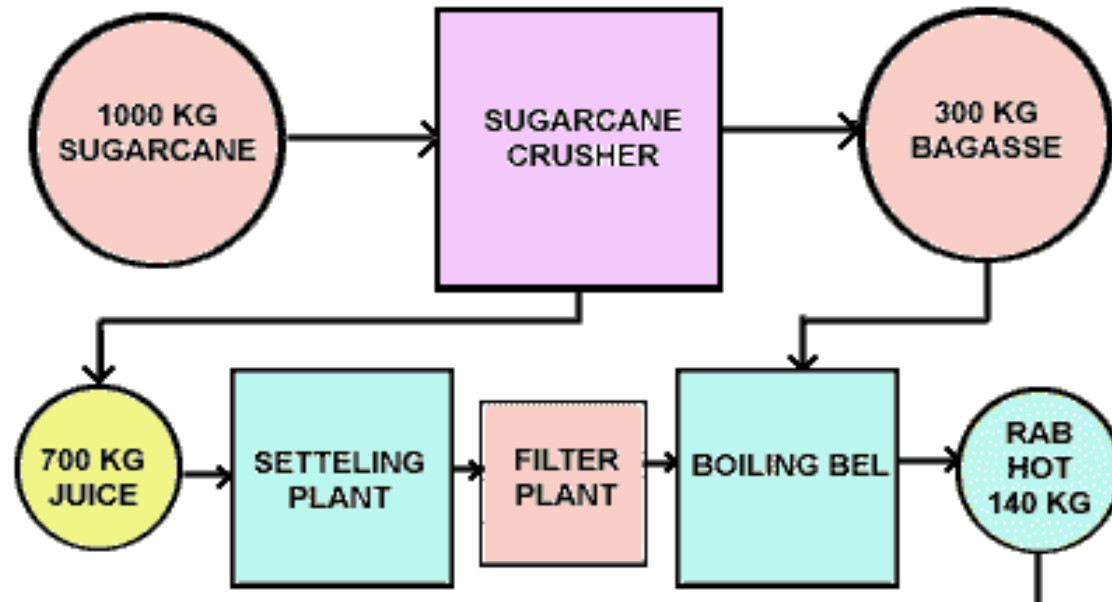




BÖLÜM 4

ŞEKER VE NİŞASTA ENDÜSTRİLERİ



Atmosferdeki CO_2 ve H_2O 'yu kullanarak bitkiler tarafından sentezlenen; karbonhidratlar, şekerler ve nişastalar insanlar için önemli besin kaynağıdır. Günümüzde petrol fiyatlarının sürekli olarak yükselmesi, bu ürünlerden motor yakıtı elde edilmesi gelişmelerini hızlandırmıştır.

4.1. ŞEKER

Şeker sadece tatlı lezzeti özelliği için değil, insanların varlıklarını sürdürebilmesi için gerekli olan enerjinin de %13'ünü sağladığı için önemlidir. Bundan dolayı, şeker üretimi ve rafinasyonu çok büyük bir endüstri dalı olmuştur. Toplam dünya üretimi yaklaşık 96×10^6 t'dur.

4.1.1. Tarihçesi

Şekerin insanlar tarafından ne zaman bulunduğunu söylemek mümkün olmamakla beraber, Hz. İsa'nın doğumundan önce (M.ö) Yeni Gine'den Hindistan'a kadar pek çok ülkede biliniyordu.

Şeker kamışından şekerin ekstraksiyonu ve saflaştırılması-
nın yaklaşık 1400'lü yıllarda yapıldığı (Doğu Avrupa'da)

ileri sürülmektedir. Geçmiş yüzyıllarda şeker, Asya ve Avrupa arasında yapılan en önemli ticari madde olmuştur.

Şeker ilk kez 1689 yılında, batı Hindistan'dan getirilen şeker kamışlarından ekstraksiyon ile kuzey Amerika'da elde edilmiştir.

18. yy'ın ikinci yarısında, buharla Galileo kırma ve öğütme cihazları; 1824 yılında Howard tarafından vakum tavası yöntemi kullanılmıştır.

1812 yılında odun kömürü ile renk giderme, çok katlı evaporasyonun kullanımı 1834 yılında ve Weston tarafından ilk santrifüj uygulaması gerçekleştirilmiştir.

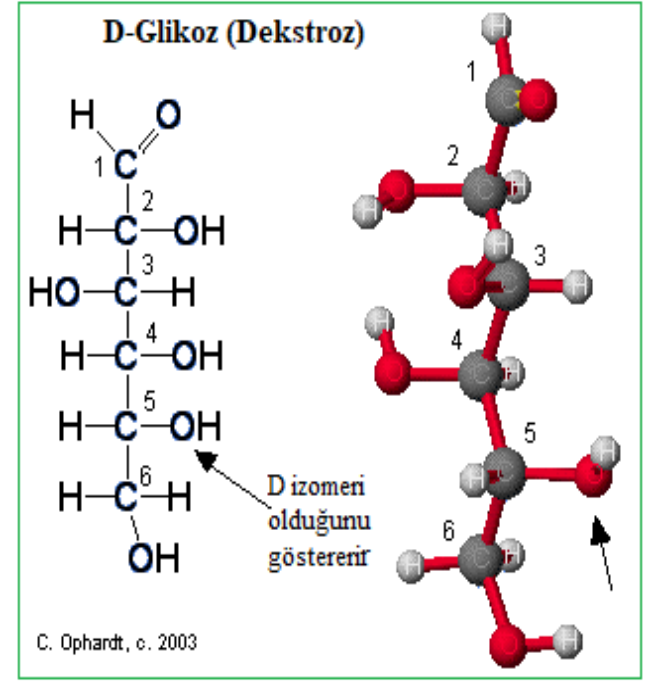
Kül ve renk giderme işlemi için aktif kâmar ve iyon-değişimi yöntemlerinin uygulanması yaygınlaşmaya başlamıştır.

Evaporasyon, adsorpsiyon, santrifüjleme ve süzme başından beri önemli ve üretim basamakları için gerekli olmuştur. Bu işlemler, "Unit operations" (Fiziksel işlemler) kavramının kurulmasına ve genel-leşmesine katkıda bulunmuştur.

Pancar şekeri ilk kez 1747 yılında A.B.D.'de bulunmuş ancak 1830 yılına kadar üretime dönüştürülemediğiştir.

Dekstroz (D-Glukoz) ilk kez 1811 yılında A.B.D’de hazırlanmış ve mısır-şekeri endüstrisinin gelişmesine sebep olmuştur. İlk üretim, 1872 yılında yapılmış ancak 1918 yılına kadar yapılan çalışmalarda, yeterli miktarlarda saf kristal dekstroz elde edilememiştir.

Son yıllarda bu endüstri dalı, yüksek fruktoz içeren mısır tatlandırıcılarının tanıtılmasıyla köklü değişimlere uğramıştır. *Yüksek Fruktoz İçeren Mısır Şurubu* (HFCS, High Fructose Corn Syrup) ile, şeker pancarı ve şeker kamışı arasındaki rekabet bu değişimin temelini oluşturmuştur.



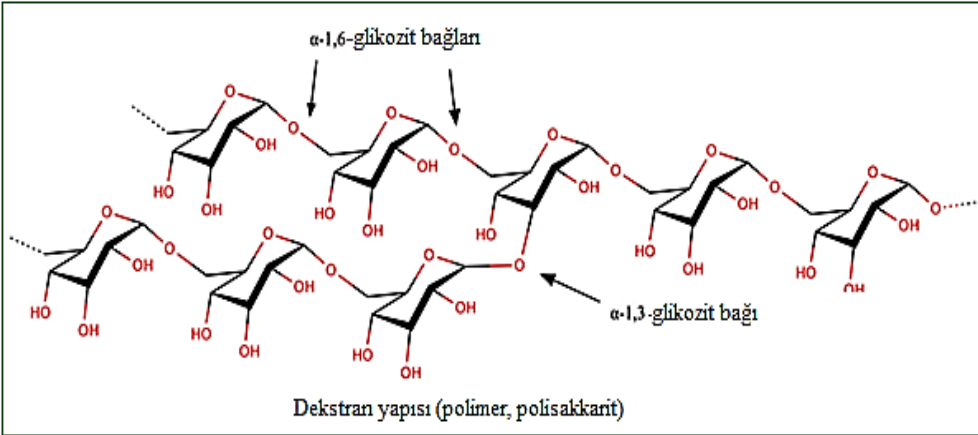
4.12 Kullanım ve Ekonomi

A.B.D’de üretilen şekerin (8,5 milyon ton), %36’sı mısırdan, %33’ü pancardan ve %31’i kamıştan elde edilmiştir.

Şekerlerin büyük kısmı, ambalajlanarak (küp veya toz) veya şurup şeklinde satılmaktadır. Şekerlerin en çok tüketildiği alanların başında, gıda endüstrisi gelir: Pastaneler, içecekler, dondurma ve süt ürünleri, reçeller vb.gibi. Şekerlerin gıda dışı kullanım alanları ise, etil alkolün denatüre (içilmemesi için doğallığını bozmak) edilmesi için kullanılan sakkaroz oktaasetat, plastikleştirici (plastifiyan) olarak, sakkarozdiasetat hekzaizobütirat ve sürfaktan (yüzey gerilimini düşüren) olarak, allil sakarozdur.

Şeker kadar ucuz, saf (%99,86, susuz) ve bol bulunan başka bir organik madde yoktur.

