

ŞEKER TEKNOLOJİSİ

M. Miraç YAŐAR
Gıda Mühendisi

QKZ
2003

Şeker sanayinin tarım ve ekonomi üzerine etkileri:

Şeker senayi neden olduğu şeker pancarı tarımı nedeniyle:

- -Tarımda münavebe (nöbetleşe ekim) olanağını artırır.
- -Tarımı yoğun emek gerektiren bir bitki olması nedeniyle tarımda iş sahası yaratır.
- -Tarımda makinalaşmayı, sulama tesisleri kurulmasını ve diğer teknik gelişmeleri özendirir.
- -Çiğçinin örgütlenmeyi ve işbirliği yapmayı öğrenmesine yardım eder.
- -Tahıl ve benzerine oranla birim olandan daha fazla değer yaratılmasını sağlar.
- -Şeker pancarının artığı olan posa ve melas sayesinde hayvancılık gelişir. Ayrıca melas kullanılarak yan sektörlerin gelişmesine katkısı olur. (alkol üretimi vs)

Şeker Pancarının Anatomisi

Beta Vulgaris Saccharifera (şeker pancarı) bitkisinin en önemli özelliği 2 yıllık olmasıdır. 1. yılda kök kısmında besin maddeleri toplanır. 2 yılda çiçek ve tohumlar oluşur. Çok fazla soğuk veya sıcak olmayan bölgelerde yıllık yağış miktarının 600 mm olduğu yerlerde yetiştirilir. Şeker pancarının su ihtiyacı oldukça fazla olup 1g şeker için 250-300 g suya ihtiyac duyar. Bu bakımdan ülkemizde 1-7 defa sulanır. Yetiştirme koşullarına ve çeşidine bağlı olarak ağırlığı 200-2000 g arasında değişir.

Şeker pancarının kimyasal bileşimi:

Bileşen	Taze Pancarda%	KM de miktar%
Su	76.5	-
Toplam KM	23.5	100
Sakkaroz	16.5	70.2
Pektin	2.5	10.7
Selüloz	1.2	5.1
Azotlu maddeler	1.1	4.6
Madensel maddeler	1.7	7.2
Lipidler	0.1	0.4
Diğerleri	0.4	1.8

Sakkaroz: Özellikle şekerin kristalizasyonu sırasında sakkaroz kolaylıkla kristalize olur. Ortamdaki mineral maddeler (Na,K) sakkarozun kristalizasyonunu güçleştirir. Sakkarozun sudaki çözünürlüğü sıcaklıkla doğru orantılıdır.

<u>°C</u>	<u>Çözünürlük</u>
0	64,2
50	72,3
100	62,9

Şekerin renk değişimine etkili faktörler:

1. Karamelizasyon
2. Maillard reaksiyonu
3. Polifenollerin demirle birleşmesi.

Invert şeker: ortamda % 0,1 oranında bulunabilir. Özellikle hasat edilen pancarlar dona maruz kalırsa invert şeker miktarında artış meydana gelir. Eğer pancar hasat edilmediyse toprak üstünde kalan ve toprak üstüne yakın kısımlarda invert şeker miktarı fazladır.

2 nedenden dolayı istenmez;

1. Maillard reak.(renk değişimi)
2. Kristallenmeyi güçleştirir.

- İnversiyon sıcaklıkla doğru, pH ile ters orantılıdır. Asidik ortamda meydana gelir. Şeker üretimde ortama kirec ilave edilir ve pH arttırılır, Sakkaroz kendine 4 tane su bağlayarak hidrat formuna gelebilir.

- İntvert şekerler diğer şekerlerle karşılaştırıldığında hidroskobik özellikleri azdır.

Rafinoz: (Trissakarit: glikoz-fruktoz-galaktoz)

Normal pancarda %0,3-0,5 arasında bulunur, uygunsuz depolama şartlarında ve dona maruz kalması sonucunda bu miktar artar. Doğrudan doğruya melasta kaldığı için şeker kaybına yol açar.

Azotlu maddeler: (%1,1 civarı) Bu maddeler şekerin işlenmesini güçleştirir. Bu bakımdan miktarının düşük olması arzu edilir.

