

KADEMESİZ ÇAPRAZ AKIMLA ÇALIŞAN BİR DİFÜZÖRDE ŞEKER PANCARINDAN ŞEKER EKSTRAKSİYONU

(DOKTORA TEZİ)

Yük. Müh. Ali ALTINER

Tezin Fakülteye Verildiği Tarih: 25.11.1982
Tezin Savunulduğu Tarih : 9.6.1983

Doktorayı Yöneten: Prof. Dr. A. İhsan Çataltaş
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Halidun Civelekoğlu
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Enis Kadioğlu

İTÜ Kimya-Metalurji Fakültesi Ofset Atölyesi
İstanbul
1983

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

2172

İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

ÖZET	III
SUMMARY	VI
SEMBOLLER	XII
BÖLÜM - 1 : GİRİŞ VE AMAÇ	1
1.1- Çalışmanın Amacı	1
1.2- Şeker Teknolojisinde Ekstraksiyon Uygulamasının Tarihsel Gelişimi	1
1.3- Şeker Hammaddesi Olarak Şeker Pancarı	2
1.3.1- Morfolojik ve Anatomik Yapısı	3
1.3.2- Kimyasal Bileşimi	4
1.4- Şeker Pancarından Şekerin Ekstraksiyonu	6
1.4.1- Pancar Hücrelerinin Açılması	7
1.4.2- Ekstraksiyon Mekanizması	8
1.4.3- Difüzyon ve Difüzyon Hızına Etken Değişkenler	9
1.4.3.1- Kısıym Boyutlarının Etkisi	10
1.4.3.2- Sıcaklığın Etkisi	12
1.4.3.3- Şerbet Çekişinin Etkisi	15
1.4.3.4- Difüzyon Süresinin Etkisi	15
1.4.3.5- Diğer Değişkenler	16
1.5- Şeker Teknolojisinde Difüzyon Uygulaması : Difüzörler	17
1.5.1- Çapraz Akımla Çalışan Difüzörler	23
BÖLÜM - 2 : GÜLBARAN EKSTRAKSİYON SİSTEMİ	24
2.1- Gülbaran Ekstraksiyon Yöntemi ve Üstünlükleri	24
2.2- Gülbaran Ekstraktör-Difüzörü	26
2.2.1- Deneysel Çalışma Düzeni	28
2.2.2- Pilot-Plant Gülbaran Difüzörü	28
2.2.3- Difüzyon Besleme Suyu ve Çeket Dolaşım Suyu Tankları	33

2.2.4- Gülbaran Pilot-Plant Difüzörünün Diğer Yardımcı Aletleri	34
2.2.5- Pilot-Plant Pancar Doğrayıcı	35
2.2.6- Kolon Tipi Deney Difüzörü ve Çalışma Düzeni	37
2.3- Gülbaran Ekstraksiyon Yöntemi ve Difüzörü İçin Matematik Modeller	38
BÖLÜM - 3 : DENEMELER	41
3.1- Amaç	41
3.2- Denemelerin Sınıflandırılması	42
3.3- Pancar, Küspe, Difüzyon Şerbeti ve Difüzyon Besleme Suyunda Yapılan Fiziksel ve Kimyasal Tayin Yöntemleri	43
3.4- Pilot-Plant Gülbaran Difüzöründe Yapılan Denemeler	45
3.4.1- Ön Haşlamasız Denemeler	45
3.4.2- Ön Haşlamalı Denemeler	53
3.4.2.1- Kesikli Denemeler	53
3.4.2.2- Sürekli Denemeler	61
3.5- Kolon Tipi Difüzörde Yapılan Denemeler	65
3.5.1- Yatak Yüksekliği Parametre Alınarak Yapılan Denemeler	65
3.5.2- Difüzyon Süresi Parametre Alınarak Yapılan Denemeler	76
3.5.3- Kıyım Kalınlığı Parametre Alınarak Yapılan Denemeler	78
BÖLÜM - 4 : GENEL SONUÇLAR	81
4.1- En İyi Çalışma Koşulları	81
4.2- Difüzörün Matematik Modeli	82
4.3- Pilot Difüzörün Kapasitesi	86
4.4- Gülbaran Difüzyon Sisteminin Kütle Dengesi	87
4.5- Diğer Difüzyon Sistemleri ile Karşılaştırma	89
REFERANSLAR	91
TEŞEKKÜR	96
ÖZGEÇMİŞ	97

