

KSİLİTOLUN ÖNEMİ VE ÜRETİMİ



Serdal SABANCI, Selin UYSAL, Burcu SAPCI
Özlem AKPINAR

Sunum Detayı

- Giriş
- Ksilitolün Tarihi
- Ksilitolün Özellikleri
- Ksilitolün Sağlık Açısından Önemi
- Ksilitolün Kullanım Alanı
- Ksilitolün Üretimi
- Ksilitol Üretimi Üzerine Yapılan Çalışmalar
- Sonuç

Giriş

- **Ksilitol doğada birçok meyve ve sebzede doğal olarak bulunan, insan metabolizması tarafında günlük üretilebilen, insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri olan, ticari olarak ekonomik değere sahip beş karbonlu doğal bir şeker alkolüdür.**

Ksilitolün Tarihi

- **Ksilitol, 1800’li yıllardan beri bilinmektedir.**
 - **Ancak; ilk olarak 1891 yılında “Herman Emil Fischer” isimli Alman Kimyacı tarafından keşfedilmiştir.**
 - **II. Dünya Savaşı sırasında, saf kristal şeklinde üretilmiştir.**
 - **Savaş sırasında oluşan şeker kıtlığından dolayı, şekere alternatif bir tatlandırıcı olarak kullanılmıştır.**

Ksilitolün Tarihi

- **1970'lerden önce Avrupa ve Asya ülkelerinde ksilitol,**
 - **Diyabetik gıdalarda,**
 - **Ameliyat sonrası aşı tedavilerinde,**
 - **Yanık hastaları tarafından kullanılmıştır.**
- **1970 yılında Finlandiya'nın Turku Üniversitesi'nde yapılan araştırmalar ksilitolün diş çürüklerini engellemede etkili olduğunu göstermiştir.**

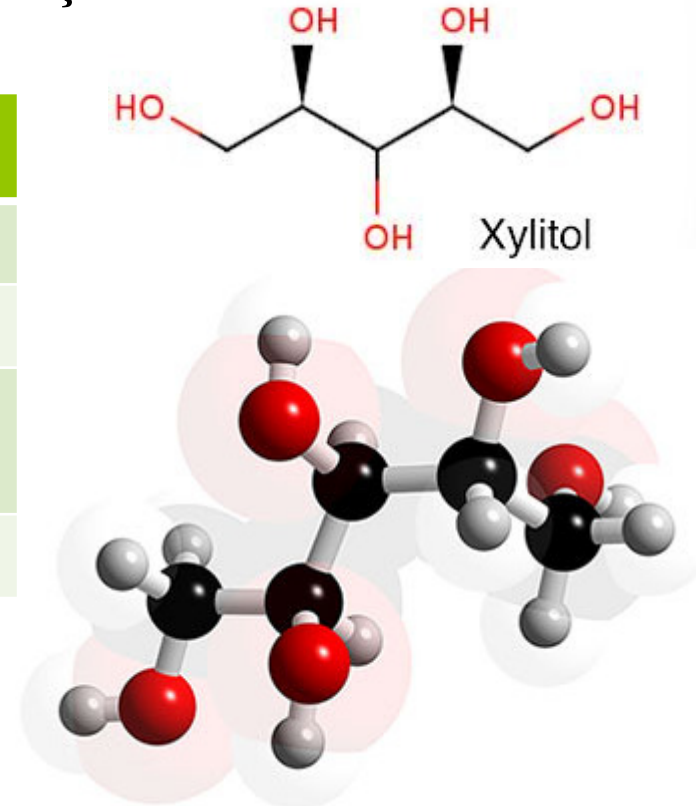
Ksilitolün Tarihi

- **1974 yılında, Fin Şeker Şirketi, güney Finlandiya'da büyük ölçekte ksilitol üretmeye başlamış,**
- **1975 yılında ise Finlandiya'da ksilitol ilk olarak sakızlarda kullanılmaya başlanmıştır.**
- **1983'de Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 1986 yılında da Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından kullanımı onaylanmıştır.**
- **Son 33 yıldır, ksilitolün fonksiyonel özelliklerinden dolayı yalnızca sakızlarda değil, diğer tatlı ve şekerlemelerde de kullanımı artmıştır.**

Ksilitolün Özellikleri

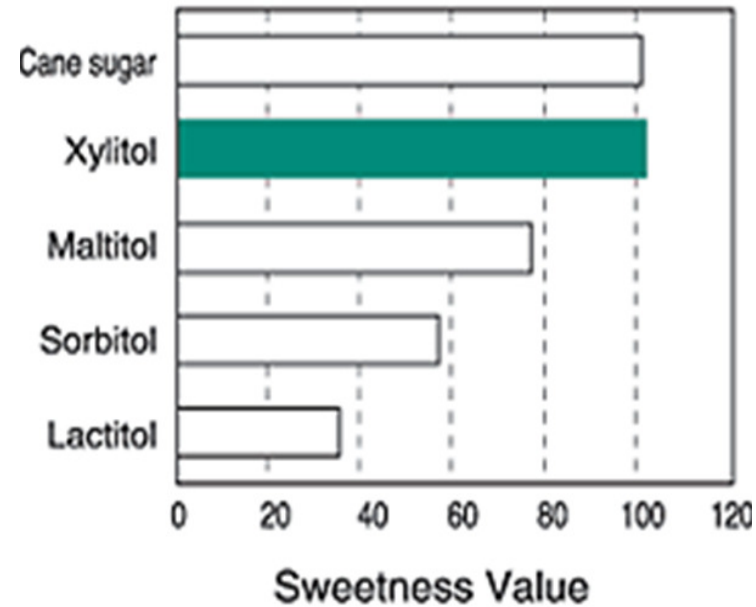
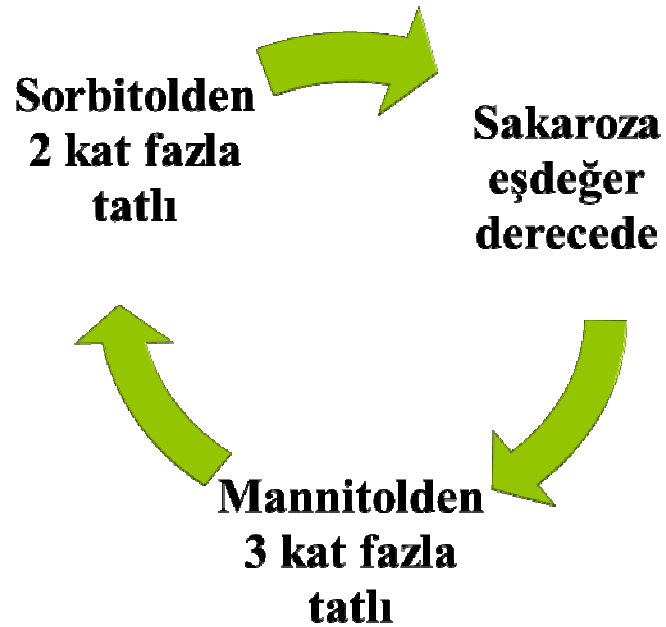
- Doğada birçok meyve ve sebze bulunan ayrıca günlük insan metabolizması tarafından üretilen tatlı ve su da çözünebilen beş karbonlu bir şeker alkoliüdür.