Bir polisakkarit olan ve bazı bakteriler tarafından üretilen «**Dekstran**», etkili bir plazma hacim arttırıcı maddedir. Damar içine verilir ve ağır yanıklar ve diğer yaralanmalar sırasında oluşan şokları ve vücudun elektrolit kaybını önler., kandaki glikoz seviyesini artırır. Dekstran, başlangıçta şaraptan elde edilen karmaşık bir dallanmış glukandır (glikozun kondenzasyonundan türetilen polisakkarit). IUPAC, dekstranları "çoğunlukla C-1 → C-6 glikozit bağlara sahip mikrobiyal kökenli dallanmış poli- α -D-glukozitler" olarak tanımlamıştır. Dekstran zincirleri değişen uzunluklardadır (3 ila 2000 **kilodalton**).



Kilodalton (kDa): Özellikle proteinler ve polisakkaritler gibi büyük moleküller için, mol kütlelerini ifade etmek için kullanılan SI olmayan bir kütle birimi. 1000 daltona eşittir. Bir dalton, bir karbon-12 atomunun kütlelerinin on ikide birine veya $1,660\,33 \times 10^{-27}$ kg'a eşittir.

Dekstran, Louis Pasteur tarafından şarapta mikrobiyal bir ürün olarak keşfedildi, ancak seri üretimi, ancak Allene Jeanes tarafından bakteri kullanan bir işlemin geliştirilmesinden sonra mümkün oldu. Diş plağı, dekstranlar açısından zengindir. Dekstran, sakkaroz çözeltilerinin viskozitesini yükselttiği ve tesisatları kirlettiği için şeker rafinasyonunda istenmeyen bir kirleticidir. Dekstran, artık sakkarozdan lactobacillus ailesinden belirli laktik asit bakterileri tarafından üretilmektedir. Türler arasında Leuconostoc mesenteroides ve Streptococcus mutans bulunur.

4.1.2.1 Türkiye’de Şeker Üretiminin Tarihçesi ve Gelişimi

Türkiye’de şekerin ana ham maddesi [şeker pancarıdır](#) (%85, %15 mısır). Türkiye’de de geçmişte [şeker kamışı](#) tarımı için denemeler yapılmış, ancak ekonomik olmayacağı anlaşıldığı için vazgeçilmiştir.

[Türkiye'deki](#) şeker üretme teşebbüsleri [Osmanlı İmparatorluğu](#) zamanına (1840-1899) kadar uzanmaktadır. İlk teşebbüslerin Osmanlı zamanında olmasına rağmen ilk şeker fabrikasının kurulması Cumhuriyet dönemine denk gelmektedir. 19 Nisan 1923’te kurulan Uşak Terakki Ziraat T.A.Ş 14 Haziran 1925 tarihinde Uşak'ta kurulacak şeker fabrikasının temellerini atmışlardır. Bundan yaklaşık 1,5 yıl sonra 17 Aralık 1926'da Fabrika resmen işletmeye açılmıştır. Uşak'ta kurulacak olan şeker fabrikasının inşaatı devam ederken 15 Haziran 1926’da 600.000 TL sermaye ile İstanbul ve Trakya Şeker Fabrikaları T.A.Ş kurulmuştur ve 22 Aralık 1925 tarihinde Alpullu Şeker Fabrikasının temelleri atılmıştır. Bu fabrikanın inşaatı Uşak'taki fabrikanın inşaatından sonra başlamasına rağmen yaklaşık olarak 11 ay gibi bir süre içinde bitirilmiş ve 26 Kasım 1926’da Türkiye’de ilk şekeri üreten fabrika unvanını almıştır.

Uzun yıllar boyunca bu iki fabrika Türkiye'nin şeker ihtiyacını karşılamıştır. Artan nüfusla beraber Türkiye'nin şeker ihtiyacı artmış ve bu iki fabrika talepleri karşılamakta zorluk çekmeye başlamışlardır. Bunun sonucunda biri Eskişehir'de olmak üzere iki yeni şeker fabrikası açılmıştır. Bu dört fabrika 1950'li yıllara kadar Türkiye'nin şeker ihtiyacını karşılama görevini üstlenmişlerdir.

https://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCrkiye%27de_%C5%9Feker_%C3%BCretimi

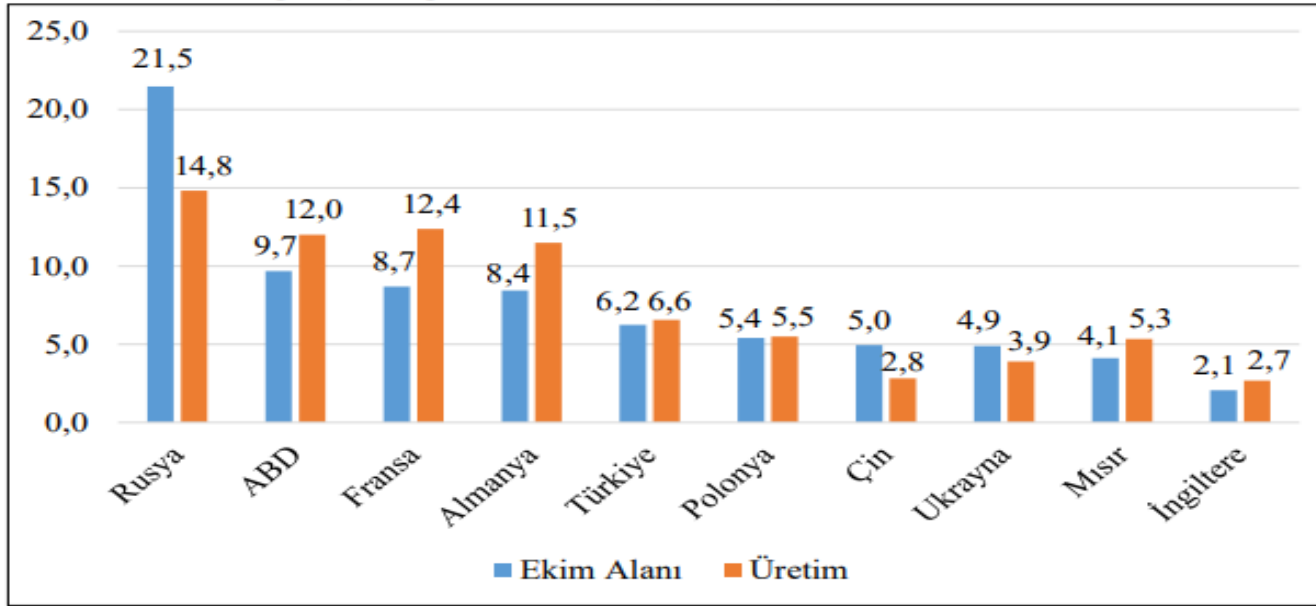
1951 ve 1956 yılını kapsayan beş yıllık sanayi kalkınma hamlesiyle tam 11 yeni şeker fabrikası daha açılmıştır. Böylelikle 1956 yılının sonlarına doğru üretimde olan şeker fabrikalarının sayısı 15'e ulaşmıştır. Sanayideki özellikle şeker üretimindeki yatırımlar nüfusun artmasına paralel olarak hem üretimdeki fabrikalara yeni makineler almak şartıyla hem de Türkiye'nin çeşitli yerlerine yeni fabrikalar kurarak üretimin artmasına destek verilmiştir.[[]

Sırasıyla Adapazarı (1953), Amasya (1954), Konya (1954), Kütahya (1954), Burdur (1955), Susurluk (1955), Kayseri (1955), Erzincan (1956), Erzurum (1956), Elazığ (1956) ve Malatya (1956) Şeker Fabrikaları kurulmuştur. 1956 yılına gelindiğinde 1950'de dört olan fabrika sayısı onbeşe yükselmiştir. Ankara (1962) ve Kastamonu (1963) Şeker Fabrikalarının %65'i yerli imkanlarla (1 makina fabrikası ve 2 atölye) geliştirilerek işletmeye alınmışlardır. İlerleyen yıllarda artan şeker ihtiyacını karşılamak için Afyon (1977), Muş (1982), Ilgın (1982), Bor (1983), Ağrı (1984) ve Elbistan (1985) Şeker Fabrikalarının %95'e varan makina ve tesisleri mevcut beş makina fabrikasında üretilerek işletmeye alınmışlardır.

1989 ile 2001 yılları arasında sırasıyla Erciş (1989), Ereğli (1989), Çarşamba (1989), Çorum (1991), Kars (1993), Yozgat (1998), Kırşehir (2001) Şeker Fabrikaları işletmeye alınmıştır. İlerleyen yıllarda faaliyete geçen Çumra, Boğazlıyan ve Aksaray şeker fabrikalarıyla Türkiye'de pancar şekeri üreten tesis sayısı 33'e yükselmiştir.

https://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCrkiye%27de_%C5%9Feker_%C3%BCretimi

Grafik 1. Ülkelere göre şeker pancarı üretimi (2021, %)