Pektik maddeler: Hücre duvarı ve hücreler arasında bulunan, olgunlaşmaya bağlı olarak bileşimi değişen bu maddeler şeker üretimi sırasında sıcaklığın gerekenden fazla olması durumunda problem oluştururlar.

Glikozidler: Şeker pancarında % 0,14 civarında bulunan en önemli glikozid saponindir. Bu maddenin 1/3 ü serbete geçer ve işlem sırasında şerbetin köpürmesine neden olur. Bu bakımdan işlemeyi zorlaştıran maddeler arasında yer alır.

Madensel maddeler: (kül) CL, P, Ca, Si oksit formunda bulduklarında şekerin kristallenmesini olumsuz yönde etkilerler.

Pancarda ve şekerde saflık katsayısı

Şeker miktarının çözünür kuru maddeye oranına, diğer bir ifadeyle km'de bulunan % şeker miktarına saflık katsayısı denir.

$$sk \text{ (saflık katsayısı)} = \frac{\text{şeker}}{\text{km}} \times 100$$

Ham serbette %88 civarında olan sk şekerde 99,9'a çıkar

Pancarın şekere işlenmesi aşamaları

1. Hasat ve fabrikaya nakil
2. Yıkama, tartım, kıyım
3. Ham şerbet eldesi
4. Şerbetin temizlenmesi
5. İnce şerbetin koyalaştırılması
6. Lapaya işleme
7. Kristalizasyon
8. Ham şeker eldesi
9. Ham şekerin artırılması

1. Pancarların hasat edilmesi ve fabrikaya taşınması:

Pancarların olgunlaşması demek, pancarda birim zamanda üretilen şeker ile tüketilen şeker miktarının eşitlenmesi demektir. Pancarın olgunlaşması çeşide ve ekolojik şartlara bağlı olarak

değişir. Türkiyede pancarlar Eylül-ekim aylarında hasat edilir. Fakat fabrikanın işleme kapasitesi belirli olduğu için pancarların aynı anda işlenmesi mümkün olmadığından erken sökülme geç sökülme yaptırılması zorundadır. Bu şekilde pancarın işlenmesi Ağustos ve Aralık ayları arasında gerçekleştirilir. Tarlada sökülen pancarların baş, boyun ve kuyruk kısımları kesilerek fabrikaya sevk edilir. Birkaç günü geçmemek kaydıyla tarla kenarında bekletilebilir. Bu bekletme eğer uzun sürerse solunum devam ettiği için şeker kaybı artar. Erken hasat edilen pancarlarda solunum olgun olan pancarlardan daha fazladır. Pancarlar silolanacak ise 1-2 tonu geçmeyecek kitleler halinde yığılmalı ve yığınların doğrultusu rüzgarın yönü gözönüne alınarak yapılmalıdır. Eğer don ihtimali varsa yığınlar örtülebilir. Pancarın depolanmasını etkileyen faktörler sıralandığında:

1. Olgunluk derecesi
2. Pancarın fiziksel durumu (zarar görmesi, zedelenmesi)
3. Hastalıklı ve çürük olması
4. Donmaya maruz kalıp kalmaması durumu
5. Depolama sıcaklığı
6. Havalandırma durumu

2.Yıkama, tartma ve kıyma

Pancarların yıkanması fabrikanın en alt katında bulunan yıkama teknelerinde gerçekleştirilir. Yıkama esnasında km kaybını minimum düzeyde tutmak için su sıcaklığı 15⁰C nin üzerine çıkmamalıdır. Pancarların yıkanmasında kullanılan su miktarı işlenen pancarın yaklaşık 10 katıdır. Bu yüzden kullanılan su havuzlarda dinlendirilerek ve kirec, klor ilave edilerek tekrar yıkama suyu olarak kullanılır. Yıkanmış pancarlar elevatörlerle fabrikanın en üst katına taşınır. Daha sonra tartım işleminden sonra doğrudan doğruya kıyma makinasının içine düşerler. Pancarlar bu makinada 5-10 cm uzunluğundda 3-5 mm genişliğinde ve 1-2 mm kalınlığında parçacıklar halinde kesilir.

Silin sayısı; 100g pancar kıyılarak uc uca getirildiğinde oluşan uzunluk.(20*25m olmalıdır)

Silin sayısının gerektiği kadar olmaması difüzyonun oturmasına sebep olur.