Moleküler Formülü	$C_5H_{12}O_5$
Molekül Ağırlığı	$152.15 \text{ g mol}^{-1}$
Enerji Değeri	2.4 kcal/gr.
Kristal Formda Yoğunluğu	1490 kg/m^3
Erime Noktası	$93-94.5 \text{ } ^\circ\text{C}$



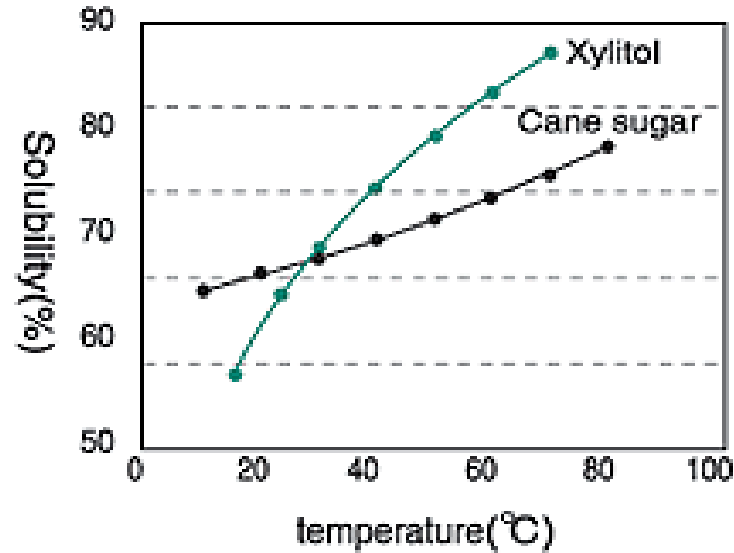
Ksilitolün Özellikleri

- Tatlık derecesi bakımından



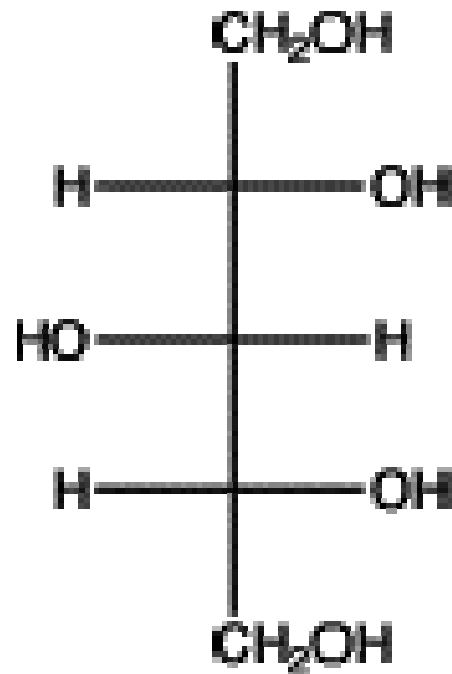
Ksilitolün Fiziksel Özellikleri

- Çözünürlüğü sakaroza benzerlik gösterse de sıcaklığa bağlı olarak farklılık gösterir.
- Ksilitolün viskozitesi sıcaklık arttıkça da azalmaktadır.
- Ksilitol çözünme ısı endotermik reaksiyondur bu yüzden ağızda ferahlatıcı bir etki oluşturmaktadır

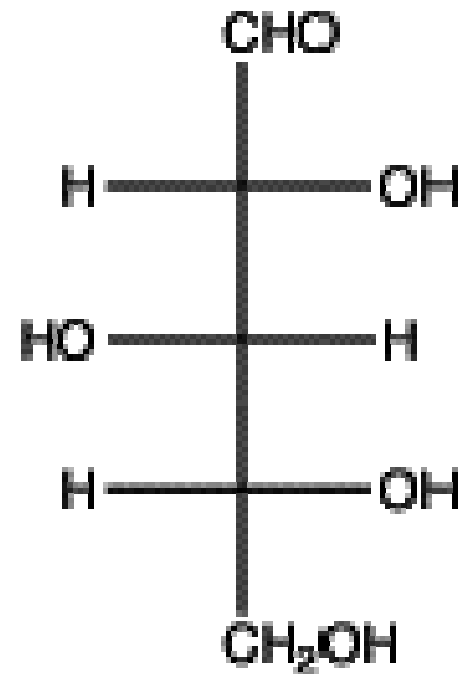


Ksilitolun Özellikleri

- Aldehit ve keton gruplarını bulundurmadığından dolayı maillard reaksiyonlarına girmezler.