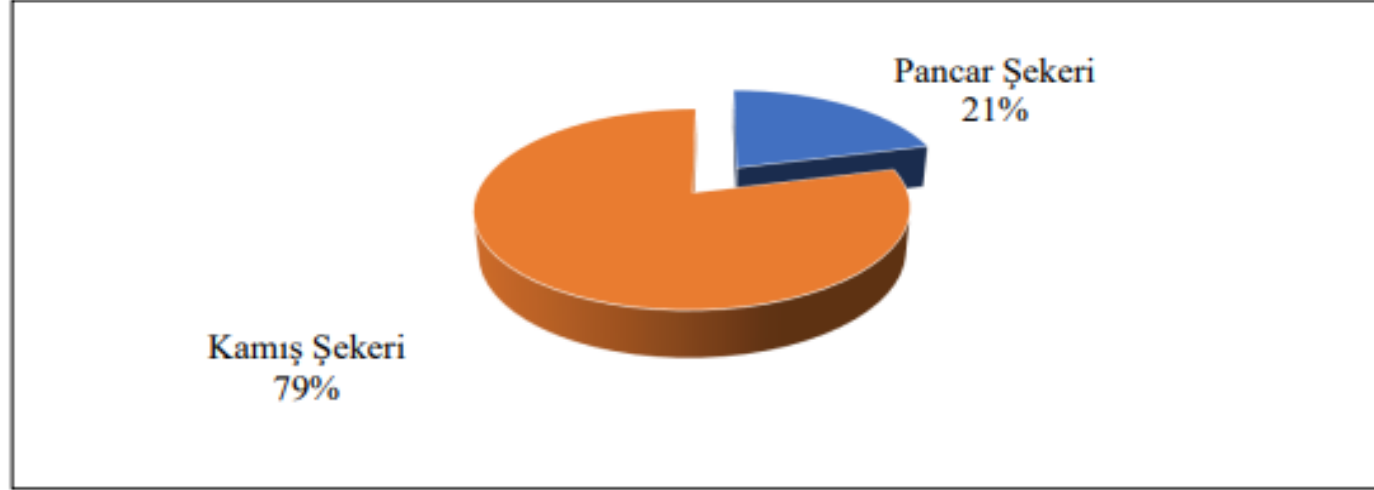
Dünya şeker üretiminde önemli ülkeler (milyon ton)

Ülke	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22	2022/23*	2023/24**
Brezilya	29,5	30,3	42,1	35,5	38,1	42,0
Hindistan	34,3	28,9	33,8	36,9	32,0	36,0
AB	16,8	17,0	15,2	16,5	14,9	15,5
Tayland	14,6	8,3	7,6	10,2	11,0	11,2
Çin	10,8	10,4	10,6	9,6	9,0	10,0
ABD	8,2	7,4	8,4	8,3	8,4	8,4
Pakistan	5,3	5,3	6,5	7,6	6,9	7,1
Rusya	6,1	7,8	5,6	6,0	7,2	6,3
Meksika	6,8	5,6	6,1	6,6	5,7	6,3
Avustralya	4,7	4,3	4,3	4,1	4,2	4,4
Türkiye	2,7	2,8	3,1	2,7	3,0	3,0
Diğer	39,5	38,5	36,9	36,8	36,9	37,7
Dünya	179,2	166,6	180,1	180,6	177,3	187,9

Kaynak: USDA, 2023 ,* Tahmin, ** Öngörü

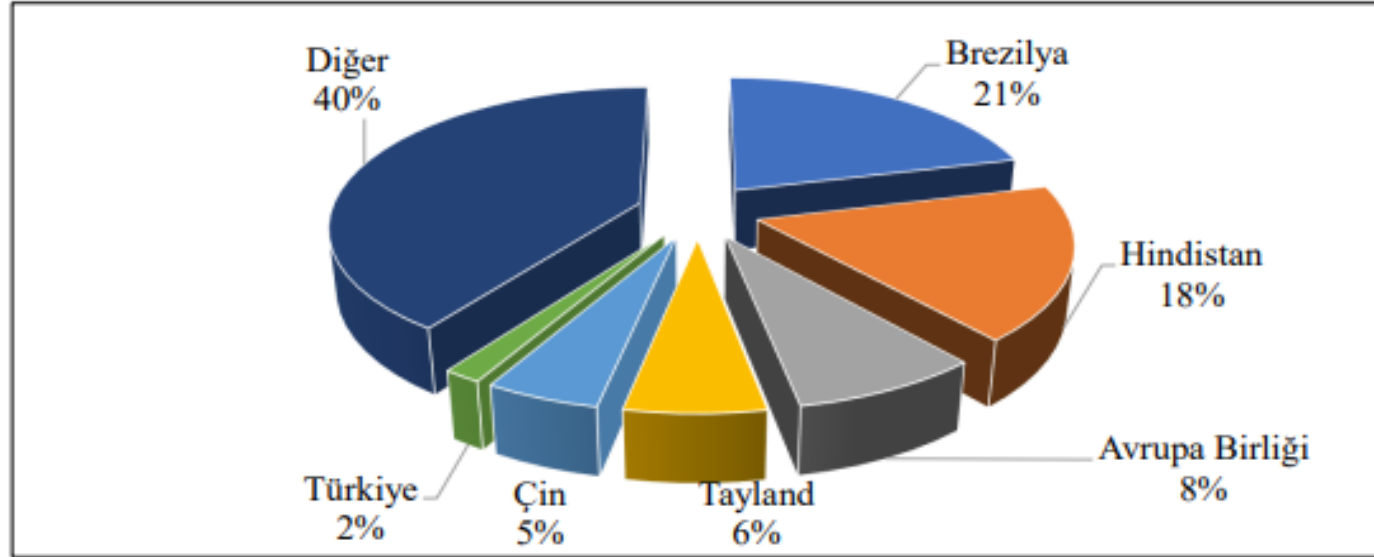
<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge>

Grafik 2. Dünya pancar ve kamış şekeri üretimi (2023/24)



Kaynak: USDA, 2023

Grafik 3. Şeker üreticisi önemli ülkeler (2022/23)



Kaynak : USDA, 2023

<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge>

Ülkelere göre şeker tüketimi (milyon ton, BŞE)

Ülke	2019/2020	2020/2021	2021/2022	2022/2023*	2023/2024**	2022/23
Hindistan	27,0	28,0	29,0	29,5	31,0	16,8
AB	17,0	16,7	17,0	17,0	17,0	9,7
Çin	15,4	15,5	14,8	15,5	15,6	8,8
Brezilya	10,7	10,2	9,5	9,5	9,5	5,4
Endonezya	7,4	7,4	7,6	7,8	7,9	4,4
Mısır	3,3	3,3	3,4	3,3	3,4	1,9
Bangladeş	2,5	2,4	2,8	2,4	2,7	1,4
İran	2,2	2,8	2,6	2,6	2,6	1,5
Etiyopya	0,8	1,6	2,1	1,8	2,0	1,0
Japonya	2,0	1,9	1,8	1,9	1,9	1,1
Türkiye	3,0	2,9	3,0	3,4	3,4	1,9
Diğer	80,2	78,7	80,1	81,3	83,1	46,2
Dünya	171,3	171,5	173,7	176,0	180,0	100,0

Kaynak: USDA, 2023,* Tahmin,** Öngörü

Ülkelere göre şeker ihracatı ve ithalatı (2022/2023) (milyon ton, BŞE)

Ülke	İhracat	%	Ülke	İthalat	%
Brezilya	28,2	42,7	Endonezya	5,8	10,1
Tayland	11,0	16,6	Çin	4,4	7,6
Hindistan	6,5	9,8	ABD	3,1	5,4
Avustralya	3,3	4,9	AB	3,0	5,2
Guatemala	1,7	2,5	Bangladeş	2,3	4,1
Meksika	1,1	1,7	Malezya	2,1	3,7
Pakistan	1,0	1,5	Cezayir	2,0	3,5
Birleşik Arap Emirlikleri	0,9	1,4	Güney Kore	2,0	3,4
Avrupa Birliği	0,9	1,4	Suudi Arabistan	1,7	3,0
Fas	0,8	1,2	Nijerya	2,0	3,4
Diğer	10,7	16,2	Diğer	29,2	50,7
Toplam	66,1	100,0	Toplam	57,5	100,0

Kaynak: USDA, 2023

4.1.3. Şeker Üretimi

4.1.3.1. Şeker Kamışından

Şeker kamışı, bambuya benzeyen yüksekliği 3-5 m olan bir bitkidir. Kütlece %11-15 oranında sakkaroz içerir. Sıcak ve nemli iklimlerde yetişir, büyümesi ortalama olarak 6-15 ayda tamamlanır. Hasat işlemi; maket bıçağı veya diğer bıçaklar kullanılarak el ile yapılır. Taze kesilmiş şeker kamışı, 24 saat içinde işlenmelidir, aksi takdirde içerdiği sakkaroz; glikoz ve fruktoza inversiyon olur.



Üretim basamakları (ünit operasyonlar ve kimyasal dönüşümler) (ŞEKİL 4.1)

1. Kamış, önce çamur ve molozları uzaklaştırmak için yıkılır.
2. Kamış, suyunu çıkarma işlemine hazırlık için kesilir ve ezilir.
3. Ezilmiş kamış kütlesi basınç altında çalışan bir seri değirmenden geçirilerek ekstrakte edilir. Ekstraksiyona yardımcı olması için yumuşatarak kamış şekerini daha iyi almak için su ve seyreltik şeker çözeltisi ilave edilebilir. Kamışta bulunan şekerin yaklaşık %93'ü ekstrakte edilebilmektedir. Şeker alınmış posa, ya yakıt için yakılır ya da kağıt, karton ve yalıtım malzemesi üretiminde kullanılır.
4. Şekerli su, yüzen safsızlıkları uzaklaştırmak ve kolloidal olarak dağılmış maddelerin bir kısmını bir araya toplamak, bir kısmını göktürmek ve pH'ı değiştirmek için kireç ile etkileştirilir. Az miktarda fosfat içeren şekerli su tam olarak berraklaşmayacağı için fosforik asit ilave edilebilir. Bu durumda, ilave edilen fosfatı göktürmek için kirecin hesaplanan teorik değerden biraz fazlası ilave edilir.

5. Karışım yüksek basınçlı buhar ile ısıtılır, berraklaştırıcı (clarifiers) olarak adlandırılan büyük tankların içinde [veya sürekli çöktürücü/ıcalınlaştırıcı (koyulaştırıcı)] çöktürülür. Çökelmiş çamurdan şekeri almak için, genellikle sürekli çalışan dönen makaralı vakum filtreleri kullanılır. Süzülmiş kek (çökelek); kütlege %1-4 arasında şeker içerir ve gübre olarak kullanılır.