Pancarların kıyılması esnasında kullanılan bıçaklar çok keskin olmalıdır.

3.Ham şerbetin elde edilmesi

Ham şerbet ters akım prensibine göre çalışan değişik tipteki difüzörler kullanılarak elde edilir. Difüzyon esnasında kullanılan suyun sıcaklığı 70-80°C civarındadır. Bu sıcaklık kofulların etrafında bulunan protoplazmanın denatüre olmasını ve difüzyonun hızının artmasını sağlar. Sıcaklığın gereğinden fazla yükseltilmesi hücre zarının geçirirliğini azaltır ve zaman zaman difüzyonun durmasına (difüzyon oturması) neden olur. Diğer bir önemli faktör de ortamın pH 'sıdır. Asidik ve bazik ortamlar parçalanmayı arttırdığı için arzu edilmez. En uygun pH 5-6 civarındadır. Difüzyon ile pancardan çıkarılan şeker miktarı 3 faktöre bağlıdır;

1. Sıcaklık derecesi (73-75°C civarında su kullanılır)
2. Difüzyon süresi (kesikli sistem 60-70 dak, sürekli 45-55 dak)
3. Alınan şerbet miktarı (110-130 lt) (çekiş miktarı)

Küspenin şeker içeriği % 0,2-0,5 arasında olmalıdır. Bu değer üstüdeyse difüzyon işlemi gereği gibi yapılmamıştır.

Difüzörler ve çalışmaları;

Olier difüzörü: 6 boru 5 dirsek vardır. En üstten pancar kıyması sisteme girer. Pancar kıyması aşağı inerken su tersine doğru gelir. Ters akım prensibine göre çalışır. Şeker içeriği düştüğünde pancar küspe çıkışından sistemi terk eder. Boru çapı 1,25-1,45 m. Uzunluk 64-95m'dir sıcaklık kaybı azdır, enerji sarfıyatı azdır, çekiş miktarı fazla, SK yüksektir.

Kule tipi difüzörler: Ters akım prensibine göre çalışır. İç içe iki helezon kule şeklinde bir tankın içindedir. Yukardan sisteme haslanmış şekerli küspe girer. İç helezondan suyla temas etmeden aşağı iner, sıcaklık artar. En üstten daha sonra su girer. İçteki helezon aşağı doğru getirirken, dıştaki helezon pancarı yukarı doğru getirir. En altta ızgaranın altındaki bir vanadan şerbet çekilir. Üst taraftan sıkılmış küspe alınır ve bundan suyu çeken ek bir helezon vardır.

RT difüzörü: Kule tipi difüzörün kapasitesi çapına ve yüksekliğine göre değişir. 600 ton kapasiteliyse yüksekliği 17,3m çapı 2,65m olur. Bütün difüzörlerde su ve pancar difüzörlere zıt yönden girip zıt yönden çıkarlar.

4. Ham şerbetin temizlenmesi (ince şerbet eldesi)

Elde edilen ham şerbetin sıcaklığı 70-80°C'dir.

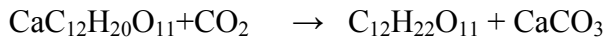
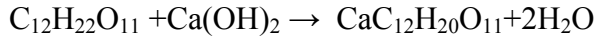
Bu işlem 2 aşamada yapılır;

1. Kireçle muamele (CaO)

2. CO₂ gazı verilerek kirecin CaCO₃ şeklinde çökertilmesi ve bunun sonucunda süzme işlemi yapılarak temizleme yapılması

A) Kireçleme işlemi: Bu işlem ile şerbetin pH'sı kademeli olarak önce 10 sonra 12,5'a çıkarılır. Bu işlemin yapılmasıyla şu olaylar gerçekleşir;

1. Fosforik asit, oksalik asit, sitrik asit gibi asitlerin suda az çözünen Ca tuzları oluşur.
2. Fe ve Mg metal hidroksitlerine dönüşür.
3. Proteinler kuagüle olur ve parçalanır.
4. İnvert şeker parçalanarak ortamdan uzaklaştırılır.
5. Pektik maddeler parçalanır.
6. pH yükseldiğinden dolayı mo, yükü azalır.