Ksilitol



Ksiloz

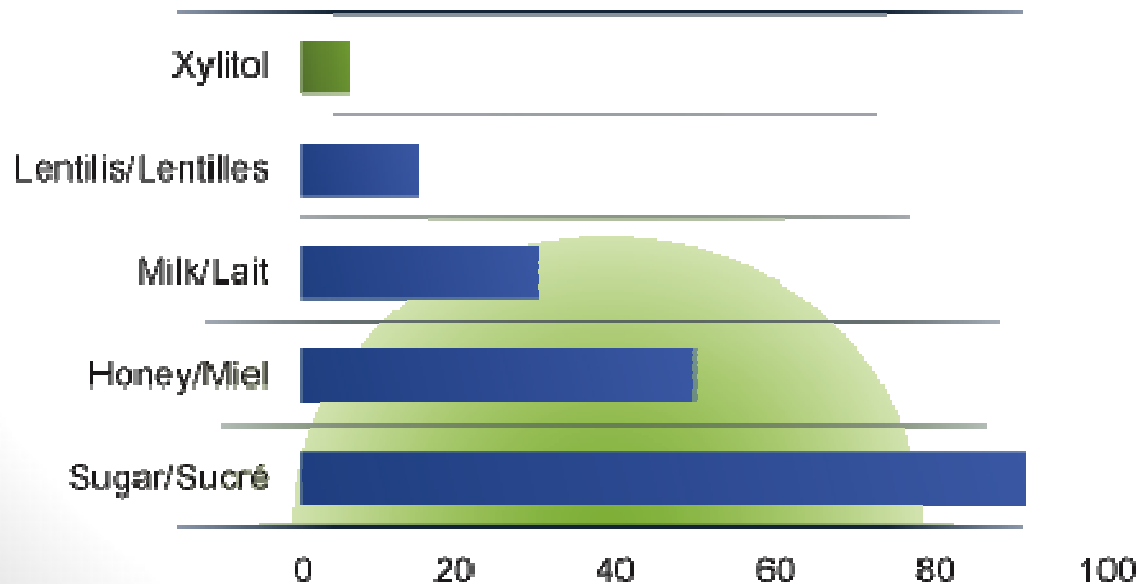
Ksilitolün Özellikleri

- Ksilitol, gıda bileşeni olarak bir çok avantajı bulunmaktadır.
 - Sıcaklığın yükselmesi ile ksilitol karamelize olmamaktadır.
 - Maillard tipi esmerleşme reaksiyonlarına katılmamaktadır.



Ksilitolun Sağlık Açısından Önemi

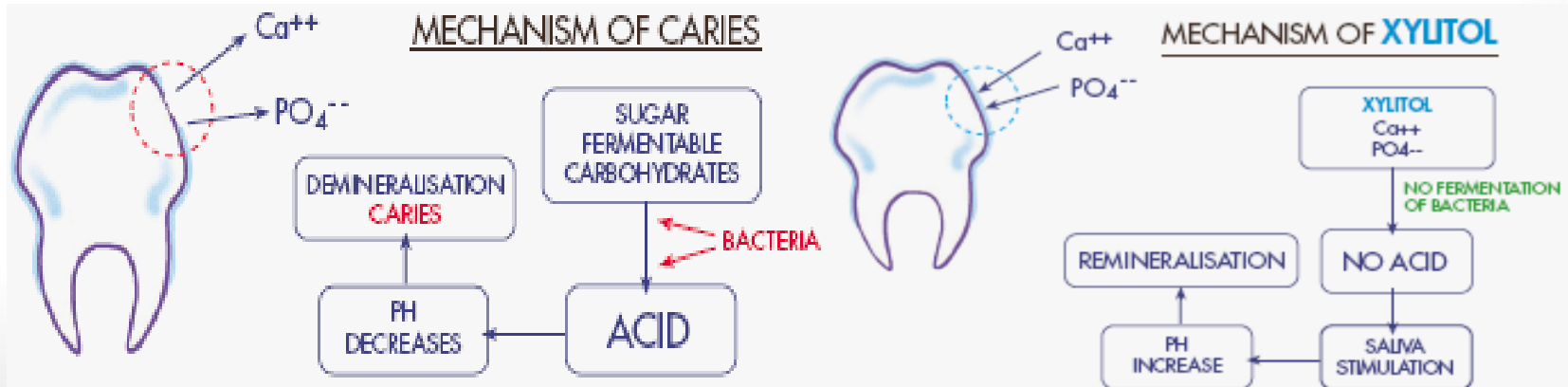
- Ksilitol insülin-den bağımsız karaciğerde metabolize edildiği için kan şekerinde ani artışa neden olmaz ve diyabetikler için uygun bir tatlandırıcıdır.
- Ksilitol insülin-eksik diyabetik hastalarda hiperglisemiye neden olmaz ve ksilitol tüketimi sonucu yemekle gelişen termojenez ve ısı üretiminin az olması, bazı bireyler için sorun olan yemek sonrası terlemeyi azaltır



Sweetener	GI Index
Glucose	100
Granulated sugar	68
Honey	55
Fructose	19
Xylitol	7

Ksilitolun Sağlık Açısından Önemi

- Diş çürümelerini engeller;
 - Ksilitol kariyojenik olmayan şeker ikamesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır, çünkü ağız bakterileri tarafından fermente olmamaktadır.
 - Ayrıca, uzun vadede tüketimde, ksilitolun diş plaklarında ve tükürükte *Streptokok* sayısını düşürdüğü gözlenmiştir.