Ö Z E T

Bir şeker fabrikasında yapılan işlem, gelişme sürecinde sakaroz depolayan bitkilerden sakarozun saf olarak elde edilmesi olup, şeker pancarının işlenmesinde ana hedef, kusursuz kalitede beyaz şeker elde etmektir. % 10-22 arasında sakaroz içeren şeker pancarları, V kesitli kıyımlar halinde kesilerek hücreyi saran protoplâzmanın, şeker için geçirgen hâle gelmesi amacıyla, sıcak şerbetle haşlanırlar. Haşlanmış kıyımlar ters akım prensibi ile çalışan cihazlarda sıcak su kullanılarak, ekstraksiyona tâbi tutulurlar. Sakaroz, bu işlemde sulu şerbet halinde kazanılır. Burada, ekstraksiyon işlemi difüzyon kontrollü olduğundan, bu cihazlara difüzör adı verilmektedir.

Bu çalışma, şeker teknolojisinde halen uygulanmakta olan ekstraksiyon yöntemlerinden farklı bir yöntem ve kullanılmakta olan ekstraktörlerden farklı bir ekstraktör kullanılarak, şeker pancarından şekerin daha iyi koşullarla elde edilmesi amacıyla yapılmıştır.

Günümüzün şeker teknolojisinde kullanılan difüzörlerin tümü, esas olarak, ters akım prensibi ile çalışmaktadırlar. Denemelerimizde kullandığımız Gülbaran Ekstraktör-Difüzörü ise, çapraz akım prensibi ile çalışır. Taşıyıcı sonsuz bir bant üzerinde, belirli yükseklikte pancar kıyımları, bantla birlikte hareket halinde iken üzerine damlalar halinde su beslenerek, difüzyonun oluşması sağlanır ve difüzyon şerbeti, bantın altından alınır. Böylece, kıyım ve suyun hareket doğrultuları biri birine dik olduğundan, çapraz akım prensibi tam olarak uygulanmış olur.

Pancar kıyımlarından şekerin difüzyonu prosesinde, dört bağımsız değişken vardır. Bunlar, 1- Ortalama difüzyon sıcaklığı, 2- Kıyım boyutları, 3- Difüzyon süresi ve 4- Şerbet çekişi'dir. Ekstrakte edilen kıyımda (küspede) kalan şeker dolayısıyla olan kaybın, dolaylı etkili ve taze kıyımların şeker içeriğinin ise, etkisiz değişkenler olduğu bilinmektedir. Kıyımların, kıyım yatağı içinde hareketsiz oldukları bantlı ekstraktörlerde, " pancar kıyımı yatak yüksekliği" de bağımsız bir değişken olarak ortaya çıkmaktadır. Denemelerimizde, ortalama difüzyon sıcaklığı 70-73°C ve şerbet çekişi % 125 alınarak, sabit kabul edilmiştir. Böylece, diğer üç bağımsız değişkenin, difüzyonla % şeker kaybına etkisi araştırılmıştır.

Denemeler, pilot-plant Gülbaran difüzörü ve kolon tipi difüzörde gerçekleştirilmiştir. Pilot tesiste yapılan I. grup denemelerde, ön haşlamasız yöntemin Gülbaran difüzörü için uygun olmadığı bulunmuştur. Ön haşlamalı ve kesikli olarak yapılan II. grup denemelerde, kıyım boyutları sabit, kıyım yatağı yüksekliği parametre alınarak, difüzyon süresinin difüzyonda % şeker kaybına olan etkisi araştırılmıştır. Bu grup denemelerin sonucu olarak, en iyi difüzyon süresi 80 dakika bulunmuş, ancak yatak yüksekliğinin 15 cm'den 20 cm'ye çıkarılmasıyla, difüzyonda % şeker kayıplarının azaldığı görülmüştür. III. grup denemeler, sürekli çapraz akım yöntemi ile yapılmıştır. Bu denemelerden elde olunan sonuçlarla, II. grup denemelerin sonuçlarının uyum halinde olduğu, çizilen difüzyon eğrileri ile gösterilmiştir.

