

## ŞEKER ALKOLLERDEN KSİLİTOL; ÖZELLİKLERİ, ÜRETİMİ VE GIDALARDA KULLANIMI

### XYLITOL AS A SUGAR ALCOHOL: PROPERTIES, PRODUCTION AND ITS USES IN FOODS

Nevzat ARTIK, Sedat VELİOĞLU, Bilge KAVALCI

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, Dışkapı-ANKARA

**ÖZET:** Ksilitol, tatlılık değeri sakkaroz ile yaklaşık olarak aynı olan kristal halde bir maddedir. Ksilitol diş çürümelerine neden olmadığı için gelecekte şekerin yerini alabilecektir.

Ksilitol doğada ilk defa alg ve mayalardan elde edilmiştir. Ksilitol birçok meyve ve sebzele bulunmakla birlikte miktarı çok düşüktür.

Ksilitol, endüstriyel ölçekte yulaf, pamuk tohumu, mısır koçanı ve çeşitli odunsu bitkilerin kimyasal hidrolizi ile elde edilmektedir. Bu süreçte ksilan öncelikle D-ksiloza dönüşmekte daha sonra ksilozun hidrojenasyonu ile ksilitol elde edilmektedir.

Ksilitol, çiklet, sert şekerleme, jel tipi şekerleme, çikolata, dondurma, yoğurt, reçel, fırıncılık ürünleri ve bazı diet gıdalarda yaygın şekilde kullanım alanı bulmaktadır.

**SUMMARY:** Xylitol is a crystalline substance with sweetness almost equal to sucrose. Xylitol is extremely promising as a sugar replacement for the preventing of tooth decay.

Xylitol was firstly found in algae and yeasts in nature. Xylitol occurring ubiquitously in a number of fruits and vegetables but in few amounts.

Xylitol is industrially manufactured by chemical hydrolysis process of hemicellulose sources i. e. woods, oat, cotton seed or corn cobs. Process converts xylan to D-xylose and hydrogenation of xylose yielded xylitol.

Common applications of xylitol include chewing gum, hard candies, jelly type candies, chocolate, ice cream, yoghurt, jams, bakery products and some dietary foods.

## GİRİŞ

Ksilitol, ilk olarak deniz yosunları ve mayalardan elde edilen bir şeker alkoldür. KRATZL ve SILBERNAGEL (1963) tarafından yapılan bir çalışmada, ksilitol ilk defa mantardan (*Psalliota campestris*) elde edilmiştir. Ksilitol meyve ve sebzelerde çok düşük düzeylerde bulunmaktadır (MAKINEN ve SÖDERLING, 1980). Kandaki ksilitol konsantrasyonu, insanlar için 0,03-0,06 mg/100 ml kan düzeyindedir.

Ksilitol ilk defa 1891 yılında BERTRAND (1891), FISCHER ve STABEL (1891) tarafından şurup halinde ekstrakte edilmiştir. Daha sonraki yıllarda WOLFROM ve KOHN (1942) oldukça saf ksilitolü elde etmeyi başarmışlardır. CARSON (1943) ilk defa ksilitolün stabil olan (rombik) ve stabil olmayan (monoklinik) formları bulunduğunu ortaya koymuştur. CHIANG ve Ark (1958) ilk defa *Penicillium chrysogenum*; ONUSHU ve SUZUKI (1966)'da mayaları kullanarak ksilozu ksilitle indirgemeyi başarmışlardır. SCHEININ ve Ark, (1975) yaptıkları çalışmada, çiklet üretiminde sakkarozun yerine ksilitol kullanılabileceğini ve ksilitolün diş çürümelerini engelleyici etkisi olduğunu belirlemişlerdir.

Ksilitol meyvelerde değişik olgunluk dönemlerinde farklı düzeyde bulunmaktadır. Tablo 1'de bazı meyvelerin bünyesinde bulunan ksilitol miktarları gösterilmiştir.

Tablo 1. Bazı Meyvelerde Bulunan Ksilitol Miktarı

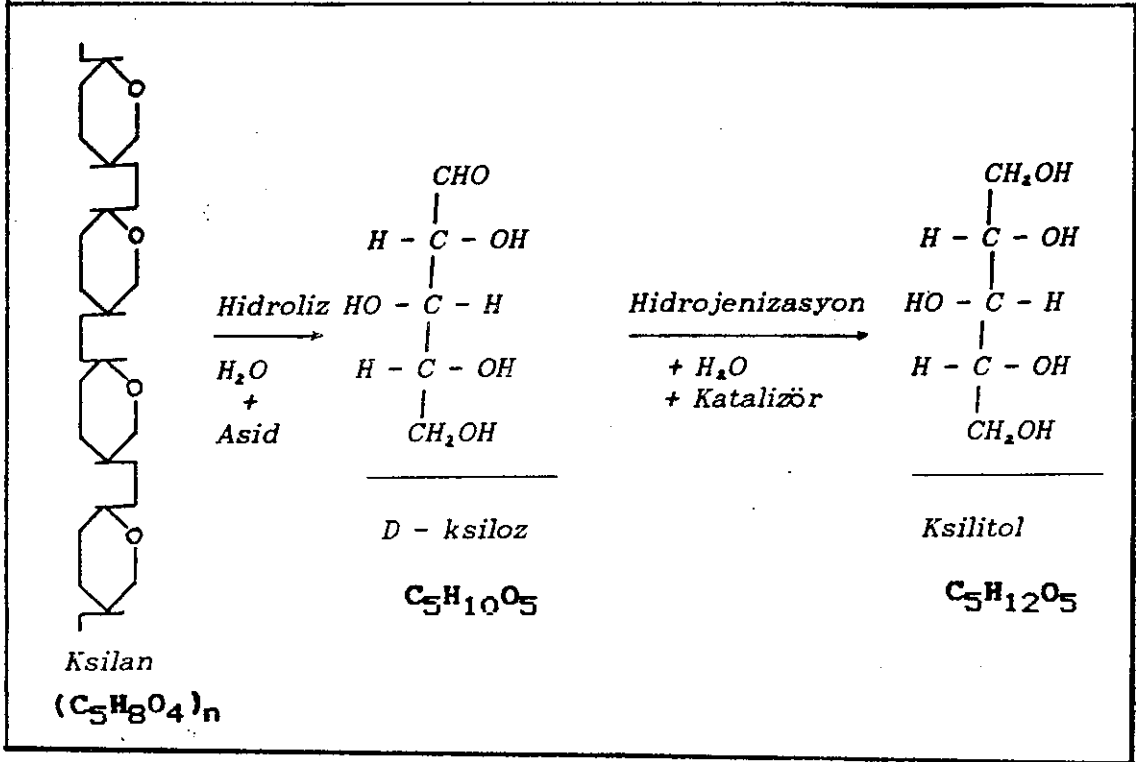
MEYVE	Ksilitol Miktarı (µg/g)
Çilek (tam olgunlaşmamış)	150
Çilek (olgunlaşmış, kırmızı)	280
Elma (ham)	128
Elma (olgun)	48
Erik	67
Muz	20
Üzüm	93