Ksilitolün Sağlık Açısından Önemi

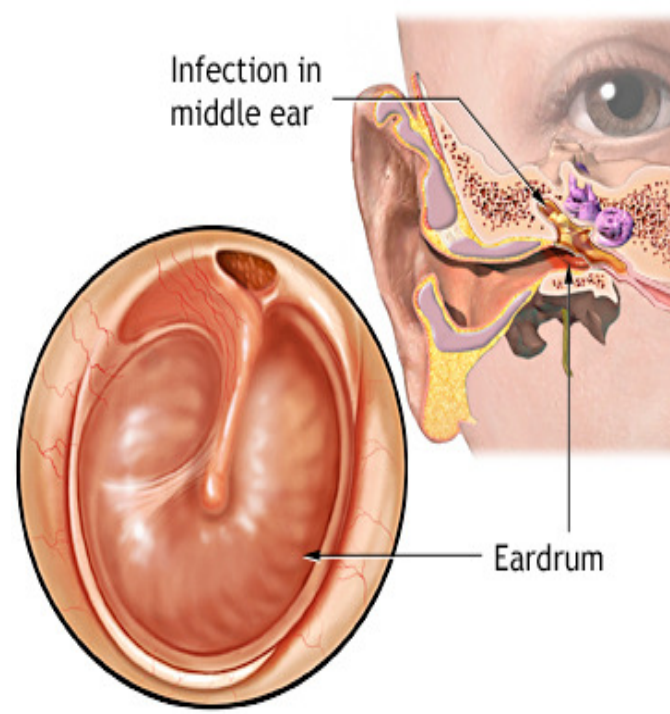
- **Obezite riskini azaltır;**
 - **Obez insanlar yediklerini mideden obez olmayan insanlara göre daha hızlı boşaltmaktadırlar.**
 - **Bu nedenle, midenin daha yavaş boşaltılması obezite tedavi yöntemlerinden birisidir.**
 - **Yapılan çalışmalarla ksilitolün, midedeki yiyeceklerin uzun sürede boşaltılmasına sebep olduğu gözlenmiştir.**
 - **Bu gecikme, ksilitolün yavaş ve tam olarak emilmemesinden kaynaklanmaktadır.**

Ksilitolun Sağlık Açısından Önemi

- **Osteoporoz riskini azaltmaktadır;**
 - **Ksilitolun bağırsakta kalsiyum ve fosfor emilimini arttırdığından dolayı osteoporoz riskini azaltmaktadır.**
- **Damar içi beslenmelerde kullanılmaktadır;**
 - **Aminoasitlerle reaksiyona girmez, aminoasit karışımı çözelti hazırlamak daha kolaydır.**
 - **Ameliyat ve travma sonrası koşullar altında, dokular ksilitolü daha rahat kullanabilir.**

Ksilitolun Sağlık Açısından Önemi

- Kulak enfeksiyonunun azaltır;
 - Çeşitli bakteriler orta kulak iltihabına yol açmaktadır; bu bakteriler arasında en sık rastlanana ise *Streptococcus pneumoniae*'dir.
 - Ksilitol *Streptococcus pneumoniae*'nin bakteri gelişimini engeller ve bu şekilde orta kulak iltihabını önler.



Ksilitolun Kullanım Alanları

- Sakızlarda kullanılır;
 - Ksilitol içeren sakızlar; gün boyunca karbonhidratlı gıdaların dişlerde meydana getirdiği asidik ortamı yok ederek, ağızdaki ideal pH seviyesini sağlamaktadır.
 - Böylece diş çürümelerine neden olan mikroorganizmaların sayısını ve yeni çürük oluşum oranını azaltmaktadır .



Ksilitolun Kullanım Alanları

- **Diyet içeceklerinde kullanılmaktadır;**
 - Uygun tatlandırıcı karışımları ve ksilitol kullanımıyla enerjisi daha düşük, diyabetikler için uygun diyet içecekler üretilebilir ve ksilitol içeren içeceklerin fiziksel özellikleri ile sakarozlu içeceklerin özellikleri (renk, viskozite) arasında da büyük farklılıklar görülmemiştir.

**Ksilitol ile tatlandırılmış
salatalık suyu**



Ksilitolun Kullanım Alanları

- **Protein denatürasyonunu önleme kullanılmaktadır;**
 - **Ksilitol proteinlerin doğal membranlardan ekstraksiyonu sırasında, stabilize ajan olarak kullanılmaktadır, proteinlerin denatürasyonu önlemektedir.**
- **Saflaştırmak amacıyla kullanılmaktadır;**
 - **Çeşitli asitlerin karışımı (izositrik, maleik, malonik, laktik, pirüvik, fumarik veya onların tuzları) ile ksilitol, inositol veya etanol, düşük organik madde içerikli suyun saflaştırılması için önerilmektedir.**

Ksilitolun Sağlık Açısından- Yan Etkileri

- Yetişkin insanlarda ortalama günlük olarak 5-15 gr üretilmektedir.
- Vücutta kısmi olarak emilir ve kalın bağırsakta fermente edilir.
- Fermantasyon süresince gaz üretimi gözlenir bu da bağırsakta ve midede şişkinlik sağlamaktadır.
- Çok miktarda alındığı takdirde laksatif etkiye sahiptir.

Ksilitol Üretimi

- Ksilitolün, üretim maliyeti yüksek olduğu için kullanımı sınırlanmaktadır.
- Üretim maliyetleri, sakaroz veya sorbitole göre 10 kat daha fazladır.
- Dünyada üretilen ksilitolün çoğunluğu (30 000ton/yıl) Finlandiya'dan sağlanmaktadır.
- Finlandiya'da ksilitol; huş ağacından elde edilen ksilozun kimyasal olarak indirgenmesi ile üretilmektedir.
- Huş ağacı ksilitol için oldukça pahalı bir kaynaktır, bu yüzden araştırmacılar ksilitol üretimi için farklı kaynakların bulunmasına odaklanılmıştır.



Ksilitol Üretimi

- Son yıllarda Çin orijinli ksilitol de dünyada yer almaktadır.
- Çin orijinli ksilitol, lignoselülozik materyal olan mısır atıklarından elde edilmektedir.
- Pirinç, yulaf, buğday sapları, kuruyemiş kabukları da ksilitol üretimi için araştırılmaktadır.