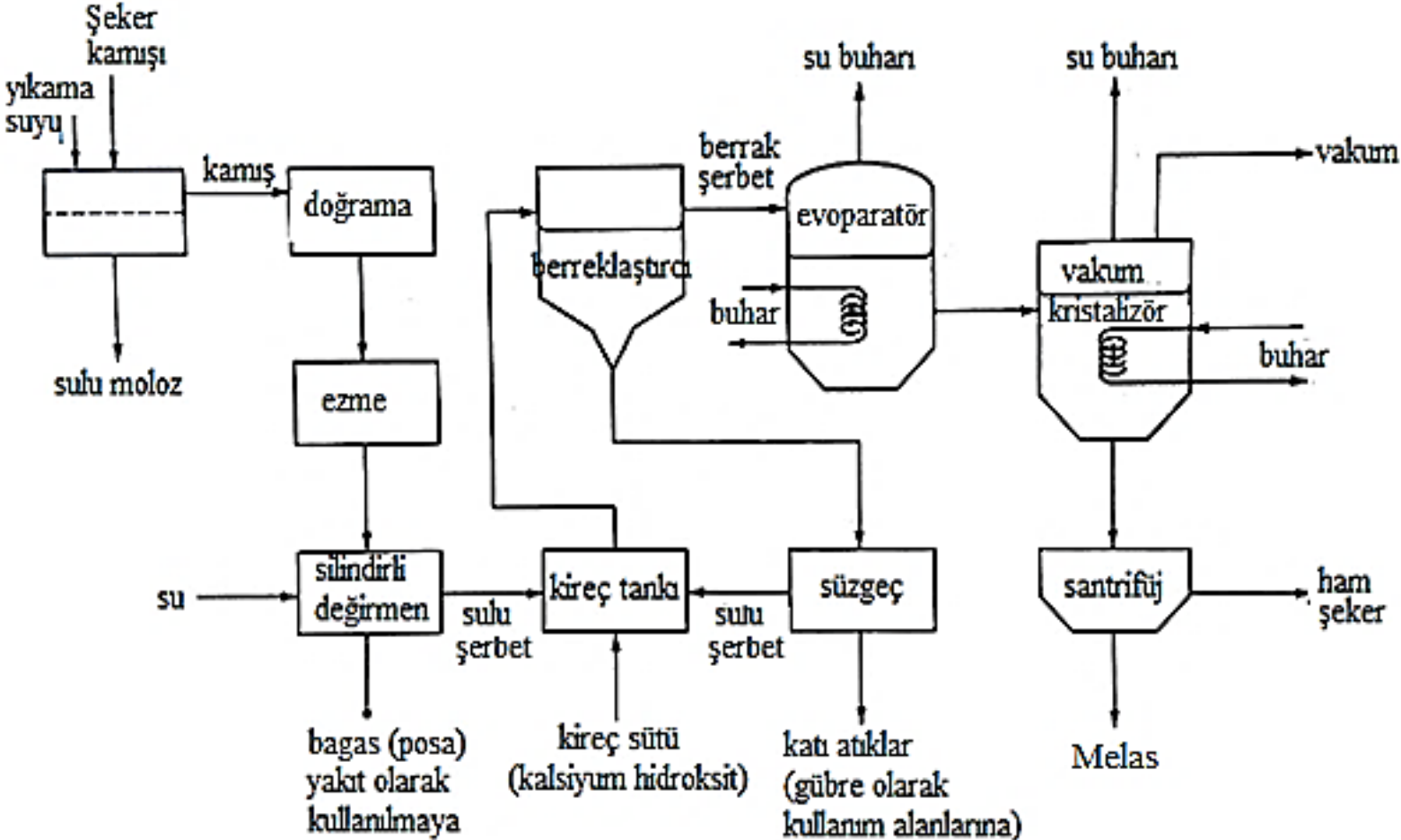
6. Fazla miktarda kireç içeren berraklaştırılmış süzüntü, yaklaşık %85 oranında su içerir. Üç veya dört kademeli etkin evaporatörlerde su içeriği %40'la %45'e dek buharlaştırılır. Geride, açık sarı renkte koyu bir şurup kalır.

7. Koyu şurup, önce tek etkili vakum tavalarına gönderilerek burada önceden belirlenen bir doygunluğa ulaşana kadar evapore edilir. Koyu şuruba, şeker aşırı kristallerinin (şok aşılama) katılması ve koyu şurup ilavesini takiben kontrollü evaporasyon ile, bu pişirme tavalarında istenilen büyüklükte kristaller elde edilir. Bu optimum noktada, tava yaklaşık %10 su içeren şeker kristalleri ile dolar. Şeker ve kristal karışımı, kristalizöre boşaltılır (Soğutma spiralleri ile donatılmış yatay karıştırmalı tank). Burada, şeker kristalleri üzerine fazladan sakkaroz şeker ve böylece kristallendirme tamamlanır.

8. Kristal-şurup karışımı (massecuite), şurubu uzaklaştırmak için santrifüjlenir. Ayrılan şurup, bir veya daha çok ürün almak için yeniden işleme sokulur. En son elde edilen koyu renkli şurup, "siyah melas" olarak bilinir.

9. Açık kahverenkli ham şeker, yaklaşık %97,8 sakkaroz içerir ve rafine edilmeye gönderilir. Melas ise, karbohidrat kaynağı olarak; hayvan yemlerinde, sitrik asit ve diğer fermentasyon endüstrilerinde kullanılır.

KAMIŞTAN HAM ŞEKER ÜRETİM PROSESİ



Alındığı orijinal kaynak: <https://www.cleanpng.com/png-separation-process-crystallization-process-flow-di-899310/>

Kamış şekerinin saflaştırma işlemleri:

Prosesten çıkan ham şeker; satılmaya ve tüketilmeye hazır hale gelmeden önce daha fazla rafine edilmesi gerekir. Proses sonunda elde edilen ham şeker içinden, şeker kamışı posası, kamış lifleri ve toprak vb. gib safsızlıklar uzaklaştırılmıştır. Ancak şeker kamışından şeker kristalleri üzerine yapışarak film oluşturan melas, glikoz, fruktoz, kalsiyum, potasyum tuzları, zamlar ve amino asitlerin ve renkli safsızlıkların uzaklaştırılması (berraklaştırma=klarifikasyon) için ileri saflaştırma proseslerinin uygulanması gerekir.

Şeker rafinasyonu için temel olarak aşağıdaki basamaklar izlenir:

- *Afinasyon*
- *Arıtma*
- *Renk giderme*
- *Kristallendirme*

Şeker rafinerileri, beyaz ve ham sofr şeker, esmer şeker, sıvı şeker, altın şurubu ve pekmez gibi çeşitli şeker ürünleri üretir. Her ürün, paketlenip süpermarket raflarına stoklanmak üzere taşınmadan önce biraz farklı bir işlemde geçer.

Bu işlemler sonunda, berrak ve tatlı bir sakkaroz şurubu elde edilir.. Bu şurup daha sonra şeker kristalleri üretmek için koyulaştırılarak kristalizörde kristallandırılır..

Şeker kristallerinin boyutu, ne tür bir ürüne (ham şeker, yumuşak esmer şeker, kahve kristalleri, pudra şeker vb.) dönüştürüleceğini belirler.

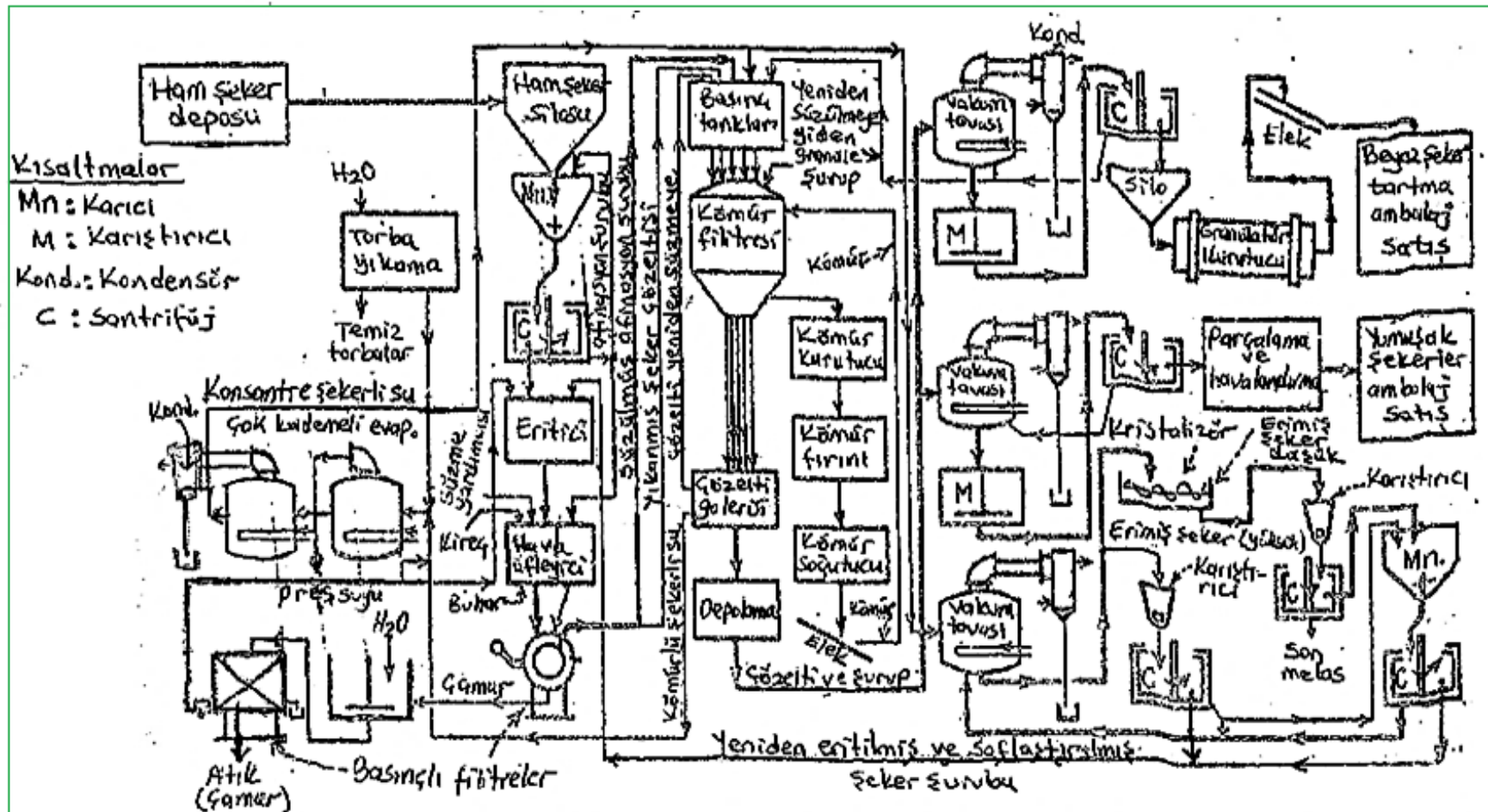
4.1.3.1.1. Kamış şekeri rafinasyonu

Kamış şekeri rafinasyonu ile ilgili proses şekil 4.2'de gösterilmiştir.