Kolon tipi difüzördeki denemeler, üç grupta toplanabilir. I. grupta, kıyım boyutları sabit, yatak yüksekliği parametre alınarak, difüzyon süresinin difüzyonda % şeker kaybına olan etkisi araştırılmıştır. II. grupta, yine kıyım boyutları sabit, difüzyon süresi parametre alınarak, yatak yüksekliğinin % şeker kaybına etkisi bulunmuştur. III. grupta ise, yatak yüksekliği sabit, kıyım kalınlığı parametre alınarak, difüzyon süresinin, % şeker kaybına etkisi incelenmiştir.

Denemelerin sonuçlarından, Gülbaran difüzörünün en iyi çalışma koşulları : 1- Ortalama difüzyon sıcaklığı, 70-73°C 2- Şerbet çekişi % 125 ; 3- Kıyım kalınlığı, 1-1,1 mm ; 4- Difüzyon süresi, 65 dakika ve 5- Kıyım yatağı yüksekliği, 70 cm, olarak elde edilmiştir. Bu koşullarda, küspe ile % 5,4 şeker kaybı olduğu bulunmuştur.

Yapılan denemelerin sonuçlarından yararlanılarak, sabit sıcaklık ve şerbet çekişi için, difüzyon süresi (t), yatak yüksekliği (H) ve silindir şekilli olarak kabul edildiğinde kıyımların yarıçapı (R) ile, difüzyonda % şeker kaybı (X_m) arasında bir ampirik bağıntı elde edilmiştir.

$$X_m = 1280(t^{-0,854}) [1 - 1,645 \times 10^{-2}(H) + 1,152 \times 10^{-4}(H^2)] \times [1 - 2,12(R) + 1,65(R^2)]$$

Bu eşitlikte, $t=45-80$ dakika, $H=15-85$ cm ve $R=0,59-1,17$ mm olarak alınmalıdır. Eşitliğin kullanılabilmesi için, ortalama difüzyon sıcaklığı $T=70-73^{\circ}\text{C}$ ve şerbet çekişi $D=1,25$ veya % 125 olmalıdır.

Yapılan hesaplamalar sonucu, pilot difüzörün pancar işleme kapasitesi, 20 cm yatak yüksekliği için 450 kg/gün ve 70 cm yatak yüksekliği için 1575 kg/gün olarak bulunmuştur. Ön haşlama-Difüzyon-Pres sistemi ile çalışıldığında, şekerin % 25'inin ön haşlama işleminde alındığı ve yaş küspenin %50 oranında preslenerek, pres suyunun difüzöre geri verildiği kabul edilerek, pancardaki şekerin % 98 oranında alınabildiği hesaplanmıştır.

Gülbaran difüzyon sisteminin, DeSmet difüzörü ile bir kıyaslaması yapılarak, üstünlükleri ve sakıncalı yönleri belirtilmiştir. Ayrıca, şeker sanayiinde kullanılan diğer difüzörler arasındaki yeri belirtilerek, basit yapıda olması, düşük enerji gereksinimi ve daha yüksek aralıkta şerbet elde edilebilmesi gibi üstünlükleri olduğu da bildirilmiştir.

S U M M A R Y

The main purpose of the operation of a sugar plant is production of pure sucrose from the plants that are stored during their growth. The main aim of sugar beet processing is the production of best quality white sugar. The beets, containing 10 to 22 % sucrose, are sliced into long narrow strips called cossettes and are scalded by hot diffusion juice in order to make the cell wall permeable for sucrose. Scalded cossettes are extracted with hot water in the extraction apparatus by using the counter-current principle. In this operation, sucrose is obtained as the sugar solution called raw juice or diffusion juice. The apparatuses used in this process are called diffusers, because the extraction is controlled by diffusion.