Ksilitol Üretim Yöntemleri

- **Ksilitol Üretim Yöntemleri;**
 - **Katı-sıvı ekstraksiyonu,**
 - **Kimyasal üretim,**
 - **Biyoteknolojik üretim olmak üzere 3 yöntem vardır.**
- **Ekstraksiyon yöntemi hariç, ksilitol üretiminde kullanılan diğer iki yöntemde, ksilitol üretimi ksilandan ksiloz üretimi ile başlar.**

Ksilitol Üretim Yöntemleri

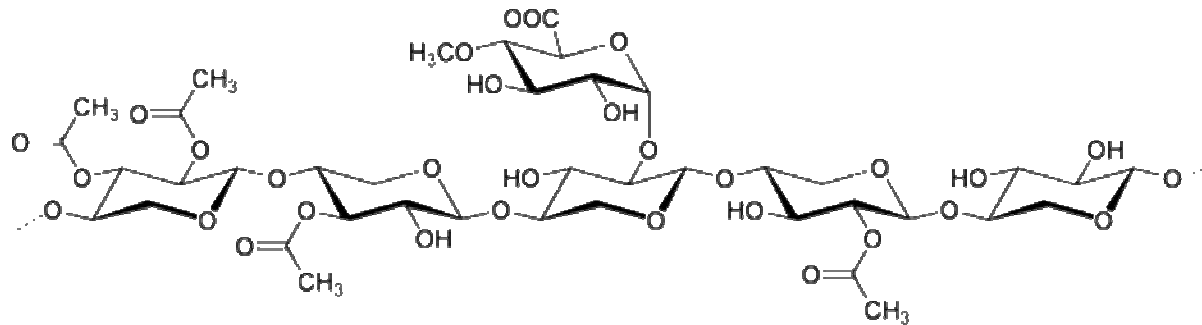
1.Katı-sıvı Ekstraksiyonu;

- Ksilitol, maya, mantar, meyve-sebze (marul, erik, kayısı, üzüm...) ve yosunda bulunmaktadır.
- Ksilitol bu kaynaklardan katı-sıvı ekstraksiyonu yöntemi ile elde edilebilir ancak hammaddede az oranda ($<900\text{mg}/100\text{g}$) bulunması sebebiyle problem oluşturmaktadır.

Ksilitol Üretim Yöntemleri

2-Kimyasal Üretim;

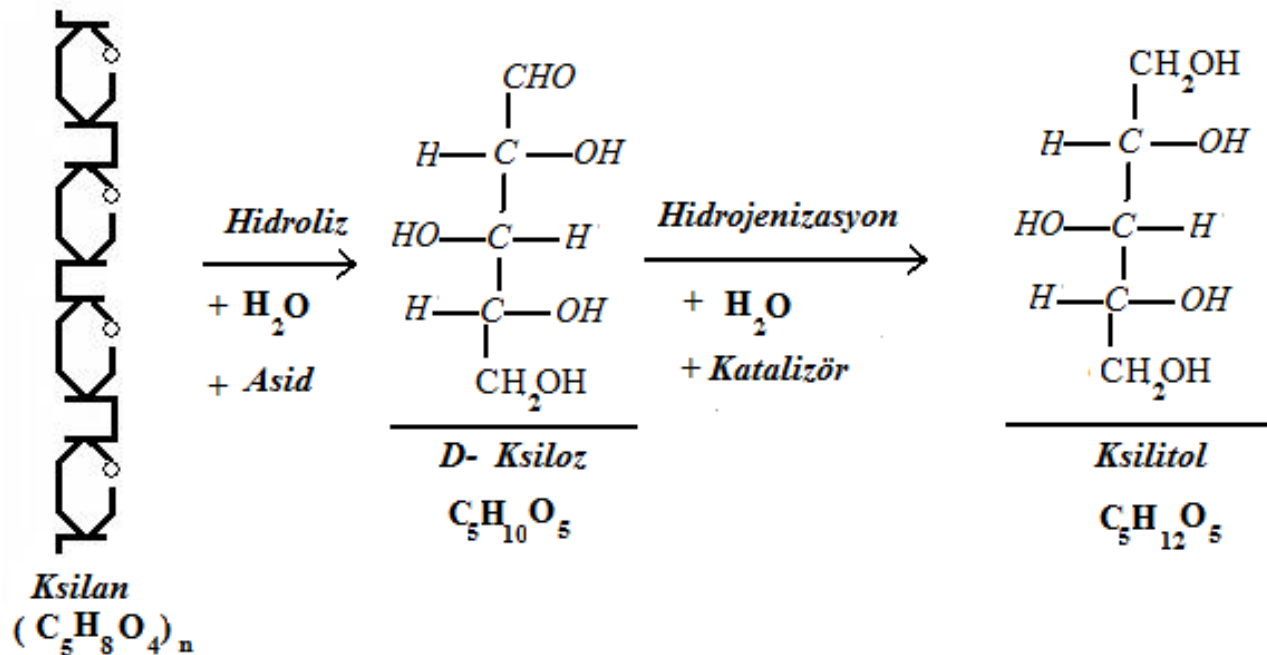
- Lignoselülozik materyaller; lignin, selüloz ve hemiselülozdan oluşmaktadır.
- Ksilan (hemiselüloz) lignoselülozik materyallerin 11-35% 'ni oluşturmaktadır.
- Ksiloz, asit katalizörü eşliğinde hidrolizasyon yöntemi ile ksilandan elde edilmektedir.



Hemiselülozik polisakkarit

Ksilitol Üretim Yöntemleri-Kimyasal Üretim

- Ksilanın asit hidrolizasyonu sonrasında, ksiloz 80-140 °C de 50 atm hidrojen basıncına 2.5 saat kadar tabii tutularak ksilitole dönüştürülür.
- Bu şekilde ksilozun 50-60% 'ı ksilitole dönüşür.