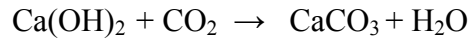


Kireçleme işlemi 2 aşamada gerçekleşir;

1. Pancar ağırlığının % 0,05'i kadar CaO ilave edilir. Biraz beklenir %0,25 daha ilave edilerek pH 10,9'a çıkarılır. Bu sırada serbet 70-80°C ye kadar ısıtılır, ve ortamda pıhtı meydana gelir.

2. Kireçlemede pH 12,5'e çıkarılır. Toplam ilave edilen kireç miktarı % 2-3 arasındadır. Bu işlem üstü açık karıştırma tertibatı bulunan malaksör adı verilen sacdan yapılmış kazanlarda olur.

B) Saturasyon işlemi: pH'sı yükseltilmiş olan ham şerbete CO₂ gazı verilir. Bu olayda 2 tepkime meydana gelir;



Bu tepkimeler sonucunda şerbette bulunan fazla kireç aşamalı olarak azaltılır. Oluşan CaCO₃ yüzey alanı çok fazla olduğundan diğer safsızlıkları da adsorbilayarak çöker. Bu işlem sonucunda şerbet durulur, rengi açılır, saydam bir görünümünden filtre edilebilecek duruma getirilir. Saturasyon işlemi 2 ve ya 3 aşamada gerçekleştirilir. Önemli olan bu işlem sonucunda

ortamda bulunan kirecin 100 ppm düzeyine inmesidir. Satürasyon işlemi sonunda kurumadde içeriği 13,5-14 brix, saflık katsayısı da % 93'e yükseltilmiş olur. Satürasyonun hangi aşamada olduğu titrasyonla (H₂SO₄) veya indikatör kağıdı (timol fitalein) ile kontrol edilir. Bu şekilde CO₂'in fazla verilip verilmediği tespit edilir.

Filtrasyon (süzme): 1 ve 2 satürasyon işleminden sonra şerbetten kireçleme çamurunun ayrılması basınç altında plakalı filtreler kullanılarak yapılır. Çamurun içerisindeki şeker içeriğinin düşürülmesi filtreye ters yönden verilen buhar suyu ile gerçekleştirilir. 2. Satürasyondan sonra kireç çamuru yıkanmaz. Kireç çamuru yaklaşık olarak şeker pancarının% 7-9'u kadar elde edilir. Bilesiminde % 65 CaCO₃, % 30 Ca tuzları, %1-3 şeker % 1-2 fosfat vardır.

5. İnce şerbetin koyulaştırılması

%12,5-13 şeker içeren, SK:% 93 olan ince şerbetin KM oranının % 65'e çıkarılması sakkarozun kristalize olabilmesi için gereklidir. Bu işlem 2 kademeli olarak gerçekleştirilir. Şurubun su içeriği % 8-9'a kadar indirilir. 1. aşamaya koyulaştırma 2 aşamaya lapaya işleme adı verilir. Suyun uçurulması işlemi 4 etkili evaporatörlerle gerçekleştirilir. Kazanların sıcaklık dereceleri ve basınçları şöyledir:

°C	Atü	Brix
126	1,44	35
117	0,84	45
105	0,23	55
90	0,15	65

Bu işlem esnasında su buharlaşırken sakkarozun parçalanması, rengin esmerleşmesi, taş oluşumu, alkaliğin değişmesi gözlenir. Oluşan taşlar CaCO₃, Ca –biokarbonat, Ca-sulfat'tır. Tıkanıklık ve ısı iletimi zayıflığına yol açarlar. Şurubun lapaya işlenmesinde doymuş hale gelen şeker çözeltisi , (lapa) hem kristal hem de çözünmüş halde şeker içeren koyu ve esmer renkli yapışkan bir karışımdır. Çözelti doymuşluk noktasına ulaştıktan sonra kristallenme oluşmaya başlar. İlk oluşan kristaller çok küçüktür.. Oluşan kristallerin büyüklüğü ve miktarı pişirme tekniği ile kontrol edilir. Kazanın sıcaklığı ve kazana su çekilmesi ile bu işlem kontrol edilir.