## KSİLİTOL ÜRETİMİ

Doğal kaynaklarda ksilitol miktarının çok düşük olması nedeniyle bunlardan ekstraksiyon yöntemi ile ksilitol üretimi hem pratik hem de ekonomik olmamaktadır. Bir pentoz olan ve hidrojenizasyon ile ksilitle dönüşen ksiloz, bitkilerde serbest halde bulunmaz. Genellikle ksilitol, D-ksiloz ünitelerinden oluşmuş bir polisakkarit olan ksilan formunda bulunmaktadır. Ksilan da serbest halde bulunmamakta olup, selüloz ile birleşmiş haldedir (SPALT ve Ark, 1973).

Ksilozun, doğada fazla miktarda bulunmasına rağmen, özellikle glukoz gibi diğer karbonhidratlardan ayrılmasındaki zorlukları nedeni ile ticari olarak üretimi çok güçtür. Bu nedenle bitkilerden ksilozun eldesi ve bunu takiben hidrojenezasyon işlemi, ksilitol üretiminin esasını teşkil etmektedir. Bu amaçla kullanılan bitki materyalleri kayın gibi sert ağaçlar, yulaf ve pamuk çigidi kabuğu, mısır koçanı, şeker pancarı posası, saman ve fındık kabuklarıdır. Bu materyallerin ksilan ve ksiloz miktarı kuru ağırlıklarının %20-30'ü düzeyindedir.

Ksilandan asit ile hidroliz sonunda D-ksiloz ve onun da katalizörlerle hidrojenezasyonu ile ksilitol üretimi gerçekleştirilmektedir (Şekil 1).