Ksilitol Üretim Yöntemleri-Kimyasal Üretim

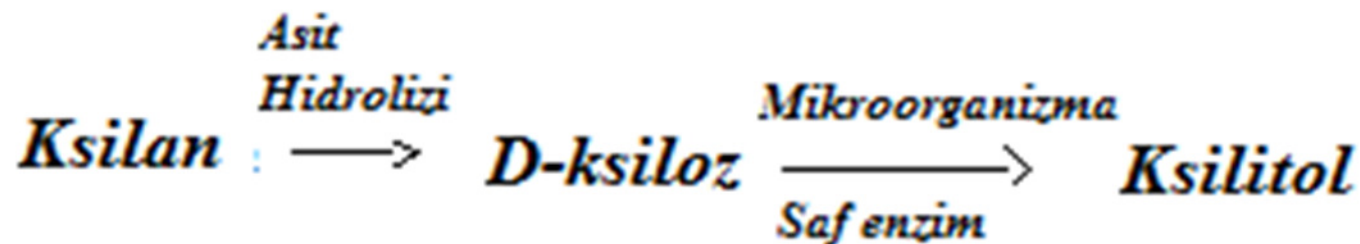
- **Yöntemin Avantajları;**
 - **Asit hidrolizasyonu sırasında ksilan (hemiselüloz) hidroliz olurken lignin ve selüloz olmaz.**
 - **Yöntem hızlı kinetiğe sahiptir.**

Ksilitol Üretim Yöntemleri-Kimyasal Üretim

- **Yöntemin Dezavantajları:**
 - Ksilan ksiloza dönüştürülürken, sıcaklık ve asitin etkisiyle oluşan ksilozun, furfural gibi toksik bileşiklere parçalanmasıdır.
 - Lignoselülozik maddeler hidroliz olduğunda yapısındaki glikoz ve arabinoz gibi şekerlerde ortaya çıkmaktadır.
 - Ksilozun indirgenme aşamasına geçilmeden, ksilozun saflaştırılması gerekmektedir.
 - Bu aşama da pahalı saflaştırma tekniklerini gerektirir.

Ksilitol Üretim Yöntemleri-Biyoteknolojik Üretim

- **Biyoteknolojik Üretim;**
 - **Ksilitol; daha basit, daha spesifik, daha ekonomik bir alternatif yöntem olan biyoteknolojik yöntemler ile de üretilebilir.**
 - **Bu üretimde mikroorganizma ya da saf enzim kullanılmaktadır.**
 - **Bazı cins bakteriler, küfler, mayalar ksilozu ksilitole fermente etmektedirler.**



Ksilitol Üretim Yöntemleri-Biyoteknolojik Üretim

- **Bakteri Tarafından Üretim;**
 - Bakteri türlerinde *Corynebacterium* ve *Enterobacter* ksilitol üretebilmektedir.
 - Ksilozu ksilitole indirgeyici enzim sistemine sahiptirler.
 - Ancak az miktarda ksilitol üretimi sebebiyle, bakteriler iyi bir ksilitol üreticisi değildirler.

Ksilitol Üretim Yöntemleri-Biyoteknolojik Üretim

- Bazı küfler;
 - *Penicillium*, *Aspergillus*, *Neurospora*, *Rhizopus* ksilitol üretmektedirler.
 - Ancak küflerin üretimini düşük olması ve ksilitolü metabolize etmelerinden dolayı, küfler ile ksilitol üretimi sınırlıdır.

Ksilitol Üretim Yöntemleri-Biyoteknolojik Üretim

- Mayalarla ksilitol üretimi;
 - Mikroorganizmalar arasında en iyi ksilitol üreticisidirler.
 - *Candida* cinsi ise mayalar arasında en iyi üreticidir.
- Mayaların Ksilitol Üretimi;
 1. Ksiloz redüktaz (KR) enzimi, NADH veya NAD(P)H varlığında ksilozu ksilitole indirger.
 2. NAD⁺ ile ksilitol dehidrogenaz (KDH) enzimi, ksilitolü ksilüloza okside eder

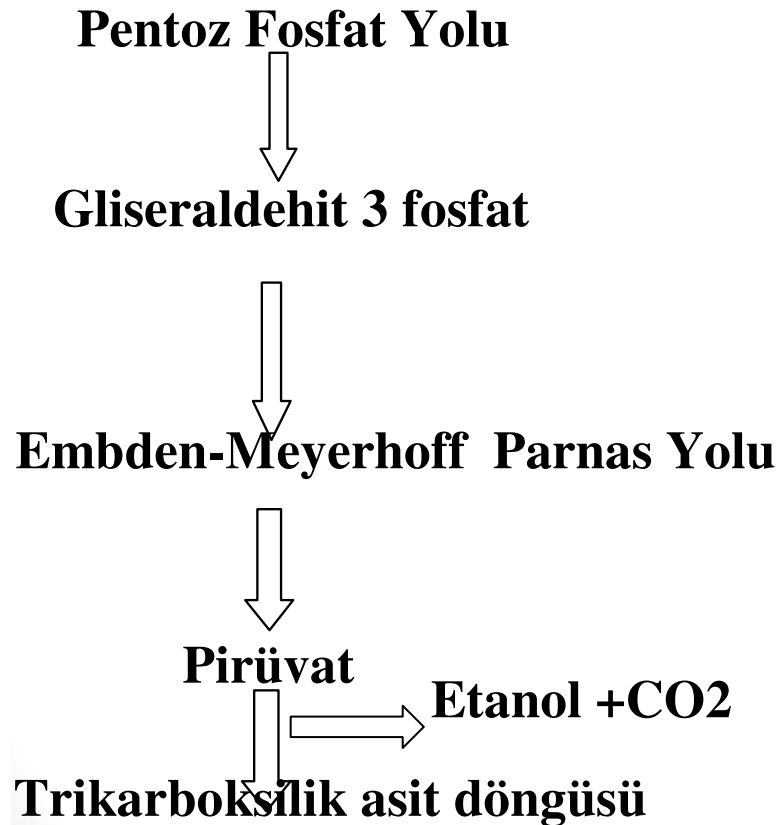
Ksilitol Üretim Yöntemleri-Biyoteknolojik Üretim

Mayaların ksilitol metabolizması;



- Ksilitol üretiminde, önce ksiloz redüktaz NADH veya NAD(P)H varlığında ksilozu ksilitole indirger.
- NAD^+ ile ksilitol dehidrogenaz, ksilitolü ksilüloza okside eder.
- Ksilüloz, ksilüloz 5 fosfata dönüştürülür.