Pişirme işlemi lapanın km içeriği %92-95 oluncaya kadar yapılır ve lapa içerisindeki şekerin yaklaşık % 50'si kristal kalıntı, diğer %50'si sıcaklık yüksek olduğu için sıvı haldedir. Lapa bir alt katta bulunan kristalizatör adı verilen çeperleri izolasyonlu, karıştırma tertibatı bulunan makineye gönderilir. Bu arada oluşan kristallerin düzeni viskozite kontrol edilerek ayarlanır.

6.Ham şeker elde edilmesi (Santrifüjleme)

Kristalizasyonunu tamamlamış 40-45 °C deki lapa 800-1000 dev/dak hızla çalışan santrifüjlerde kristal şeker ve şuruba ayrılır. Bu ayrılan şuruba, artık şurup veya yeşil şurup adı verilir. İlk elde edilen şeker I ham şeker bundan sonra elde edilen şekerlere sırasıyla II ve III ham şeker denir.

Ham şeker %96 oranında şeker %1-2 oranında su, %1 kül ve %2 diğer maddeleri içerir. Rengi sarımsak olup kristal büyüklüğü 2-4 cm arasındadır. Şekerin nötr pH'da olması mikroorganizma, etkinliğini arttırdığından ve şekerin inversiyona uğramasına neden olduğundan pH bazik tarafta tutulur.

<u>Ürün</u>	<u>100kg pancardan elde edilen miktar (kg)</u>	<u>Şeker içeriği %</u>	<u>Saf Şeker miktarı(kg)</u>
I. Ham şeker	14,3	96	13,73
II. ve III ham şeker	1,4	92	1,29
Melas	2,2	60	<u>1,32</u>
toplam			16,34
küspe ve çamur kayıpları			<u>0,66</u>
toplam			17,00

MELAS

Şeker fabrikalarının en önemli artık maddesidir. Kahverengi renkte olan ve viskozitesi yüksek olan bu sıvının km içeriği % 80 civarındadır. Bunun % 60'ı şeker, % 20'si organik maddeler ve tuzlardır. Bileşiminde sakkaroz, invert şeker, rafinoz, pektinin parçalanma ürünleri, laktik asit ve azotlu maddeler yer alır. Melas ispiro ve ekmek mayası üretminide ve doğrudan doğruya hayvan yemi olarak kullanılır.

7 Ham şekerin artırılması:

Ham şeker hoşla gitmeyen tat ve kokuya sahip sarı renkte ve yapışkan karakterlidir. Bu bakımdan kullanılabilmesi için artırılması gerekir. Bu işlem affinasyon ve rafinasyon olmak üzere 2 aşamadır. Affinasyon işleminde ham şeker, arı artık surup veya saf su ile yıkanır. Rafinasyon işleminde ham şeker arı su ile çözündürülüp, temizlenir. Yeniden kristalize edilmek üzere lapaya işlenir. Normalde şekerler de affinasyonda şekerlerin saflık derecesi 99,7, rafinasyon sonucunda 99,9' dur. Elde edilen affinat şekerin kristallerinin birbirine yapışmasını önlemek için sıcak hava akımı ile karıştırılarak kurutulurlar.

Şeker kamışından şeker eldesi

Şeker kamışı buğdaygiller familyasındadır. Boyu, çeşide ve yetiştirme şartlarına bağlı olarak değişir. Tropikal bir bitkidir. 1g km oluşturmak için 150 g suya ihtiyaç duyarlar. Çelikten yetiştirilen şeker kamışı dikimi her 4-6 yılda bir yenilenir. Olgunlaşma süresi 7-14 ay arasında değişir. Ortalama şeker içeriği % 13-14 civarındadır. Toprakta yukarıya doğru çıktığında kamıştaki şeker içeriği azalır.

- Şeker kamışının şeker işlenmesi:

Şerbetin çıkarılması valsli değirmenlerde gerçekleştirilir. Bu yöntemle kamıştaki şekerin %93-97,5'i alınır. 100 kg kamıştan 90-105 kg şerbet alınır. Şerbetin km içeriği %12-15, sk; %80-86 civarındadır. Diğer işlemler şeker pancarında olduğu gibidir. İlave edilen kirec miktarı ve çözeltinin pH'sı çökmelin optimum düzeyde olacağı şekilde ayarlanır.