorganizma olarak kullanılmaktadır.

### ***Acetobacter xylinum*' un Selüloz Biyosentezi**

*Acetobacter xylinum*, *Acetobacteraceae* familyasına ait çubuk şekilli, aerobik, Gram negatif, patojen olmayan bir bakteridir. D-glukozu kullanarak birkaç gün içerisinde ekstraselüler suda çözünebilen ve toksik olmayan saf selüloz üretebilir. Bu bakteri tarafından üretilen selülozun moleküler ağırlığı bitkilerden elde edilen selülozun ki ile aynı olmasına rağmen, bitkilerden elde edilen selüloz polisakkaritinden farklı olarak lignin, pektin, hemiselüloz ve diğer biyojenik yan ürünleri içermemektedir. Ekstraselüler mikrobiyel selülozun bitkisel selülozdan ayrılan diğer yanları, yüksek su tutma kapasitesi, sıvı fazda iken yüksek mekaniksel dayanımı, tam bir ağ yapısına ve çok düzgün bir miselli iç yapıya sahip olmasıdır (5, 12). Mikrobiyel selüloz oluşumu beş temel enzimatik dönüşüm sonucu oluşmaktadır. Bunlar; glukoz permeaz, glukokinaz, fosfoglukomutaz, UDP-glukoz pirofosforilaz ve selüloz sintaz enzimleridir. Selüloz sintaz (UDP-glukoz: 1,4-β-D-glikoziltransferaz), sentez işleminin temel enzimi olarak kabul edilmektedir. Selüloz sentez mekanizması bakteri hücrelerinin sıvı ortamlarda, oksijen bakımından zengin yüzeye ulaşmasına yardım etmektedir. Benzer olarak oluşan selüloz peleti bakteri hücrelerini ultraviyole ışığının öldürücü etkisinden korumakta, meyvelerin yüzeylerinde kolonizasyonunu arttırmakta, ortamı nemli tutarak kurumayı önlemekte ve bakteriye aerobik bir ortam sağlamaktadır. Mikrobiyel selüloz sentezi spesifik olarak regüle edilen çok basamaklı bir işlemdir (5, 6, 7). Sentez işlemi glikozun, selüloz prekürsörü olan üridin difosfoglikoz sentezini takiben β-1,4 glukan zincirine polimerizasyonunu içerir. *Acetobacter xylinum*'un sentezlediği selülozun depo materyali görevi üstlendiği de ileri sürülmektedir. Selüloz tabakanın vizkozitesi ve hidrofilik özellikleri nedeniyle bakterileri kötü

çevre koşullarına (su miktarında azalma, pH değişimleri, patojenik mikroorganizmalar vb.) karşı koruduğu da bilinmektedir (8).

### **Selüloz Üretimini Etkileyen Faktörler**

Selüloz verimini arttırıcı optimum şartların sağlanmasında karbon ve azot kaynakları, bazı bileşikler etanol, pirüvik asit vb. fermentasyon ortamı ve pH, sıcaklık, C/N oranı, inokulum miktarı, süresi vb. başlıca faktörler yer almaktadır (9, 10). Yapılan çalışmalarda farklı karbon kaynaklarından yararlanmayı sağlayan genlerin *A. xylinum*'a aktarılması yoluyla mikrobiyel selüloz üretimi artırılmış, besiyeri maliyeti azaltılmıştır. Ayrıca Nakai vd. (1999) mutant sükroz sintaz geninin ekspresyonu ile selüloz üretimini 2 kat arttırmışlardır (5). Karbon kaynağı olarak arabitol ve mannitol kullanımı ile üretim 6,2 ve 3,8 kat artmıştır (5). Ayrıca glikoza kıyasla fruktoz üretim kapasitesini arttırıcı etki yapmıştır (5, 11). Mikrobiyel selüloz üretimi için optimum pH 4-7 arasında değişirken, sıcaklık 28-30 °C arasında değişmektedir (5, 12).

### **Sonuç**

Mikrobiyel selüloz, uzun zincir yapısına sahip, diğer kaynaklardan elde edilenden daha saf, su tutma kapasitesi yüksek, katlanmca şeklini koruyan, üretim esnasında modifikasyonlara uygun, GRAS olarak kabul edilen bir polimerdir. Bu özellikleri nedeniyle bakteriyel selüloz gıda sanayinde özellikle, düşük kalorili tatlı, cips, çerez ve şekerlemelerin üretiminde; dolgunluk verici olarak tatlı, dondurma ve salata soslarının bileşiminde, ayrıca sosis ve etlerin kaplanmasında güvenilir ve geniş bir kullanım potansiyeline sahiptir (5, 7). Diğer yandan sağlıklı beslenme bilincinin artması, tüketicilerin daha az kalorili ancak fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş gıdalara yönelmesi gıda üreticilerini yeni ürünlerin geliştirilmesine teşvik etmekte hatta bunun da ötesinde bunu bir zorunluluk haline getirmektedir (5).

### **Kaynaklar**

1. Brown, Jr. R.M., Saxena, I.M., and Kudlicka.1996. "Cellulose Biosynthesis in Higher Plants", Trends in Plant Sciences, Vol. 1, pp. 149-156.
2. Klemm D, Schumann D, Udhard U, Marsch S. 2001. Bacterial synthesized cellulose artificial blood vessels for microsurgery. Prog. Polym. Sci., 26: 1561-1603.
3. Brown, A. J., 1886. On acetic ferment which forms cellulose. *Journal of Chemical Society*, 49, 432-439
4. Lapuz, M.M., Gallardo, E.G. and Palo, M. A. 1967. The Nata organism- Cultural requirements, characteristics and Identity. *Philippine Journal of Science*, Vol 96, No. 2, 91-111

Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs 2006, Bolu

5. Çakmakçı, M.L., Karahan, A.G., Çakır, İ. 2005. Selüloz Üretiminde Kullanılacak Mikroorganizmaların İzolasyonu, Moleküler Tanısı ve Mikrobiyel Selülozun Gıda Sanayiinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması. TÜBİTAK, TOVAG-105O158.
6. Chen HP, Brown RMJr. 1999. Thermal stability of the cellulose synthase complex of *Acetobacter xylinum*. *Cellulose*, 6: 137-152.
7. Cannon, R.E and Anderson, S. M..1991.Biogenesis of Bacterial Cellulose, *Critical Reviews in Microbiology*, 17, 435-447
8. Lynd LR, Weimer PJ, van Zyl WH, Pretorius IS. 2002. Microbial Cellulose Utilisation: Fundamentals and Biotechnology. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 66: 506-577.
9. Cheng HP, Wang PM, Chen JW, Wu WT. 2002. Cultivation of *Acetobacter xylinum* for bacterial cellulose production in a modified airlift reactor. *Biotechnol. Appl. Biochem.*, 35: 125-132.
10. Son HJ, Kim HG, Kim KK, Kim HS, Kim YG, Lee SJ. 2003. Increased production of bacterial cellulose by *Acetobacter* sp. V6 in synthetic media under shaking culture conditions. *Bioresource Technology*, 86: 215-219.
11. Tonouchi, N., Tsuchida, T., Yoshinaga, F., Beppu, T., and Horinouchi, S. 1996 Characterization of the Biosynthetic Pathway of Cellulose from Glucose and Fructose in *Acetobacter xylinum*, *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, Vol. 60, pp. 1377-1379.
12. Schramm M. and Hestrin S. 1954. Factor affecting production of cellulose at the air/liquid interface of culture of *Acetobacter xylinum*. *J. Gen. Microbiol.*, 11: 123-129.