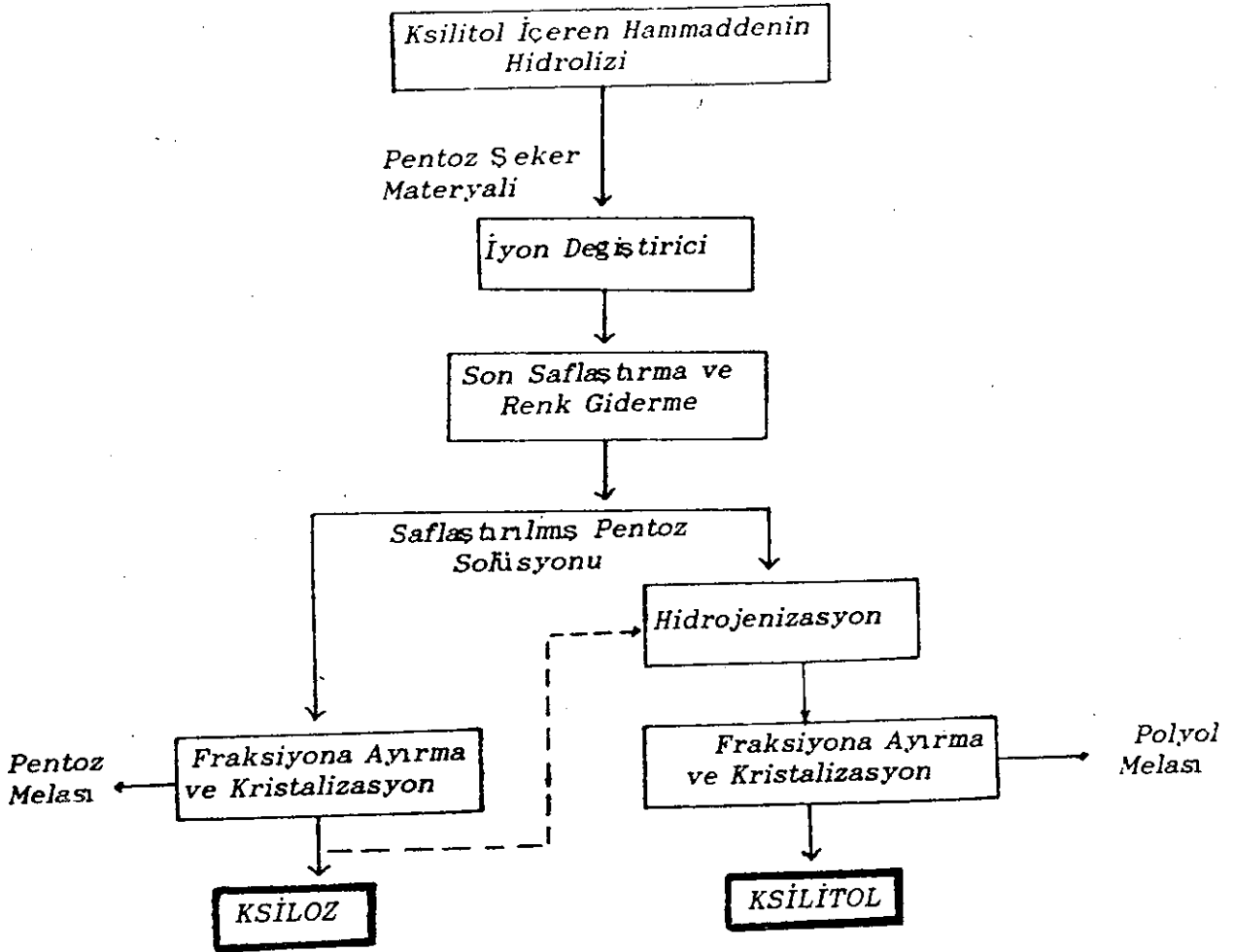


Şekil 1. Ksilitol Üretiminin Genel Prensibi

Saf ksilitol üretimi için hammaddenin seçimi çok önemlidir. Bu amaçla hammaddede ksilan miktarının yüksek olması aranan ilk şarttır. Üretilen ksiloz ve ksilitolün, glukoz, mannoz, arabinoz ve galaktoz gibi diğer şekerlerden arındırılması amacıyla saflaştırma ve ayırma işlemlerinin yapılması gereklidir. Endüstriyel çapta ksiloz ve ksilitol üretimi Şekil 2'de ayrıntılı şekilde gösterilmiştir.

### 1- Hidroliz:

Büyük çapta ksilitol üretimi amacıyla bitki materyalleri seyreltik asit çözeltisi ile basınç altında ısıtılmalıdır. Bu işlem sonunda hemiselülozlar hidrolize uğramakta ve ligninler çökelmektedirler. Monomerik şekerler, reaksiyon esnasında diğer çözünen kısımlarla birlikte çözünmektedir. Bu işlem esnasında selüloz parçalanmakta ve böylece ksilozun sakaroz ile karışması önlenmiş olmaktadır. Eğer ksilozu sakaroz karışırsa birçok ayırma güçlükleri ve ekonomik kayıplar oluşmaktadır. İstenmeyen zincir reaksiyonları asit hidroliz ile engellenebilmektedir.



Şekil 2. Ksilitol ve Ksiloz Üretimi

Ksilitol üretiminde ana işlem basamakları şöyle sıralanabilir:

1. Hidroliz
2. Ksilozun saflaştırılması
3. Ksilitölü saflaştırma

VON PULS ve Ark. (1978) ksilanların hidrolizi için ksilanolitik enzimlerin kullanılabileceğini saptamıştır. Enzimatik hidroliz ile herhangi bir kimyasal madde kullanılmadan, yüksek sıcaklık ve basınç uygulamaksızın hidroliz yapılabilmektedir.

## 2- Ksilozun Saflaştırılması:

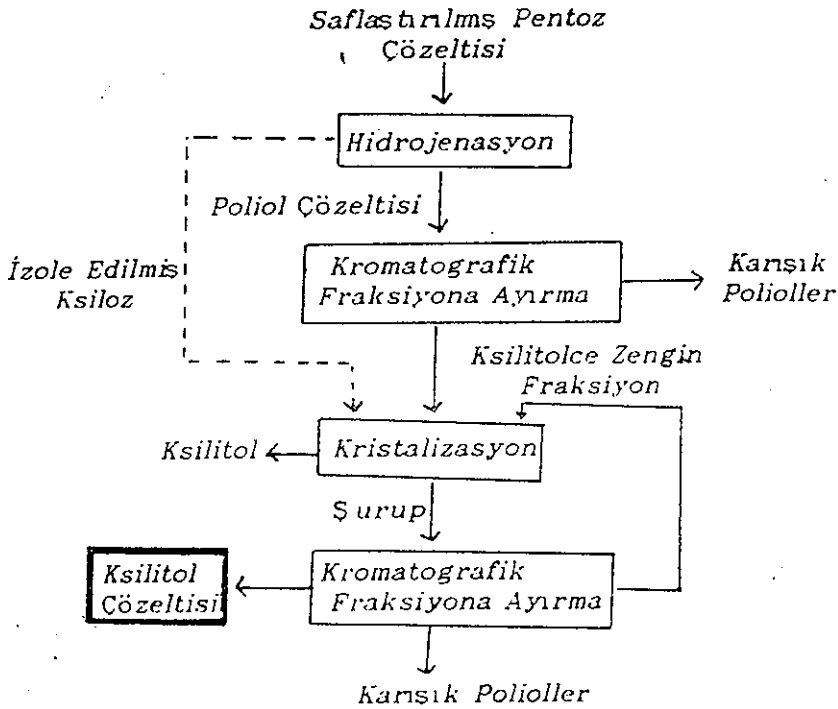
Daha sonraki aşamalarda istenmeyen birçok maddenin uzaklaştırılması amacıyla karmaşık birçok saflaştırma işlemi gerekmektedir. Bu maddeler hemiselülozlardır ve hidroliz esnasında çözünür hale geçmektedirler.

a) **Ksilozun Ayrılması:** Ksilozun ayrılması amacıyla STEINER ve LINDLAR (1970) tarafından tanımlanan ve patenti alınan okzalik asit ile muamele metodu uygulamaktadır. İyon değişirme, renk açma ve metanolla kristalizasyon işlemi ile kristal halde saf ksiloz eldesi mümkün olabilmektedir. Diğer bir yöntem ise alkol ile safsızlık unsurlarını çöktürdükten sonra çok düşük konsantrasyondaki seyreltik asetik asit ile çökeltme yöntemidir (SPALT ve Ark., 1973).