This study was carried out to recover sugar from sugar beets at higher yields. In order to achieve this a new method and diffuser is developed which has different features from the conventional systems.

Almost all of the diffusers used in the sugar industry are operated by counter-current flow, because the most efficient sugar extraction can be achieved by this contacting systems. In practice, there are only a few diffusers that are designed for continuous counter-current extraction. The difficulty in continuous extractor design is the resistance of the water flow through the cossettes which move in the opposite direction. Gülbaran diffuser used in this study operates using the cross-current principle. A fixed of defined height cossettes while on an endless carrier belt, are washed with fresh hot water sprayed from the upper surface. This ensures the diffusional process to operate. The extracted juice is withdrawn from the bottom of the carrier belt. In this way, the cross-current principle is justified, since the movement of the cossettes and water are vertical to each other. The reasons for the spraying of the water are as follows:

- 1- To produce a concentrated juice using a small amount of water,

- 2- To ensure the slow movement of water through the cossettes so that a greater amount of sugar may be extracted,
- 3- To permit the best distribution of water across the bed.

There are four independent variables controlling the diffusion of the sugar from sugar beets. These are :

- 1- The mean temperature at which extraction takes place,
- 2- The size of cossettes,
- 3- The time of diffusion of the sugar solution from solid to solvent, and
- 4- The juice draft which is defined as the ratio of the weight of the diffused juice drawn from the diffuser to the weight of the cossettes introduced.

It is known that the % losses of sugar originally in the solution contained in the solid are indirectly effective and the average sugar contents of the fresh beet cossettes are, however, ineffective variables. In the belt type diffusers, after the formation of the cossettes layer, the cossettes undergo no further movement, and the height of the layer then, arises as an independent variable.

In our experiments, the mean temperature of the diffusion and the juice draft are 70-73°C and 125 % respectively and constant at these values. Consequently, the effects of the other independent variables to % losses of sugar in diffusion are studied.

The beets were sliced as strips by the pilot-slicer and the experiments were carried out on the pilot-plant Gülbaran diffuser and the column type diffuser. In the first group of experiments carried out on the pilot-plant, extraction without scalding was found to be inapplicable for Gülbaran diffuser. In the second group of experiments, carried out with scalding, the effects of the diffusion time to % losses of sugar in diffusion are studied, taking into account that the size of cossettes is constant and the blanket thickness of the cossettes is a parameter. The optimum diffusion time, as the results of experiments carried out in this group, was found to be 80 minutes. In addition, when the cossettes layer thickness was increased from 15 to 20 cm,

a decrease in the % losses of sugar in diffusion was observed. The third group of experiments were carried out by continuous cross-current principle. By means of drawing the diffusion curves, it is shown that the results of these experiments are in agreement with the results of the second group of experiments.

The experiments carried out at the column type diffuser may be classified into three groups. In the first group, the effects of the diffusion time to % losses of sugar in diffusion are studied for a constant cossettes size and the blanket thickness of the cossettes is a parameter. In the second group, the effects of the cossettes layer thickness to % losses of sugar in diffusion are searched for constant cossettes size and the diffusion time is taken as a parameter. In the third group, the effects of the diffusion time to % losses of sugar in diffusion are studied taking that the cossettes layer thickness is constant and the size of the cossettes is a parameter.

According to the results of experiments, the optimum operation conditions are determined for Gülbaran diffuser, as follows :

- 1- The mean temperature of diffusion : 70-73°C
- 2- Juice draft : 125 %
- 3- The cossettes thickness : 1 - 1,1 mm
- 4- Diffusion time : 65 minutes and,
- 5- The cossettes layer thickness : 70 cm

Under these conditions, the % loss of sugar in diffusion has been obtained as 5,4 % .