Prosesle uygulanan işlemler

1. Rafinasyonda (çiyileştirme) ilk basamak, "afinasyon" olarak adlandırılan (iki bileşenden birini çekip almak) ve ham şeker kristallerinin üzerine yapışan melas filmini uzaklaştırmak için kayu şurupla ($60-80^{\circ}\text{C}$ Briks)* işleme sokulmasıdır. Bu kayu şurup, şeker kristallerini çözmez (veya çok az çözer) ancak kristaller üzerine yapışan safsızları yumuşatır veya çözer. Bu işlem, kuvvetli karıştırma kolları ile donatılmış karıştırıcılarda yapılır.
2. Elde edilen şurup santrifüjlenerek ayrılır ve şeker kekine su püskürtülür.

* Briks (Brix) : Bir sıvıda çözünmüş olan katı maddenin kütleye yüzdesidir. Burada, saf şeker çözeltisi içindeki sakkarozun kütleye yüzdesini ifade eder.



3. Kristallar eriticiye (melter) besültilir, burada ağırlığının yaklaşık üçte biri oranındaki sıcak su içinde çözülür. Bu süyun bir kısmı filter pressden gelen şekerli sudur. Santrifüjlerden gelen şurup iki kısıma ayrılır; bir kısmı, seyreltilerek karıştırma şurubu olarak tekrar kullanılır. Geri kalan şurup 54°Brix'e kadar seyreltilir ve ya berraklaştırma ve süzmeye ya da kaynatılarak tekrar çözündürme için pürleme tavalarına gönderilir.

4. Erimiş ve yıkanmış ham şeker (rafineelerde, erimenin onlamı çözünmedir), berraklaştırma (Klarifikasyon) veya durultma (defekasyon) olarak adlandırılan işleme sokulur. Burada, mekanik ya da kimyasal prosesler kullanılabilir.

Mekanik berraklaştırma

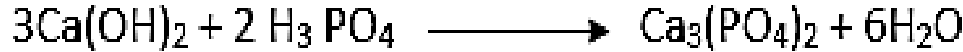
Diatome toprağı (Kizelgur, bir tür silisli toprak) veya buna benzer inert maddelerin katılmasıyla yapılır. Daha sonra pH düzeltmesi ardından karışım süzölür (Filter Pres). Bu işlemler sonucunda rengin çok az değıştiğı berrak bir çözelti verir, ancak süreksiz (batch) bir prosestir.

Kimyasal berraklaştırma işlemi (Melt Clarification Process)

Bunun için başlıca iki yöntem uygulanır:

- i.** Fosfo-Flokulasyon İşlemi (fosfatlama, fosforizasyon)
- ii.** Karbonasyon (Karbonatlama) İşlemi.

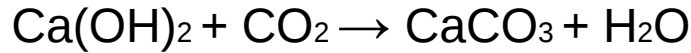
(i) Yönteminde; şeker kalitesine, yani renge ve askıda katılara bağılı olarak %0,02 - %0,05 brikste P_2O_5 içeren sıcak ham eriyiğe fosforik asit ve aynı anda, kireç ve çöktürücü (Koagülant, flokülant) ilave edilir. Reaksiyon sonunda, trikalsiyum fosfat çökeleğı oluşur.



Fosfatlamanın mekanizması öncelikle safsızlık parçacıklarının flokülasyonudur (Bennett). Renklendirici maddelerin ve kolloidlerin çoğunluğu doğası gereğı negatif yüklüdür ve bu sebeple kalsiyum gibi katyonların eklenmesi bu yükleri nötralize eder ve flokülasyonun gerçekleşmesini sağlar. Bu şekilde, anyonik renkli maddeler bu işlemle en etkili şekilde uzaklaştırılır ve bazı çözünür renkli bileşenler de tri-kalsiyum fosfat tarafından absorplanır. Çökeltinin açık ve hacimli yapısı, mikro flokların çökelti kütlesine karışmasını sağlar. Ancak, daha büyük parçacıklar, çözeltide yüzemedikleri için, süzölerek ayrılmalıdır

ii. Karbonatlama (Karbonasyon)

Karbonatlamada, ısıtılmış şuruba kireç sütü (kalsiyum hidroksit) eklenir ve baca gazı içindeki CO₂ gönderilerek, kalsiyum karbonat çöktürülür. Kimyasal reaksiyon kontrollü koşullar altında gerçekleşir ve kalsiyum karbonat çökeleği (Flok) üzerine, ortamda bulunması istenmeyen, zamlar, amino asitler ve renkli bileşikler gibi organik safsızlıklar çöker, çökelek süzülerek şeker şurubundan uzaklaştırılır. Bu işlem sonucunda ortamdaki safsızlıkların %60'tan fazlası giderilebilmektedir.



Kirecin tamamen çökmesi, çözeltinin pH'ının ölçülmesiyle kontrol edilir. Eğer kontrol edilmezse, pH 7'nin altında sakaroz, indirgeyici şekerler olan glikoz ve fruktoza hidroliz olurken, pH 9'un üzerinde ise şekerlerin parçalanması ile renkli bileşenler oluşur.

Kirlilikleri taşıyan kalsiyum karbonat çökeltisi, polipropilen süzgeç bezi kullanılarak basınçlı süzgeçten geçirilir ve çökelek çamur içinde kalmış az miktardaki şekeri almak için bir miktar su ile yıkanarak uzaklaştırılır.

Brix, bir çözeltideki toplam çözünebilir katıların (TSS) ölçümüne atıfta bulunur ve genellikle yüzde olarak ifade edilir. Bu çözünebilir katılar öncelikle sakkarozdan oluşur, ancak fruktoz, glikoz ve organik asitler gibi diğer bileşenleri de içerebilir.

- Renk giderme - kömürden süzme

Süzülerek berraklaştırılmış gözelti, gözünmeyen maddelerden kurtarılmış olmasına karşın çok miktarda çözünen safsızlık içerir. Bu safsızlıklar, kemik kömürü ile süzülerek uzaklaştırılır (aktifleştirilmiş karbon da kullanılabilir). Süzme işlemi, 82°C de. 3 m gapinde ve 6 m derinliğindeki 453 ton kapasiteli tanklarda gerçekleştirilir. 10 ile 36 adet kömür-filtresi kullanılır. Süzme işleminde başlangıçta, oldukça berrak su görünümünde bir şurup ele geçer. Şurubun renginde gelişen değişme filtrelerin değiştirilmesini gerektirir. Belli bir kullanımdan sonra, kömür renk giderme özelliğini kaybeder ve yeniden edilmesi gerekir.

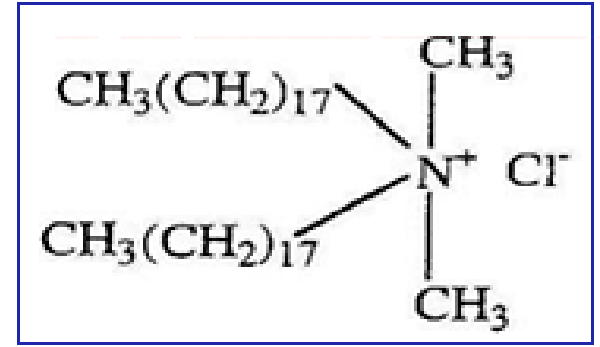
Kemik kömürü filtrelerinden alınan gözelti borularla gözelti galerisinde toplanır. Burada, saflık derecesine göre; 99-99,7 derece saflık, 90-93 der. saf., 84-87 der. saf. ve 75-80 der. saflık şeklinde sınıflandırılır.

Koyu renkli gözelti ler; kemik kömürü, sentetik kemik kömürü (Synthad), aktif karbon, iyon değıştirmci reçine veya bunların kombinasyonu kullanılarak renk giderme işlemine sokulur, elde edilen gözelti "hafif kahverenkli şeker" olarak bilinir.

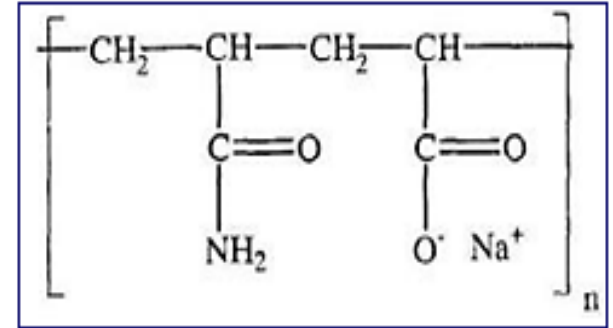
Adsorpsiyon kapasitesi daha iyi olan aktifleştirilmiş karbonun renk giderme özelliği, kemik kömüründen çok üstündür ancak, anorganik maddeleri gözeltiden uzaklaştıramaz.