Pentozca zengin solüsyon asit hidrolizi ve mekanik titrasyon ile saflaştırılmaktadır. Ayrıca iyon değişirme teknikleri, renk açma ve tuzla muamele ile saflaştırma yapılabilmektedir.

b) **Ksiloz Olmayan Kısımların Ayrılması:** Bu amaçla hidrolizata iyon değişim işlemi uygulanır. Bu aşamada renk giderilmekte ve karbonhidrat dışında kalan yan ürünler ayrılmaktadır. Karışık ksiloz ve diğer karbonhidratlar kimyasal açıdan saftırlar. Ksilitle karbonhidrat karışımını ksilozu çevirmek amacı ile suda çözündürülen karışım 80-140°C ve 50 Atm basınçta metal iyonlarıyla işleme tabi tutulmalıdır.

c) **Ksilitolün Saflaştırılması:** Ksilitolün saflaştırılması gayesi ile iyon değişimi ve filtrasyon işleminden sonra saflaştırma, konsantre etme ve kristalizasyon işlemi uygulanmalıdır (Şekil 3).



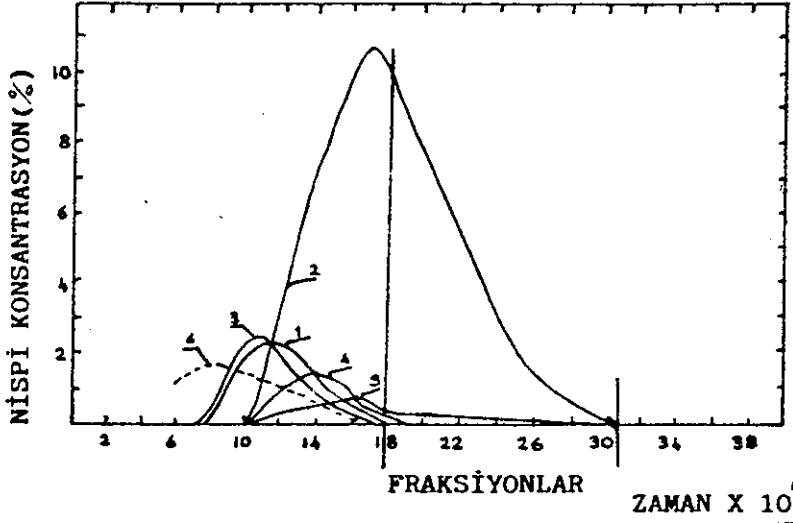
Şekil 3. Ksilitolün kristalizasyonu ve kromatografik fraksiyona ayırma yöntemi

Ksilitolün saflaştırılmasında renk açma ve alkollü çözeltiler ile saf ksilitol kristallerinin eldesi mümkün olmaktadır. Ksilitolün ve diğer poliollerin iyon değişim kromatografisi ile ayırım mümkün olabilmektedir (Şekil 4).

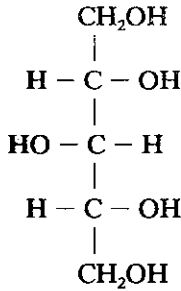
## KSİLİTOLÜN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

### Ksilitolün Yapısı

Bir pentahidrik şeker olan ksilitolün ampirik formülü  $C_5H_{12}O_5$  ve molekül ağırlığı ise 152,15'dir. Ksilitolün strüktür formülü Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Ksilitol ve diğer poliollerin iyon değişim kromatografisi ile ayrılması  
1- Arabinitol 2- Ksilitol 3- Mannitol



Şekil 5: Ksilitolün yapısal formülü

### Ksilitolün Kristalizasyonu

Ksilitolün ergime noktası üzerinde çalışmalar yapan WOLFROM ve KOHN (1942) 61°C'de kristal ksilitol elde etmişler ve bu denemenin ileri safhasında 93-94,5°C'de yine başka bir kristal ksilitol formu elde etmişlerdir.

### Ksilitolün Kaynama Noktası

Sakaroza, glukoz ve fruktoz gibi şekerlerin aksine ksilitolün belli bir kaynama noktası bulunmaktadır. Ksilitol, atmosfer basıncı altında 216°C'de kaynatıldığında hafif bir renk değişimi ortaya çıkmaktadır (KRACHER, 1975).

### Ksilitolün Çözünürlüğü

Ksilitolün çözünürlüğü sakaroz benzemekte olup, 30°C'de 68 g/100 g çözelti düzeyindedir. Bu sıcaklığın altında sakaroz göre daha az, üstünde ise daha fazla çözünmektedir (APEL ve ROSSLER, 1959; MANZ ve Ark., 1973; VIRTANEN, 1973).