It has been shown that the equation given for a diffuser cell by using cross-current principle by Schliephake and Wolf, does not give adequate results to represent the Gülbaran diffuser. On the other hand, the equation proposed by Marignetti and co-workers which is reported to be applicable for all types of diffusers, may give adequate results for our system, only in very short intervals and under definite conditions.

The optimum thickness of the cossettes layer is 70 cm. The empirical equation obtained for the results of the experiments for this layer thickness was obtained by using the least squares method, and its correlation factor was calculated as $r = -0,97$.

$$X_m = 203x(t)^{-0,854}$$

In this equation, the diffusion time (t) is used as minutes in order to obtain the % loss of sugar in diffusion (X_m).

The optimum diffusion time (t) is 65 minutes. The empirical equation of $X - H$ curve according to the results of the means of fitting a least square parabola, and its correlation factor was calculated as $r = 0,99$.

$$X_m = 13,98 - 0,23(H) + 1,61 \times 10^{-3}(H^2)$$

In this equation, the cossettes layer thickness (H), is taken as cm.

It is assumed that the cossettes used in this study are in cylindrical form, in spite of being in strip form, and call R their radii. $X - R$ relationship for $H = 85$ cm and $t = 65$ minutes, was obtained by means of fitting a least square parabola, and its correlation factor was calculated as $r = 0,96$.

$$X_m = 16,20 - 34,4(R) + 26,7(R^2)$$

In this equation, the radii of the cylindrical cossettes (R) are given in mm.

The three equations obtained above may be expressed as a single equation $X_m = f(t, H, R)$. Hence,

$$X_m = 1280(t^{-0,854}) [1 - 1,645 \times 10^{-2}(H) + 1,152 \times 10^{-4}(H^2)] \times [1 - 2,12(R) + 1,65(R^2)]$$

In this equation, the ranges of t , H , and R are 45-85 minutes, 15-85 cm and 0,59-1,17 mm, respectively. The mean temperature of diffusion (T) and the juice draft (D) are 70-73°C and 1,25 or 125 %, respectively for the validity of this equation.

According to the results of the calculations, the beet processing capacity of the pilot-plant diffuser, has been obtained as 450 and 1575 kg/day for the cossettes layer thickness of 20 and 70 cm, respectively.

If the system of scalding-diffusion-press is used and the following conditions are assumed,

- a) 25 % of the sugar content of beet is extracted in the scalding operation,
- b) The exhausted cossettes are pressed in proportion to 50 % in the press-station,
- c) The press-water is returned to the diffuser,

98 % of the sugar in the beet will be extracted.

Gülbaran diffusion system is similar to DeSmet diffusion system in construction, but the working principle is different. The most pronounced advantages of Gülbaran extractor compared to DeSmet are : the smaller plant size for the same processing capacity and the elimination of 6 triple pump sets for juice circulation and 5 heat exchangers for the juice streams that are essential in DeSmet diffuser. However, this system has some disadvantages such as : the lower diffusion efficiency and greater juice draft compared to DeSmet.

The construction of Gülbaran diffuser is similar the extractors with forced guide of cossettes and juice. However, its construction has simplicity and its power demand is less than the similar diffusers which grants her an operational advantage..

In this diffusion system, the diffusion juice is not recycled to the cossettes layer. In other words, the fresh hot water fed to the diffuser is passed through the cossettes layer, only once. In addition, the diffusion juice has the least retention time in cossettes layer in respect to others. In consequence, the diffusion juice purity is higher than others. As a result of the good filtration properties of the cossettes blanket, the diffusion juice contained practically no mechanical impurities.

Briefly, Gülbaran diffuser has the following advantages when compared to the conventional systems used on beet-sugar industry : constructional and operational simplicity, adaptation to changes in capacity and possibility of obtaining a very bright, clear and pure diffusion juice.