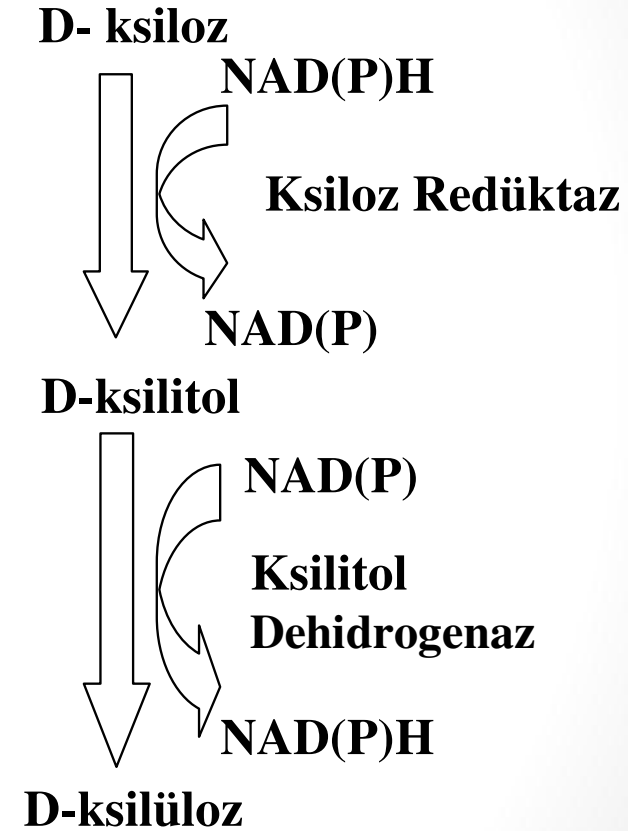
Ksilitol Üretim Yöntemleri-Biyoteknolojik Üretim

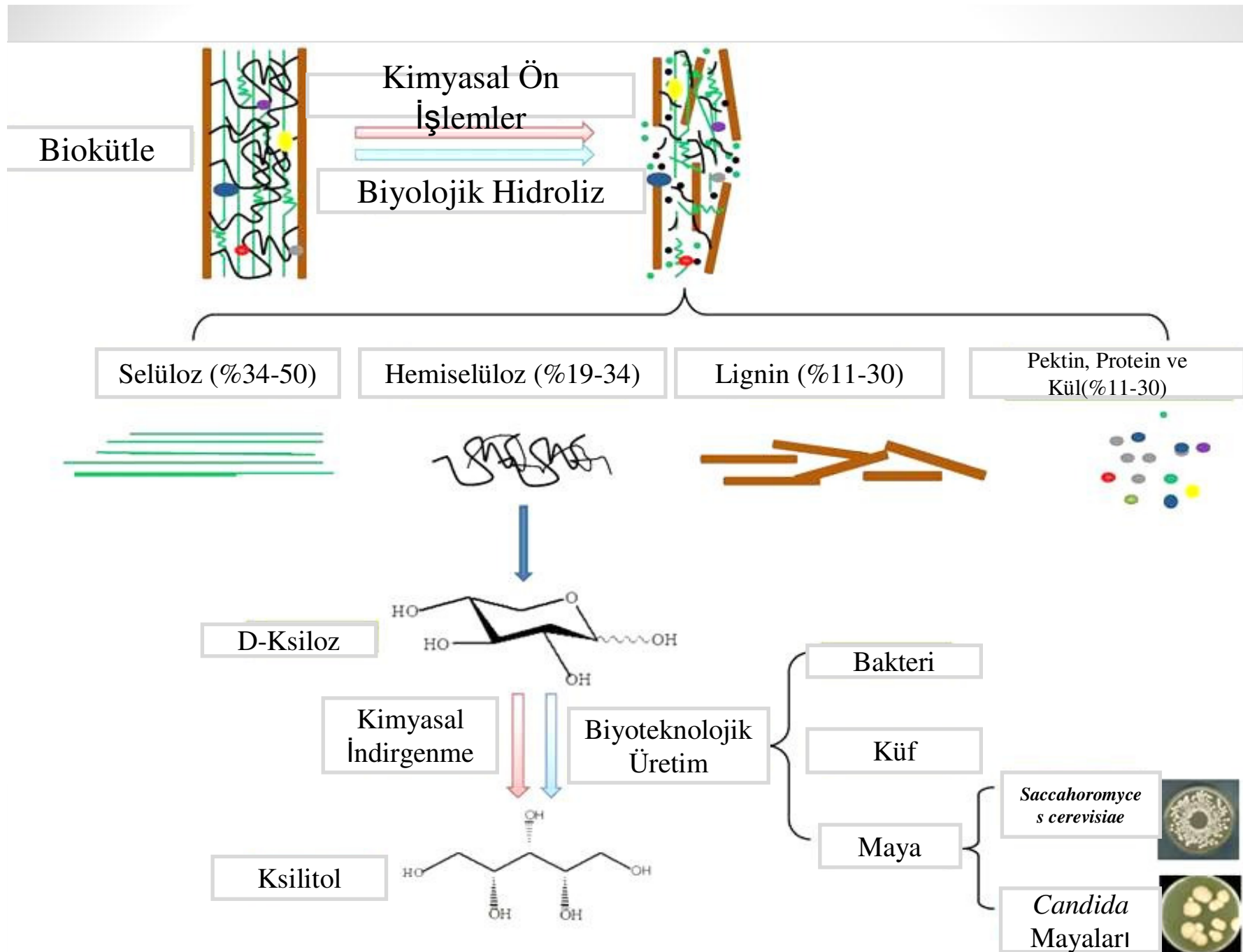


- **Ksilüloz 5 fosfat; pentoz fosfat yolu ile, sırasıyla gliseraldehit 3 fosfata ve pirüvata dönüşür.**
- **Bu aşamadan sonra, pirüvat ya dekarboksilasyon ve bunu izleyen indirgenme reaksiyonu ile etanole dönüştürülür ya da trikarboksilik asit siklusine girer.**

Ksilitol Üretim Yöntemleri-Biyoteknolojik Üretim

- Verimli bir şekilde ksilitol üretimi için, mayaların KR/KDH oranının daha fazla olması gerekmektedir.
- Anaerobik koşullarda, NAD tekrar tekrar üretildiğinden, ilk basamakta üretilen ksilitol sürekli harcanır ve daha çok etanol üretimi görülür.
- Tamamen aerobik koşullarda ise ksilitol hiç üretilmemektedir.
- Bir miktar oksijen varlığında ise; NADH birikimi ve bunun sonucunda NAD'a bağımlı KDH enziminin inhibisyonu ile büyük oranlarda ksilitol üretilir.