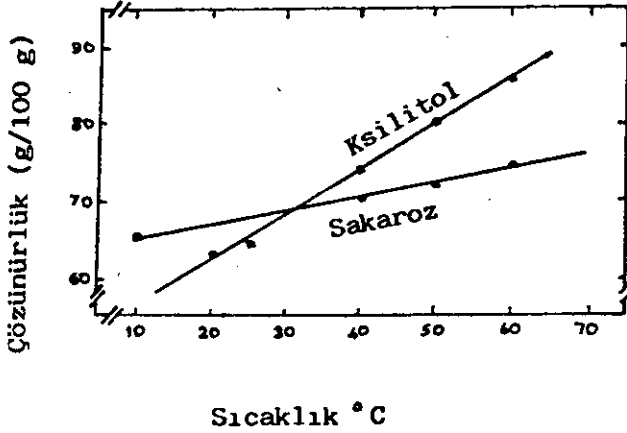
Sıcaklık artışı ile ksilitolün çözünürlüğünde oluşan artış, sakarozun çözünürlüğündeki artıştan daha fazladır. Ksilitol etil alkolde (%96) çok az (1,2 g/100 g), metil alkolde (%96) ise 6,0 g/100 g düzeyinde çözünmektedir (KRACHER, 1975).

### Ksilitolün Çözünme Isısı

Ksilitolün diğer önemli bir karakteristik özelliği ise çözünme esnasında endotermik reaksiyon göstermesidir. Bir pentitol olan ksilitolün çözünmesi için bilinen şeker ve şeker alkollere oranla daha fazla ısı enerjisine gerek duyulmaktadır. Bazı tatlandırıcıların çözünmeleri için gerekli ısı enerjisi şöyledir:

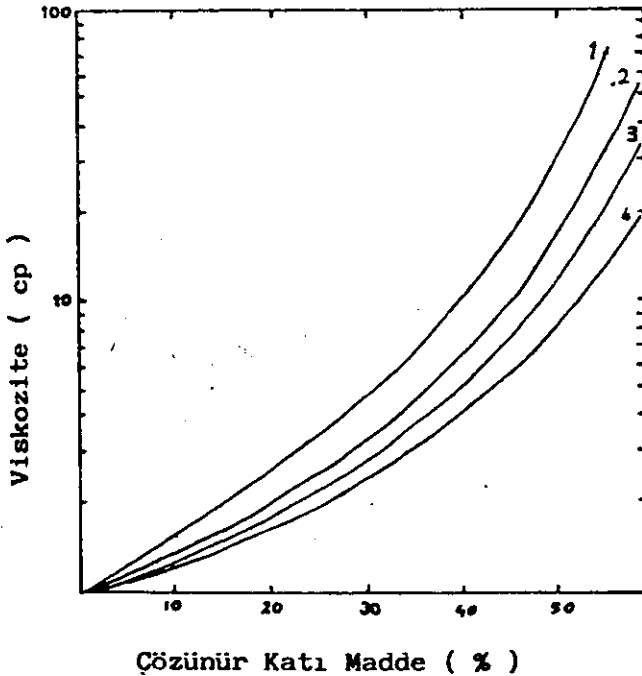
Sakaroza : 18,1 J/g (4,34 kal/g)  
Sorbitol : 97,05 J/g (23,2 kal/g)

Glukoz : 59,45 J/g (14,2 kal/g)  
Ksilitol : 153,05 J/g (36,6 kal/g)



Şekil 6. Ksilitol ve Sakarozun suda çözünürlüğü.

yoğunluğu 1,42; kristal haldeki yoğunluğu ise 1,49 olarak konsantrasyonu %4,7'ye erişince kristalizasyon başlamaktadır.



Şekil 7. Tatlandırıcıların 20°C'deki viskoziteleri  
1- Glukoz şurubu, 2- Sakaroz, 3- Fruktoz, 4- Ksilitol

Sıcaklığın yükselmesi ile ksilitol karamelize olmamaktadır (KAMMERER, 1971). Ancak ksilitolün yapısında az miktarda safsızlık unsuru olarak aldoz bulunduğundan sıcaklık 150°C'nin üzerine çıktığında hafif sarı bir renk oluşmaktadır (KRACHER, 1975).

### Ksilitolün Viskozitesi

Şeker ve şeker alkollerin viskozitesi çözeltideki katı madde konsantrasyonuna, molekül ağırlığına, sıcaklık ve şeker alkollerin bileşimi gibi birçok faktöre bağlıdır (VON GRAEFE, 1975). Ksilitolün viskozitesi, molekül ağırlığı yüksek şeker alkollerden daha düşüktür. Ksilitolün viskozitesi sıcaklık arttıkça azalmaktadır (Şekil 7).

### Ksilitolün Yoğunluğu

Ksilitolün yoğunluğu aynı konsantrasyondaki sakaroz ve sorbitole oranla daha düşüktür. Ksilitolün 20°C'deki belirlenmiştir (VOIROL, 1980). Ksilitol

### KSİLİTOLÜN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ

#### Kalori Değeri

Ksilitolün kalori değeri 16,7 kJ/g (4,06 kcal/g)'dir.

#### Esmerleşme Reaksiyonları

Ksilitol aldo ve keto gruplarını ihtiva etmediğinden Maillard tipi esmerleşme reaksiyonlarına katılmamaktadır. Bu özelliğinin teknolojik açıdan hem avantajı hem de dezavantajı bulunmaktadır.

Aspartam ve ksilitol karışımı (0,6467 g aspartam + 27,17 g ksilitol/1000 mL) 121°C'de 20 dakika sterilize edilirse renkte değişme ve tatlılıkta azalma oluşmaktadır. Oysa aynı koşullarda fruktoz ve aspartam karışımının (0,5571 g aspartam + 34,3 g fruktoz/100 mL) tatlılığı önemli düzeyde azalış göstermektedir. Sterilizasyondan sonra çözeltinin rengi açık sarıya dönmekte ve bala benzer aroma ortaya çıkmaktadır (HYVÖNEN, 1981).