S E M B O L L E R

- A : Difüzyon yüzeyi, cm^2 veya m^2
- c : Şeker konsantrasyonu, g/cm^3 ; Küspenin şeker içeriği, %
- c_o : Difüzöre beslenen kıyımın şeker içeriği, %
- c_s : Difüzyon şerbetinin şeker içeriği, %
- C_m : Boyutsuz konsantrasyon, $(= c/c_o)$
- D : Şerbet çekişi, boyutsuz
- D_f : Difüzyon katsayısı, $\text{cm}^2/\text{dakika}$ veya cm^2/s
- e_m : Ortalama difüzyon yolu, $(= s/p)$, mm
- G : Toplam miktar, kg
- k : (1.3) eşitliğindeki katsayı, $\text{cm.g}/\text{K.s}^2$
- K : Kütle transfer katsayısı, $(\text{dakika})^{-1}$
- K' : (2.4) eşitliğindeki katsayı, $(\text{g}/\text{cm.s})^2/\text{K}$
- K_s : Ekstraksiyon hız katsayısı, $(= D_f/e_m)$, m/dakika
- L : Silin sayısı, m/(100 g kıyım)
- m : Difüzlenen şeker miktarı, g
- M : Kıyım geçiş miktarı, m^3/dakika
- p : Kıyım kesitinin çevre uzunluğu, mm
- Q_s : Şerbetin arılığı, $(c_s/r_s) \times 100$, boyutsuz
- r_h : Haşlanmış kıyımın % kuru madde içeriği, %
- r_k : Küspenin % kuru madde içeriği, %
- r_p : Pancarın % kuru madde içeriği, %
- r_s : Şerbetin % kuru madde içeriği, %
- R : Silindir şeklinde kabul edilen kıyımın yarıçapı, $2e_m$, mm
- s : Kıyım kesitinin alanı, mm^2
- Ş : Şeker miktarı, kg
- t : Difüzyon süresi, dakika veya s
- T : Difüzyon sıcaklığı, $^{\circ}\text{C}$ veya K

- T_m : Difüzyon sıcaklık faktörü, ($= T/\mu$), K.cm.s/g
 z : Hücre veya kademe sayısı, boyutsuz
 X_m : Difüzyonda % şeker kaybı, $(c/c_o) \times 100$, boyutsuz
 x : Difüzyon yolu, m ; değişken
 β : Difüzyonda boyutsuz sayı, ($= K_s A/M$)
 ψ : Karakteristik fonksiyon, boyutsuz
 μ : Viskozite, poise ($= g/cm.s$)

K I S A L T M A L A R

- p.g. : Pancara göre
h.k.g. : Haşlanmış kıyıma göre
k.m.g. : Kuru maddeye göre

B Ü L Ü M 1

GİRİŞ VE AMAC

1.1- ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışma, şeker teknolojisinde halen uygulanmakta olan ekstraksiyon yöntemlerinden farklı bir yöntem ve kullanılmakta olan ekstraktörlerden farklı bir ekstraktör kullanılarak, şeker pancarından şekerin daha iyi koşullarla elde edilmesi amacıyla yapılmıştır (1,2,3,4,5). Pilot tesislerde gerçekleştirilen deneylerden elde edilen sonuçlarla yöntemin matematik modeli elde edilmiş ve ekstraktörün, benzer yöntemlerle çalışan diğer ekstraktörlerle bir kıyaslaması yapılmıştır (6,7,8).

1.2- ŞEKER TEKNOLOJİSİNDE EKSTRAKSİYON UYGULAMASININ TARİHSEL GELİŞİMİ

İlk pancar şeker fabrikası 1801 yılında Silezya'da kurulmasına rağmen, şerbet üretiminin teknik olarak uygulanması ilk defa 1864/65 kampanyasında Seelowitz/Moravya'da (Çekoslovakya) ROBERT tarafından gerçekleştirilmiştir (9). Sonraları gittikçe artan sayıda fabrikalar bu çalışma türüne geçmişler ve usul, " Difüzyon uygulaması " adıyla şeker sanayiinde yerleşmiştir. Pancar kıyımlarının sulu ters akım ekstraksiyonu bu suretle bütün Dünya'da şeker sanayiinin egemen çalışma metodu olmuş ve uygulama bugüne değin yerini koruyabilmiştir.