Ksilitol Üretimi Üzerine Yapılan Çalışmalar

- Fermantasyon koşullarının optimizasyonu.
- Mikroorganizmaların genetiğini değiştirme konusunda çalışmalara odaklanılmıştır.
 - *Saccharomyces cerevisiae*, ksiloz redüktaz enzimi için gen kodlanıp, ksilitol üretimi gerçekleştirilmektedir.

Sonuç

- **Ksilitol doğada birçok meyve sebze de doğal olarak bulunsa da insan metabolizmasında üretilebilen doğal bir tatlandırıcıdır.**
 - **İnsan sağlığı üzerine;**
 - **Diyabetler için uygun tatlandırıcı,**
 - **Diş çürümelerine neden olmaz,**
 - **Çocuklarda kulak enfeksiyonunu engeller,**
 - **Düzenli kullanılması obezite riskini azaltır,**
- gibi avantajlarının olmasına rağmen üretim maliyetinin yüksek olması kullanımını kısıtlamaktadır.**

Sonuç

- **Dünyada üretilen ksilitolün büyük çoğunluğu Finlandiya'dan sağlanmaktadır.**
- **Finlandiya ksilitolu ksiloz kaynağı olarak özel olarak yetiştirilen 'HUŞ' ağacından sağlamaktadır.**
- **Bu ağacın yetiştirilmesinin maliyetli ve uzun olmasından dolayı;**
 - **Alternatif olarak ksilan içeriği yüksek olan hemiselüloz kaynaklarından elde edilen ksilozun biyoteknolojik üretimi artmaktadır.**

Sonuç

- **Ksilitol ile ilgili araştırmaların temel hedefi tarımsal atıkların hidrolizasyonu ile elde edilen ksilozun ksilitole fermantasyonudur.**
- **Normalde atıklar ya yakılır ya da çürümeye bırakılmaktadır.**
- **Bu atıklardan ksilan içeriği yüksek lignoselülozik maddeler ile asit hidrolizi ile ksiloz elde edilerek, ksilitol üretimi için kullanılabilir.**
- **Böylece atıklar değerlendirilerek ekosisteme katkıda bulunulur.**

Kaynaklar-1

- fleck, R.P., 2000. Recovery of xylitol from fermentation of model hemicellulose hydrolyzates using membrane technology. MSc thesis, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA.
- ıpınar, O., Sabancı, S., Levent, O., Sayaslan, A., 2012. Evaluation of antioxidant activity of dilute acid hydrolysate of wheat straw during xylose production. Industrial crops and products, volume:40, 39-44.
- ninoff, C., Vanninen, E. ve Doty, T.E. 1978. The occurrence, manufacture and properties of xylitol, p. 1-9. In Counsell, J. N. (ed.), Xylitol. Applied Science Publishers, London.
- rtık, N., Velioğlu, S. ve Kavalcı, B., 1993. Şeker alkollerden ksilitol; özellikleri, üretimi ve gıdalarda kullanımı. Gıda, 18 (2), 101-103.
- ir, A., 1991. Xylitol, p. 349-379. In Nabors, L. O. Ve Gelardi, R. C. (ed.), Alternative sweetener, 2nd. edn. Marcel Dekker, N. Y., Basel, Hong-Kong.
- ounsell, J.N. 1978. Xylitol, Applied Science Publishers, London.
- n, L. T., Gharpuray, M. M. ve Lee, Y. H., 1987. Cellulose hydrolysis, Springer-Verlag: New York.
- rvönen, L., Koivistoinen, P. ve Voirol, F. 1982. In Advances in Food Research, Vol. 28, Ed: Chichester, C. O., Mrak, E. M., ve Stewart, G. Academic Pres, New York, 373-403.
- rajo, J.C., Dominguez, H. ve Dominguez, J.M., 1998a. Biotechnological production of xylitol. Part 1: Interest of xylitol and Fundamentals of its biosynthesis. Bioresource Technology, 65, 191-201.

Kaynaklar-2

- rajo, J.C., Dominguez, H. ve Dominguez, J.M., 1998b. Biotechnological production of xylitol. Part 2: Operation in culture media made with commercial sugars, 65, 203-212.
- rajo, J.C., Dominguez, H. ve Dominguez, J.M., 1998c. Biotechnological production of xylitol. Part 3: Operation in culture media made from lignocellulose hydrolysates. Bioresource Technology, 66, 25-40.
- pper, T. ve Olinger, P. M., 1988. Xylitol in sugar-free confections. Food Technol., 10, 98-106.
- pper, T., 1989. The use of xylitol in confectionery production. Confectionery Prod., 3, 253-256.
- ha, B. c., Bothast, R. J., 1996. Appl. Microbiol. Biotechnol. 45,299-306.
- ha, B.C. 2005. Enzymes as biocatalysts for conversion of lignocellulosic biomass to fermentable sugars. In: Hou, C.T., editor. Handbook of Industrial Biocatalysis. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor and Francis Group. p. 24-1, 24-12.
- raçoğlu, N. ve Çavuşoğlu, H., 1998. Fermentative Performance of Candida tropicalis Kuen 1022 Yeast For D-Xylose and Sunflower Seed Hull Hydrolysate in Xylitol Production. J of Engineering and Environmental Science, 23, 433-438.
- ari, M., Kontiokari, T., Koskela, M. ve Niemela, M., 1996. Xylitol chewing gum in prevention of acute otitis media: double blind randomized trial. British Medical Journal., 313, 1180-1184.
- inkelhausen, E. ve Kuzmanova, S., 1998. Microbial conversion of d-xylose to xylitol. Journal of Fermentation and Bioengineering, 86, 1-14.