## Fermentasyon

Birçok mikroorganizmanın ksilitolü kullanma özelliği yoktur. Ksilitolün ağız mikroflorası tarafından fermentasyona uğratılmadığı kanıtlanmıştır (GEHRING ve Ark., 1974; LARMAS ve Ark., 1974). Bu nedenle ksilitol özellikle diş sağlığı açısından büyük öneme sahiptir (PEPER ve OLINGER). Ekmek mayası olarak tanınan *Saccharomyces cerevisiae* bile ksilitolü fermente edemez. Hamura ksilitol ilave edilince fermentasyon gerçekleşmediği gibi diğer şekerler ile birlikte olduğu durumda da fermentasyon hızını azaltmaktadır (VARO ve Ark., 1979; HYVÖNEN ve ESPO, 1981).

Ksilitol ilave edilmiş sütlerden yoğurt üretiminde fermentasyon süresi uzamaktadır. Ksilitol ile tatlandırılmış yoğurtlarda asit artışı, sakarozla tatlandırılmış yoğurtlara göre daha az olmaktadır (HYVÖNEN ve SLOTTE, 1981).

## Tatlılık

Tatlılığın belirlenmesinde sakaroz baz olarak alınmaktadır. Nisbi tatlılık konsantrasyona bağlıdır. Ksilitol konsantrasyonu % 1'den % 20'ye çıktığında nisbi tatlılığın 86'dan 115 değerine yükseldiği belirlenmiştir (GUTSCHMIDT ve ORYNSKY, 1961). YAMAGUCHI ve Ark. (1970)'a göre ise ksilitol konsantrasyonu % 2,5'dan % 30'a çıktığında nisbi tatlılık değeri 96'dan 115 değerine kadar yükselmektedir.

## KSİLİTOLÜN GIDALARDA KULLANIMI

Gıdalarda tatlandırıcı olarak ksilitol genelde tek başına kullanılmamaktadır. Ksilitol, çikletlerde gum arabik ile birlikte glukozun yerine kullanılabilir. Gum arabikin kullanılmasının nedeni ksilitolün yeterli viskoziteye sahip olmamasıdır. Ksilitol aynı zamanda yoğurma işleminin kontrol edilmesine yardımcı olmaktadır (VOIROL, 1978). Ksilitolle üretilmiş çikletler ile yapılan denemede, öğrencilere, 1 yıl süreyle, günde 4 kez çiklet verilmiş ve ksilitolün diş çürümesine etkisi olmadığı belirlenmiştir. Ksilitol toz halde de kullanılmaktadır. Toz halindeki ksilitol partiküllerinin büyüklüğü 50 milimikronu geçmemektedir.

## Çiklet

Ksilitolün, çiklet üretmek amacıyla, gum ile yoğrulma sıcaklığının, sakaroz-glukoz ve gum yoğurmadaki sıcaklığa göre daha düşük olması gerekmektedir. Eğer sıcaklık yüksek olursa çiklet hamuru sert kek haline gelmekte ve işlenmesi güçleşmektedir. Bundan kaçınmak amacıyla karışıma çok az su ilave edilmesi gerekmektedir (VOIROL, 1978).

## Sert Karamelalar

Sert karamelaların üretiminde de ksilitol kullanılmaktadır. Genellikle çocuklar tarafından tüketilen bu ürünler diş çürümesine neden olmaktadır, oysa ksilitol kullanımı ile bu risk azaltılmaktadır. Ancak ksilitol kullanılarak sert karamel üretiminde bazı sorunlar ortaya çıkmaktadır. Özellikle ürün pişirilip soğumaya bırakıldığında kristalizasyon oluşmaktadır. Bu şekilde üretilen karamelalar kırılğan bir yapı göstermektedirler (MANZ ve Ark., 1973).

## Gum Şekerlemeleri

Ksilitolden, gum arabik, pektin ve jelatin ilavesi ile gum şekerlemeleri de üretilir. Bu şekerler yumuşak jelimsi bir yapı arzederler. Ancak bunlar hemen sertleşme eğilimindedirler. Kristalizasyon riski yüksek olan bu ürünlerde sorbitol kullanımı ile bu sorun ortadan kalkmaktadır. Üretilen bu gum şekerlerinin diş çürümesine neden olmadan tüketilebileceği belirlenmiştir (IMFELD, 1977).

## Çikolata

Çikolata üretiminde de ksilitol kullanılabilir. Ancak bu durumda viskozitenin ayarlanması için katkı maddelerinin kullanılması zorunludur.

Çikolata üretilen yerde ve depoda nisbi nemin % 85'i aştığı durumlarda ksilitol içeren çikolatalarda kaba, kumsu bir yapı oluşmaktadır. Bu olaya ksilitol partiküllerinin etrafını saran su tabakasının neden olduğu düşünülmektedir.

### Dondurma

Dondurmada sakaroz yerine ksilitol kullanılabilir. Ancak ksilitol ile üretilen dondurmanın erime özelliği değişmektedir. Aynı sıcaklıkta korunan ve ksilitol içeren dondurmalar sakaroz içerenlere göre daha yumuşak bir yapı arz etmektedirler.