Kesikli çalışan bataryadan kurtulup şerbet üretimini sürekli şekilde getirme denemeleri ise yine geçen yüzyıla kadar uzanmaktadır. Başlangıçta ve daha sonraları bu çeşit tesislerin yapıt teklifleri başarısızlığa uğramışlardır. Hattâ yüz yıl süre ile şeker sanayiinde hakim bir mevki tutan bataryanın babası Robert bile daha başlangıçta böyle bir " tekyol " u yani sürekli çalışan tesisi gerçekleştirmek için uğraşmıştır (9).

Şekerin difüzyonu prosesinin matematiksel incelenmesinde kilometre taşları Silin, Oplatka ve Brüniche-Olsen'in çalışmalarıdır (10). Bu araştırmacıların çalışmaları, sürekli çalışan şerbet üretim tesislerinin gelişmesine ve pancar şeker fabrikasyonunda Robert sistemi yerine bunların geçmesine neden olmuştur.

Son otuz yılda çok hızlı gelişen ve temelde ters akım yöntemini uygulayan sürekli difüzyon tesisleri, Robert bataryasının yüzyıllık hakimiyetine son vermişlerdir. Son on yılda ise, artık sürekli çalışan bu tesislerin matematik simülasyonu ve otomatik kontrolü üzerine yapılan çalışmalarda büyük aşamalar kaydedilmiştir (10,11,12,13).

Türkiye'de şeker sanayii 1926 yılında Uşak şeker fabrikasının kurulmasıyla başlamış ve üretim 1953 yılına kadar 4 fabrika ile devam etmiştir. Bu yıldan sonra şeker sanayiinin Dünya'daki gelişmesine paralel olarak Türkiye'de de 1963 yılına kadar fabrika sayısı 17 ye çıkmıştır. Bugün tümünde, sürekli çalışan difüzörlerin kullanıldığı 18 şeker fabrikamız çalışmakta olup 1982/83 kampanyasında 2 yeni fabrikamızın daha üretime geçmesi beklenmektedir. Halen çalışan 4 fabrikamızda DDS-Difüzörü ve geriye kalan 14 fabrikamızda da BMA-Kule Difüzörleri kullanılmaktadır. Kule difüzörleri BMA-Lisansı ile yurdumuzda yapılmakta olup yakında tüm fabrikalarımızda bu difüzör sistemi hakim olacaktır (14).

1.3- ŞEKER HAM MADDESİ OLARAK ŞEKER PANCARI

Sakaroz, ticari olarak, tropik ve yarı tropik bölgelerde şeker kamışı (Saccharum Officinarum L.) öz suyundan elde edilir. Ilıman bölgelerdeki kaynaklar ise, şeker pancarı (Beta Vulgaris), şeker darısı (Sorghum Vulgare) ve şeker akçe ağacıdır (Acer Saccharum). Ancak Dünya şeker piyasasında şeker darısı şurubu ve akçe ağaç şekerinin üretim yönünden pek bir önemi yoktur (15,16).

33° kuzey ve güney enlemleri arasında kalan bölgeler, tropik ve yarı tropik bölgeler olup, şeker kamışı tarımının yapıldığı ve kamış şekerinin üretildiği bölgelerdir. 33° kuzey ve güney enlemlerinin dışında kalan ılıman iklimli bölgeler şeker pancarı tarımının yapıldığı ve pancar şekerinin üretildiği bölgeler olup, A.B.D.'nin kuzey bölgeleri ve Kanada İngiltere, İsveç, Danimarka, Finlandiya, Hollanda, Belçika, Fransa, Almanya, İspanya, İtalya, Avusturya, Macaristan, Çekoslovakya, S.S.C.B. ve Türkiye bunların en önemlileridir(16).