Anorganik kalıntıların uzaklaştırılması son yıllarda iyon değıştirmci reçineler kullanılarak yapılmaktadır. Bu reçinelerin bazıları rengi de giderir. Anyon ve katyonlar uzaklaştırıldığı için, gözelti ler cihaz içinde daha az kalıntı oluşturmaz.

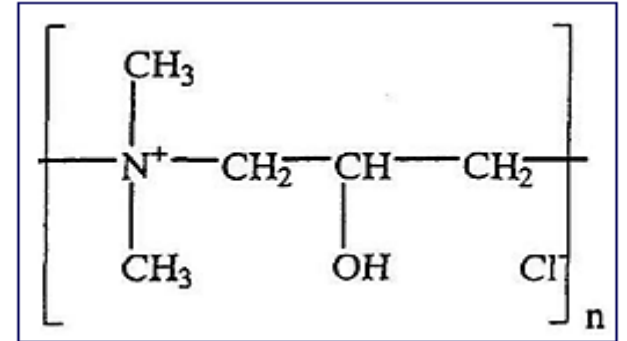
Renk giderme işlemi için yakın zamanda geliştirilen bir yöntemde, dioktadesil dimetil amonyum klorür (**dimetil ditalov amonyum klorür**) «**Talofloc**» ticari ismiyle, Tate & Lyle Ltd. şirketinde Bennett tarafından geliştirilen mumsu bir madde kullanılmaktadır. Talofloc, soğurkta ve ortam sıcaklıklarında yarı katıdır. Kullanılmadan önce, ısıtılarak sıvılaşması sağlanır.



Diğer yeni geliştirilen bir madde, «**Taloflate**» adıyla patentlenmiş, sodyum akrilat ve akril amitin yüksek molekül kütleli kopolimerlerinden oluşan bir **Poliakrilamid flokülanıdır**. Çok uzun doğrusal molekül zinciri içerir ve yüksek derişimlerde hareketli anyonik yükler içerir.

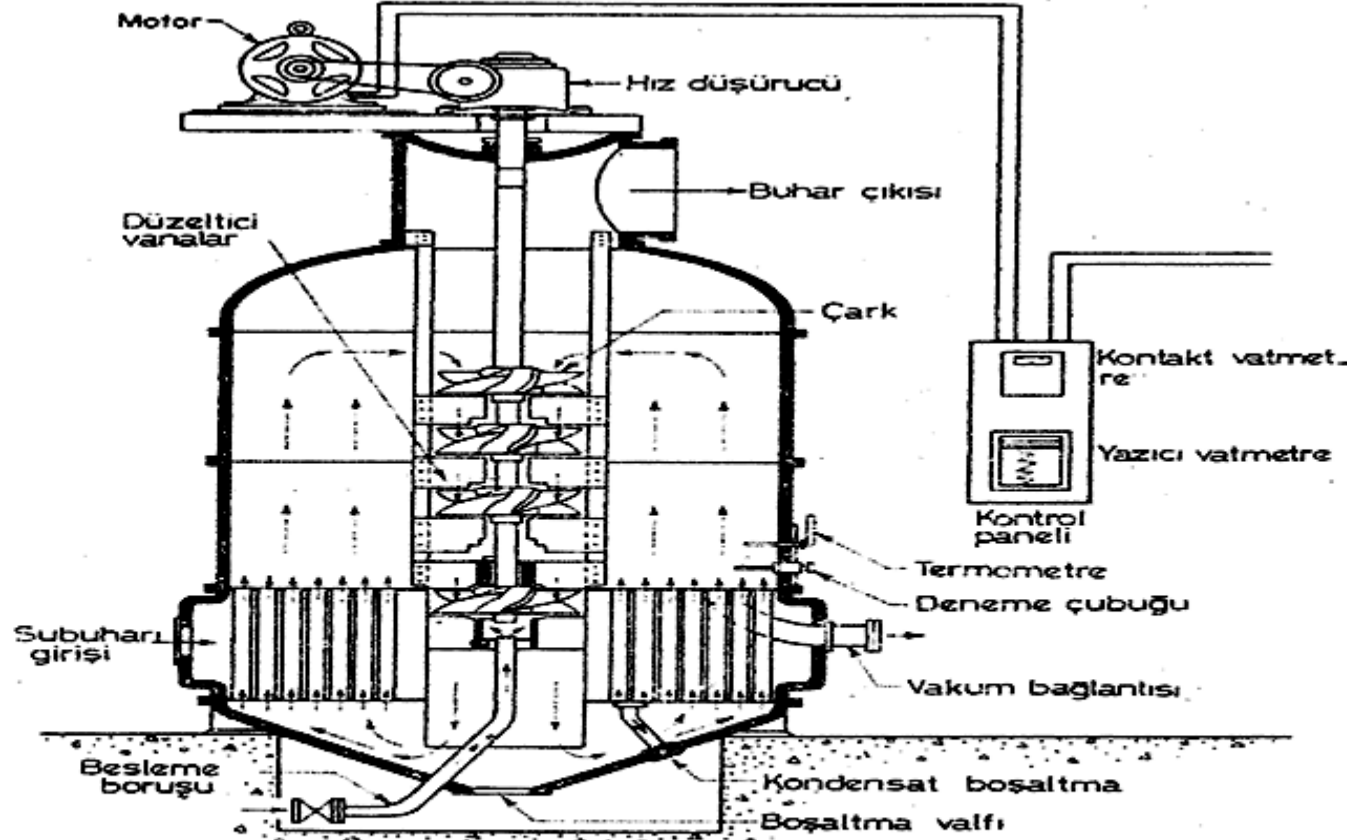


Bir diğer renk giderici madde, American Cyanamid tarafından geliştirilen ve bir **epiklorohidrin-metilamin Kopolimeridir**. Bu madde %50 sulu çözelti olarak hazırlanır ve Talofloc'tan daha kolay kullanılır.



Vakum Tavası (Kristalizör)

Şekil 4.3'de bir kesiti gösterilen kristallendirici veya vakum tavasında; şeker şurubu belli bir miktardaki ince taneli şekerle aşıl原因arak, önceden belirlenen bir aşırı doygunluk derecesine kadar derişikleştirilir.



Şekil 4.3 Mekanik dolaştırıcı (siklulator) ile donatılmış bir vakum tavasının kesiti. Şurup, taban yakınındaki buhar (subuharı) bölümü borularından yukarı yönde geçirilerek, ısıtılır. Sıvı, üst yüzeyde kaynar ve buhar, (çözelti buharı) merkezdeki büyük boru yoluyla çekilir. Bir seri vidalı kanat çözeltiyi, merkezdeki boru yoluyla geri çeker. Karıştırıcı, bir motor tarafından çalıştırılır; elektrik devresinde kaydedici ve kontrol edici vatmetreler vardır (Esterline-Angus Co.).

Rafinasyon sonucunda elde edilen şeker ürünleri:

%99,93 sakaroz içeren ve pudra şekeri (ince kristaller) olarak satılan granül şeker ve 1A şekeri başlıca rafine üründür. Yumuşak esmer şeker, yüksek indirgeyici şeker ve kül içeriğine sahip seçilmiş bir şuruptan kullanılan kristaller tarafından üretilen, karakteristik bir tada sahip özel bir üründür. Kahve kristalleri, esmer şekerle aynı şuruptan yapılır, ancak çok daha uzun bir süre boyunca kristalleşerek çok daha büyük kristaller verir.

Sıvı şekerler

Müşteri gereksinimlerini karşılayacak kalitede sıvı formda birkaç sınıf üretilir. Bu şeker, kristalleşmesinin olası olmadığı yoğunlukta (% katı) 67o Brix'te üretilir. Sıvı şeker endüstride kullanılır.

İnvert şuruplar

Altın şurup ve pekmez, sakarozu glikoz ve fruktoza ayırmak için invertaz (bir enzim) veya asit hidrolizi kullanılarak seçilmiş şuruplardan bir kısmını ters çevirerek üretilir. Altın şurup yaklaşık %27 sakaroz ve %47 indirgen şeker ile %3 kül ve %18 su içerir. Yüksek indirgen şeker bileşeni kristalleşmeyi engeller ve bir sofr şurubunun sıvı formda kalmasını sağlar. Pekmez, benzer bir şuruptan aynı şekilde üretilir, ancak kömürleşme renk giderimi kullanılmaz.

Yeni Zelanda'da şeker üretimi yapan bir şirketin, ürettiği veya paketlediği çeşitli ürünler Çizelgede özetlenmiştir.

Çizelge: Rafine ürünlerin bileşimi

Şeker Türleri	Sakkaroz %	İndirgen Şekerler %	Anorganik Kül %	Su %
1A Şeker	99.93	—	0.07	—
Pudra Şekeri	99.93	—	0.07	—
Kahve Şekeri				
Kahverengi Şeker				
Pekmez	27	47	3	18
Altın Şurup	27	47	3	18
Ham Şeker	97.5	—	2.5	—
Sıvı Şeker	67	—	—	33

https://www.nzic.org.nz/unsecure_files/book/6E.pdf

Küçük şeker kristalleri, kaynama veya evaporasyon hızı, karıştırma hızı ve şurup debisi düzgün bir şekilde ayarlanarak pazarlanacak büyüklüğe kadar büyütülür.