### Yoğurt

SALMINEN ve BRANEN (1978) ve HYVÖNEN ve SLOTTE (1981) yaptıkları araştırmalarda yoğurtlarda tercih edilen ksilitol konsantrasyonunun % 8 olduğunu belirlemişlerdir. Ksilitol ilave edilen yoğurtların pH değerinin 4,4, sakarozla tatlandırılmış yoğurtların ise 4,0 olduğu belirlenmiştir. Bu araştırmalarda yapılan duyuusal değerlendirmede her iki yoğurt arasında önemli bir fark belirlenmemiştir.

### Reçel, Jele ve Marmelatlar

Reçel, marmelat ve jelerde şeker ozmotik basınç oluşturarak koruyucu görev yapar. Ksilitol mayalar, küf ve bakteriler tarafından fermente edilmediğine ilave olarak çok düşük konsantrasyonlarda bile yüksek ozmotik basınç oluşturmaktadır. Ksilitol çözeltisinin % 30'luk konsantrasyonu ile sakkarozun % 70'lik konsantrasyonu aynı ozmotik basınç oluştururlar. Ksilitol düşük metoksilli pektinler ile iyi jel oluşturmakta ancak oluşan jel sakaroz ile elde edilen jele oranla daha yumuşak olmaktadır (KABAWATA ve Ark., 1976).

Ksilitol ile üretilmiş çilek reçelinde renk aynen korunmuş ve sakaroz ile üretilen reçelde ortaya çıkan renk değişimi gözlenmemiştir (HYVÖNEN ve TÖRMA, 1981).

### Fırıncılık Ürünleri

Fırıncılık ürünlerinin karakteristik aroması, ilave edilen invert şeker, glukoz ve fruktozdaki mevcut aldo ve keto gruplarıyla ilişkili olan enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonunun bir sonucudur. Ortama sadece ksilitol katıldığında bu aroma oluşmamaktadır.

Yapılan araştırmalar ksilitolün keklerde sakarozun yerini alabileceğini göstermiştir. Ksilitol kekinin renk ve tekstürü sakaroz ile üretilen keke benzemektedir. Kek tipi fırın ürünlerinde ksilitol uygun bir tatlandırıcıdır (HYVÖNEN ve ESPO, 1981).

Ksilitol kurabiyelerde kullanıldığında, yağ içeren kurabiye hamurunda ksilitolün çözünürlüğü zayıf olduğundan kahverengi lekeler oluşmaktadır. Ksilitolle tatlandırılmış çörekler, ksilitol *Saccharomyces cerevisiae* tarafından fermente edilmediğinden kabarmamış ve arzu edilen gözenekli bir iç yapı oluşmamıştır (HYVÖNEN ve ESPO, 1981). Ayrıca ksilitolün varlığı çörek hamurunda sakarozun inversiyonunu geciktirmiş ve dolayısıyla mayanın faaliyetini engellemiştir (VARO ve Ark., 1979). Bu çalışmalar sonunda ksilitolün mayalanan hamurlar için uygun bir tatlandırıcı olmadığı ortaya konmuştur.

### İçecekler

HYVÖNEN ve SIPILA (1977) sitrus bazlı ve kola tipi alkolsüz içeceklerde % 3,9 ksilitol ve % 0,133 siklamat içeren bir karışım kullanarak sakarozla hazırlanmış olanlardan % 60 daha düşük enerji veren içecekler hazırlamışlardır. Uygun tatlandırıcı karışımları ve ksilitol kullanılarak karbonhidrat miktarı dolayısıyla da enerjisi düşük, diyabetikler için uygun bir diyetetik içecek üretilebilir. UHT sütle hazırlanmış çikolatalı içeceklerde uygun ksilitol miktarı % 40'dır. Ksilitollü içeceklerin fiziksel özellikleri ile sakarozlu içeceklerin özellikleri (renk, viskozite) arasında büyük farklılık görülmemiştir.



## SONUÇ

Yakın bir gelecekte sakarozun yerini şeker alkollerden ksilitolün alabileceği düşünülmektedir. Gelişmiş ülkelerde oluşan sağlık bilinci şekerin yerini alacak uygun bir tatlandırıcıya olan talebi artırmaktadır. Yeni alternatif tatlandırıcılarda pekçok özelliğin bulunması istenmektedir. İlk başta fizyolojik maddeler olması, doğal ya da doğala yakın olması istenmektedir. Tatlılıkları ve aromaları mümkün olduğunca sakarozla yakın olmalı, diyabetikler rahatlıkla tüketilebilmelidir. Ayrıca gıda işleme aşamasında alışılmamış teknolojik problemler yaratmamalıdır. Ksilitol bu istekleri yeter derecede karşılamaktadır. Ancak üretim ve teknolojik gerçekler ksilitolün fiyatının şekerlerin seviyesine düşmeyeceğini göstermekte, bu da kullanımını sınırlamaktadır.

## KAYNAKLAR

- APEL, A. and G. RÖSSLER 1959. Preparation of Stable Polyol Solutions and the Resulting Product. U. S. Patent 2, 917, 390.
- CHIANG, C., G.J. SIH and S.G. KNIGHT 1958. The Conversion of D-Xylose to Xylitol by *Penicillium chrysogenum*. *Biochim. Biophys. Acta* 29, 664-665.
- GEHRING, F., K.K., MAKINEN, M. LARMAS, and A. SCHEININ 1974. *Turku Sugar Studies. IV. An intermediate report on the differentiation of polysaccharide-forming streptococci (S. mutans).*
- GUTSCHMIDT, J. and G. ORDYNSKY, 1961. Bestimmung des Süßungsgrades von Xylit. *Dtsch. Lebensm. Rundsch.* 57, 312-324.
- HYVÖNEN, L. 1981. "Fructose-aspartame, Xylitol-aspartame and Fructose-sacharin Mixtures". EKT-Ser. 571 University of Helsinki.
- HYVÖNEN, L., and A. ESPO. 1981. "Replacement of Sucrose in Bakery Products. I. Cakes and Cookies", EKT-Ser. 569. University of Helsinki.
- HYVÖNEN, L. and M. SLOTTE. 1981. "Alternative Sweetening of Yoghurt". EKT-Ser. 575. University of Helsinki.
- HYVÖNEN, L. and L. SIPILA. 1977. "Effects of Temperature and Mixture Combinations on the Synergism between Fructose and Cyclamate and Xylitol and Cyclamate and the Application of the Mixtures of Sweeteners in Foods." *Alternative Sweetening of Helsinki (in Finnish).*
- HYVÖNEN, L. and R. TÖRMA. 1981. "Replacement of Sucrose in Strawberry jam", EKT-Ser. 561 University of Helsinki.
- IMFELD, T. 1977. "Evaluation of the Cariogenicity of Confectionery by Intra-oral Wire-telemetry." *Hely. Odontol. Acta* 21, 1-28.
- KAMMERER, F.X. 1971. "Xylit-der Moderne Zuckeraustauschstoff." *Suesswaren* 21, 887-890.
- KAWABATA, A., S., SAWAYAMA, and S. KOTOBUKI, 1976. "Effects of Sugars and Sugar Alcohols on the Texture of Pectin Jelly." *Jpn. J. Nutr.* 31, 3-10.
- KRACHER, F. 1975. "Xylit," *Bedeutung-Wirkung-Anwendung Kakao & Zucker* 27(3). 68-70, 72-73. 75.
- KRATZL, K. and H. SILBERNAGEL. 1963. Über das Vorkommen von Xylit im Speisepilz *Champignon (Psalliota campestris)*. *Naturwissenschaften* 50. 154.
- LARMAS, M., K.K. MAKINEN and A. SCHEININ. 1974. *Turku Sugar Studies. III. An Intermediate Report on the Effect of Sucrose Fructose and Xylitol Diets on the Numbers of Salivary Lactobacilli, Candida and Streptococci.* *Acta Odontol. Scand.* 32, 423-433.
- MAKINEN, K.K. and E. SÖDERLING. 1980. A quantitative study of mannitol, sorbitol, xylitol and xylose in wild berries and commercial fruits. *J. Food Sci.* 45, 367-371. 374.
- MANZ, U., E. VANNIEN, and F. VOIROL 1973. "Xylitol-its Properties and Use as a Sugar Substitute in Foods." *Pap., Food R. A. Sympo. Sugar Sugar Substitutes.* 1973 pp. 1-26.
- ONISHI, H. and T. SUZUKI, 1966. "The Production of Xylitol, l-Arabinitol and Ribitol by Yeasts." *Agric. Biol. Chem.* 30, 1139-1144.
- PEPER, T. and P.M., OLINGER, 1983. "Xylitol in Sugar-Free Confections." *Food Tech.* (October), 99-106.
- SALMINEN, S.J. and A.L. BRANEN. 1978. Xylitol as yoghurt sweetener. *Pap., 38 th Annu. IFT Meet.* 1978 Pp. 1-9.
- SCHENIN, A. K.K. MAKINEN, E. TAMMISALO, and M. REKOLA, 1975. "Turku Sugar Studies. XVIII. Incidence of Dental Caries in Relation to 1-year Consumption of Xylitol Chewing Gum." *Acta Odontol. Scand.* 33, 307-316.
- SPALT, H.A., C.Y. CHU and P. NIKETAS, 1973. "Production of Crystalline Xylose." U. S. Patent 3, 780, 017.
- STEINERT, K. and H. LINDLAR. 1970. "Verfahren zur Herstellung von Xylose und Xylit." *DP* 1, 935, 934.
- VARO, P., C., WESTERMARCK-ROSENDAHL, L. HYVÖNEN and P. KOIVISTONEN, 1979. "The Baking Behavior of Different Sugars and Sugar Alcohols as Determined by High Pressure Liquid Chromatography." *Lebensm.-Wiss. Technol.* 12.153-156.
- VIRTANEN, J. 1973. Finnish Sugar Co. Unpublished data.
- VOIROL, F. 1978. "The value of Xylitol as an Ingredient in Confectionery." In "Xylitol" (J.W. Counsell, ed. ). pp. 11-19. *Appl. Sci. Publ. Ltd. London.*
- VOIROL, F. 1980. Xylitol Properties and Applications in Foods and Pharmaceuticals. In "Carbohydrate Sweeteners in Foods and Nutrition" (P. Koivistoinen and L. Hyvönen, eds.) pp. 269-285. Academic Press, New York.
- VON GRAEFE, G. 1975. "Zucker und Zuckeralkohole." *Technologie und Technologisch Wichtige Eigenschaften. Staerke* 27, 160-169.
- VON PULS, J., M. SINNER and H.H. DIETRICH. 1978. *Tragergebundene Xylanolytische Enzyme. I. Wirkungsweise Xylanolytischer Enzyme. Staerke* 30, 294-199.
- WOLFROM, M.L. and E.J. KOHN. 1942. Crystalline Xylitol. *J. am. Chem. Soc.* 64, 1739.
- YAMAGUCHI, S., T., YOSHIKAWA, S. IKEDA and T. NINOMIYA. 1970. Studies on the Taste of Some Sweet Substances. Part I. Measurement of the Relative Sweetness. *Agric. Biol. Chem.* 34, 181-186.