En saf şurup sıvı şeker için ayrılır, ikinci derecede saf şurup, granül (kristal) ve küp şeker yapımında kullanılır geride kalan kısım konserve, meşrubat ve şekerleme üreticilerine gönderilir.

Vakum tavasındaki şeker, birbirine yapışmaması için bir karıştırıcıya boşaltılır buradan şurubu kristallerden ayırmak için santrifüje gönderilir. şurubu ayrılmış kristaller, yıkanır ve yaş şeker deposuna gönderilir, şurup, daha fazla şeker elde etmek için prosese geri gönderilir.

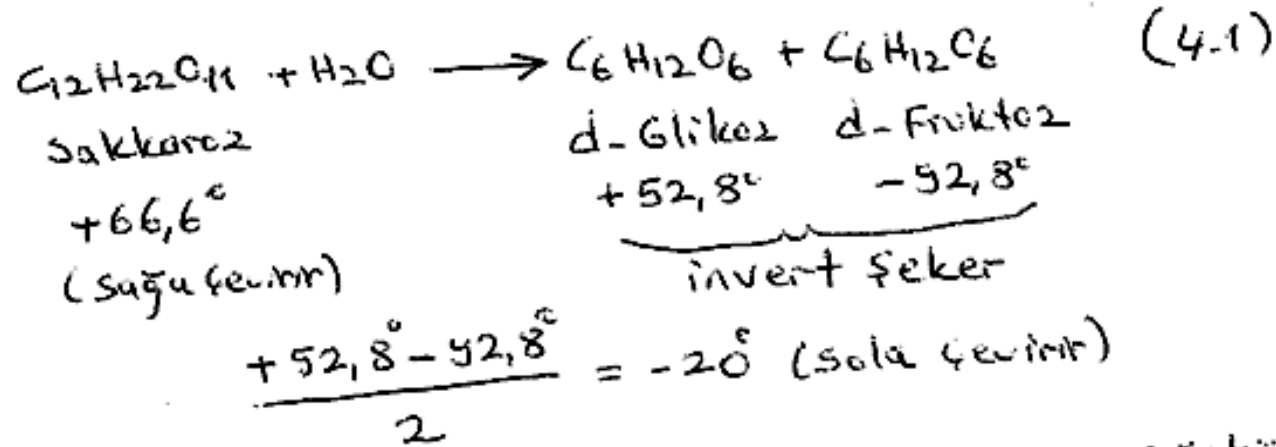
Yaz şeker, bir granülatör içinde kurutulur. Daha sonra kurutulmuş kristaller, bir seri elekten geçirilerek tanecik büyüklüğüne göre ayrılır. Çeşitli otomatik paketleme ve tartma makinaları ile, torba, paket veya kutulara doldurulur.

Toz şeker, granüle şekerin değirmenlerde öğütülmesiyle elde edilir ancak çok higroskopik olduğu için %3 oranında mısır nişastası ile karıştırılır.

Küp veya tablet şekerler; belirli tipteki granüle şekerin beyaz ve yoğun şeker sirupuyla karıştırılarak nemli bir kütle oluşturulması sonra da kullplanarak kurutulmasıyla hazırlanır.

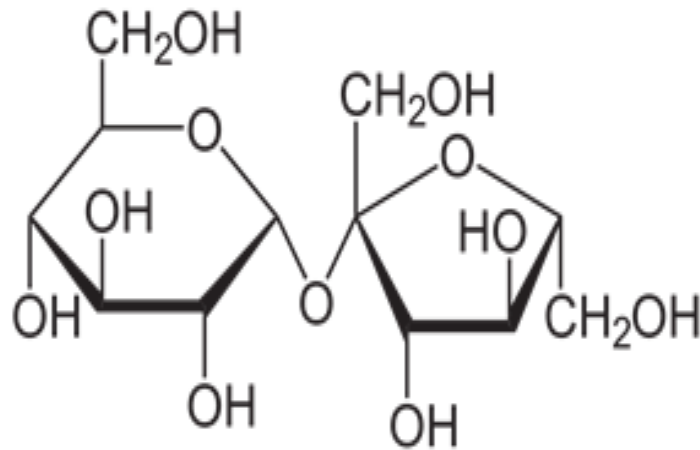
Rafine edilmiş şeker verimi; ham şekerin 96° olan polarizasyonu temel alınarak hesaplanır. Buna göre; genellikle %93-94 şeker, %5 sirup, %0,7 mekanik ve yıkama ile olan kayıplar şeklindedir.

Şekerin işlenmesi sırasında "inversiyon" da olur.



Şeker fabrikalarında invert şeker istenmez, çünkü invert şeker kristallenmez ve de sakkarozun kristallenmesini geciktirir. Bu sebeple, şeker fabrikalarında şeker gözeltileri hafif bazik tutulur ve sık sık numune alınarak polarimetre ile durumu izlenir.

Sakkaroz veya diğer adlarıyla sükroz veya çay şekeri, $C_{12}H_{22}O_{11}$ formülüyle gösterilen ve bir glikoz ve bir fruktoz molekülünün bir araya gelmesiyle meydana gelen disakkarittir. Sakkarozun sistematik adı β -D-fruktofuranozil-(2 $\rightarrow$ 1)- α -D-glukopiranozit şeklindedir. İnsan beslenmesinde çok önemli bir yere sahip olan sükroz, sadece bitkiler tarafından üretilir. Sakkarozun dünyadaki toplam yıllık üretim miktarı 150 milyon tonun üzerindedir.



IUPAC adı: β -D-fruktofuranozil-(2 $\rightarrow$ 1)- α -D-glukopiranozit

İnvert şeker; bal, reçel ve marmelatlarda kullanılır. Arı çiçeklerden topladığı sakkarozu, invertaz enzimi ile glikoz ve fruktoza parçalayarak bal yapar. İyi bal kristallenmez ancak sakkaroz oranı yüksekse (balda az miktarda sakkaroz da bulunur) kolay kristallenir. Reçel ve marmelat yapılırken, reçel limon suyu veya sitrik asit ilave edilerek invert şekere dönüştürülür. İyi reçel veya marmelat da kolay kristallenmez, ama reçelde sakkaroz kalırsa kolay kristallenir. Kristallenince katı sakkaroz ayrılır, geride kalan kısımda su oranı artar havadaki bakterilerin girmesiyle fermentasyon gelişir ve bozunma başlar.

• Şeker kamışı artıkları (bagasse)

Artıkların yaklaşık %70'i yakılarak, değirmenleri çalıştırmak için gerekli olan buhar enerjisi elde edilir. Geri kalan %30'u izolasyon malzemesi veya NaOH ile etkilendirilerek kağıt hamuru üretiminde kullanılır.

Diğer kullanım alanları; duvar panolarında, sebze ve meyvelerin bozulmasını önlemek için kullanılan ambalaj malzemelerinde, plastik delgularında, furfural, kağıt ve plastik ile güçlendirilmiş liflerdir. Ayrıca, yüksek kaliteli bir mum da ekstraksiyon ile elde edilmektedir.

4.1.3.2. Pancar şekeri

Kamış, tropik veya yarı-tropik iklimlerde yetişirken; Şeker pancarı ılıman bölgelerde yetişir. Her ikisinde de elde edilen sakkaroz miktarı, %99,9 gibi yüksek bir değerdedir.

Pancaradan şeker elde edilmesinde uygulanan işlemlerin önemlileri aşağıda verilmiştir. Üretim süreciyle ilgili akım-diagramı Şekil 4.4'de gösterilmiştir.

• üretim basamakları:

1. Pancarlar yeniden yıkanır, tartılır ve "koset" (cossette) denilen ince uzun şeritler halinde dilimlenir. Kosetler, sürekli akan zıt-akım difüzörüne boşaltılır. $70-80^{\circ}\text{C}$ 'de suyla zıt-akım ilkesine göre ekstrakte edilir. Ekstraksiyon sonu-

cunda; mavimsi-siyah renkteki ham şurup, $40-12$ oranında sakkaroz, 40 a2 miktarda invert şeker ve $40-3$ oranında kül içerir. Geride kalan pancar atığı (posa), $400,4$ ile $400,3$ arasında (pancar cinsine bağlı olarak) şeker içerir. Posa, preslenerek yeniden sulandırılır, değner kurutucuda kurutulur. (Suyu alınır) ve hayvan yemi olarak satılır.

2. Ham Şurup, yabancı maddeleri uzaklaştırmak için kabaca süzülür. Safsızlıkları götürmek için kireç sütü katılır. Bu sırada oluşan kalsiyum sakharatı parçalamak için, kireç fırınından sağlanan CO_2 gazı karbonatörden sürekli olarak geçirilir. Bu sırada 42 miktarda oluşan köpük, köpük emleyici madde ilave edilerek giderilir. Kireç katılması sonucunda oluşan çamur, koagülasyon ve döner süzgeçlerden süzülerek ortamdan alınır. Bu işlem bir kez daha tekrarlanır.

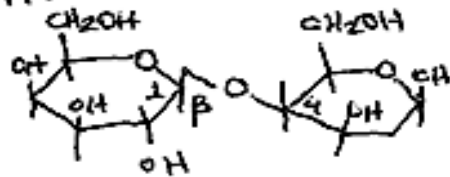
3. Ele geçen süzün-tü, SO_2 ile ağartılır. Bu sırada oluşan kalsiyum süfit CaSO_3 çökeleği basınçlı filtre ile süzülerek ayrılır.

4. Saflaştırılmış şurup; Çok Kademeli etkin evapora-törlerde, derişimini %60'a çıkarana dek buhar-laştırılır. Bu, ortamdaki kalsiyum iyonları derişimmi de artırır. Göken, kalsiyum bileşikleri süzülerek ayrılır.
5. Koyu şurup, aktifleştirilmiş karbon adsorpsiyon sistemi ile; kulelerde, zıtlakım ilkesine göre renk giderme ve saflaştırma işlemine uğratılır.
6. (5)'de elde edilen koyu şurup, vakum tavalarında granüle hale getirilir (kristallendirilir), yıkanır, sentrifüj-lenir, bir granülatörde kurutulur, elenir ve kamış şeke-rinde olduğu gibi paketlenir.

7. ilk vakum tavasından alınan şurup, daha fazla ve saf şeker kristalleri elde etmek için prosese geçirilgen-
rilir. Bir kaç kristallendirmeden sonra geride kalan şuruba "melas" adı verilir. Melas, ya hayvan yemi ola-
rak satılır, ya da atık pancar püresine ilave edilir.
Melas, yüksek azot içeriği sebebiyle fermente olabiler
ve özellikle de sitrik asit için önemli bir hammaddedir.

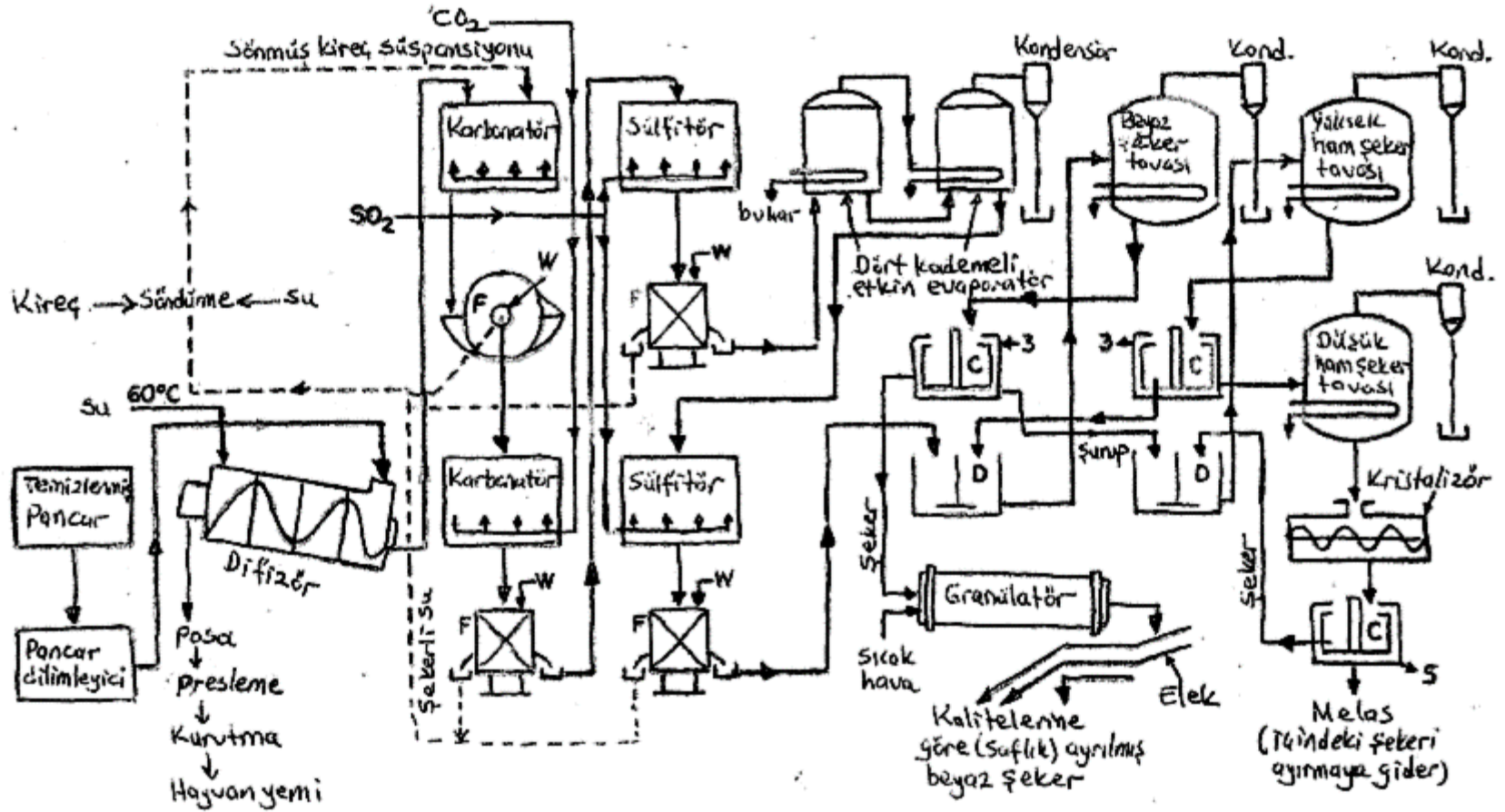
4.1.4. Geşitli Şekerler

- Laktoz veya süt şekeri : Yağı alınmış atık sütte
elde edilir.



β -D-Galaktoz β -D-glükoz (1,4-glikozit bağı (β) bileşimi.

laktoz, Sütte %2-8
oranında bulunan, katı
bir şekerdir. Latince anlamı
"süt şekeri" dir.



F: Filter (süzme) C: Santrifüjleme
W: Suyla yıkama D: Gözünüdürücüler

1 ton şeker, 400 kg malas (1/50 sıklıkla) ve 400 kg kuru posa elde etmek için:

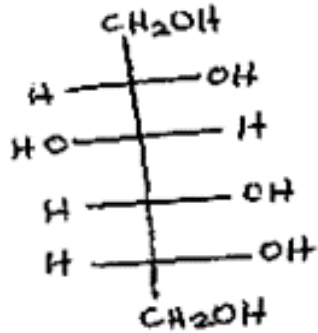
Tarım alanı : 0,2 ha
Şeker pancarı : 8 t
Kireç tozu : 0,35 t

Kömür (güç ve ısıtma) : 0,66 t
Kükürt : 0,9 kg
Su : 3,6 t

İzletme verimliliği : 2,2 insan-saat

Şekil 4.3. Pancar şekeri üretim süreci basitleştirilmiş akım-diagramı.

• Sorbitol (gulikitol) :



Mol. kütle (g mol^{-1}) : 182,17

Kapalı formülü : $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6$

Gıda katkı no : E420

($^{\circ}$) e-n : 95

k-n ($^{\circ}$) : 296

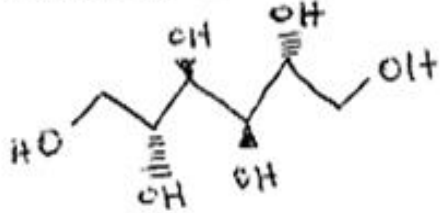
d : 0,68 (g cm^{-3})

hekzan-1,2,3,4,5,6-hekzanol
(IUPAC adı)

CAS no : [50-70-4]

Basınç altında, nikel katalizörü kullanılarak dekstrozun katalitik hidrojenasyonu veya elektrokimyasal bir hücrede çeşitli katı elektrotlar üzerinde indirgenmesiyle elde edilir. öksürük şuruplarında, diyet gıdalarda ve şekersiz sakızlarda gıda katkısı olarak kullanılır.

• Mannitol : Sorbitol türevidir. İdrar sektürücü ve damar genişletici etkisi vardır.



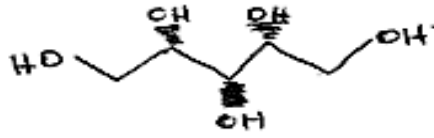
(2R,3R,4R,5R)-hekzan-
1,2,3,4,5,6-heksol

Çocuk merhemlerinde yağlayıcı olarak, diyet gıdalarda tatlandırıcı olarak kullanılır. Sakızlara katıldığı zaman, çezünme ısısı negatif

olduğundan bir ferahlık hissi (mentol etkisi) verir. Balık zehirlenmelerini önlemede etkindir. Eroin, morfin gibi uyuşturuculara iane katılarak ağrı kesici merhem olarak kullanılmaktadır.

Sakkarozun hidrojenlenmesiyle elde edilen, sorbitol-mannitol (3%) karışımında bulunur ve karışımından ayırmak zordur.

- Ksilitol (xylitol) : şeker alkolüdür ve ksilozdan indirgeme ile elde edilir. Doğal olarak

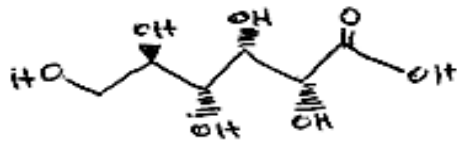


(2S,3R,4R)-pentan-
1,2,3,4,5-pentanol
CAS [87-99-0]
E 967

Çoğu sebze ve meyve türlerinde bulunur. Tatlandırıcı olarak kullanılır. Ksilitol içeren sakızların çignemesi ile orta kulak ve üst solunum yolu enfeksiyonlarının iyileştirici gözlenmiştir.

Fermente olmadığı için diş kürümesine sebep olmaz. Bu sebeple, diyabetik şekerlerde, sakızlarda ve diş macunlarında kullanılmaktadır.

- Glikonik asit : Doğal olarak meyvelerde, kambuçya



2,3,4,5,6-pentahidroksi
heksanoik asit
[526-95-4]
 $C_6H_{12}O_7$
E 574

Çayında, şarap ve bulda bulunur. Gıda katkısı ve asitlik düzeltici olarak kullanılır. Ayrıca, iyi bir temizleme aracı ve kompleksleştiricidir. Suda çözündüğü zaman, glukonat iyonu ($C_6H_{11}O_7^-$) oluşur. Glukonik asit tuzları "glukonatlar" olarak bilinir.

Glukozdan, fermentasyonla veya elektrolitik yükseltgenme reaksiyonları ile elde edilir. Kalsiyum ve demir tuzları ila4 olarak kullanılır.