Dünya'da üretilen şekerin yaklaşık % 40'ı şeker pancarından ve % 60'ı da şeker kamışından elde edilmektedir. Tablo 1.1 de son altı yılda Dünya'da ve Türkiye'de üretilen şeker ile Türkiye'de elde edilen pancar miktarları verilmiştir (14).

TABLO 1.1- Türkiye'de ve Dünya'da Şeker Üretimi (14)

Yıllar	TÜRKİYE'DE		DÜNYA'DA
	Elde Edilen Pancar, Ton	Üretilen Şeker, Ton	Üretilen Şeker [†] 1000 Metrik Ton
1976/77	9 406 150	1 181 645	87 713
1977/78	8 994 906	995 421	92 600
1978/79	8 836 818	1 008 497	90 990
1979/80	8 759 726	983 347	84 870
1980/81	6 766 017	868 313	88 157
1981/82	11 165 105	1 397 262	95 431 ^{††}

† % 96'sı sakaroz olan ham değer olarak

†† Tahmini

Şeker pancarı (Beta Vulgaris), iki yıllık bir bitkidir; ilk gelişme senesinde kök kısmında sakaroz depo eder, ikinci sene içinde de çiçek sapı, çiçek ve tohum meydana getirir. Şeker üretiminde pancarlar, ilk gelişme senesi içinde yani 170-200 günlük bir gelişme süresi sonunda hasat edilirler (9, 15,16,17).

1.3.1- MORFOLOJİK VE ANATOMİK YAPISI

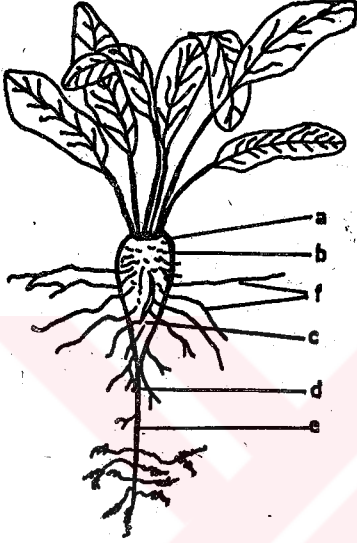
Şeker pancarı, Şekil 1.1 de görüldüğü gibi iki ana kısımdan oluşur :

- 1- Pancar kök gövdesi, gelişmiş pancarda 0,7-1 kg gelir.
- 2- Yapraklar, yaklaşık olarak 0,5 kg çekerler.

Şeker teknolojisinde önemli olan pancarın kök gövdesidir. Bu çalışmada, " şeker pancarı " tabiri pancar kök gövdesi yerine kullanılacaktır.

Şeker pancarı, konik veya armut biçiminde olup, baş (Epicotyl), boyun (Hypocotyl), kök gövdesi (Radix) ve kuyruk bölgelerinden oluşur.

Diğer bitkilerde olduğu gibi şeker pancarında da iki ana doku ayırdedilebilir : Parankima ve ulaşım demetleri.



ŞEKİL 1.1- Şeker Pancarı (9).
a : Baş , b : Boyun, c :Pancar kök gövdesi, d : Kuyruk,
e : Ana kök, f : Yan kökler

Kök gövdenin enine kesitinde sarımsı renkte görülen parankima dokusu hücrelerinin ana görevleri sakaroz depolamaktır. Bu hücreler, 30-50 mikron yarıçapında olup pancar dokusunun $\frac{2}{3}$ - $\frac{3}{4}$ 'ünü kapsarlar (9,18).

Enine kesitte kemik renginde görülen ulaşım demetleri dokusunun ana görevi ise maddeleri bir organdan ötekine hızla ulaştırmaktır. Bunlar morfolojik ve fizyolojik olarak farklı iki çeşit dokudan meydana gelirler :Birincisi, kalbur boruları dokusu (floem) olup, organik maddelerin ulaşımını sağlar ve ortak yatay kabukları pancar olgunlaşınca kapanan delikler içerir.İkincisi, ksilem dokusu (kapçıklar) su ve anorganik tuzların ulaşımını sağlayan, bazen metrelerce uzunlukta borulardan ibarettirler.

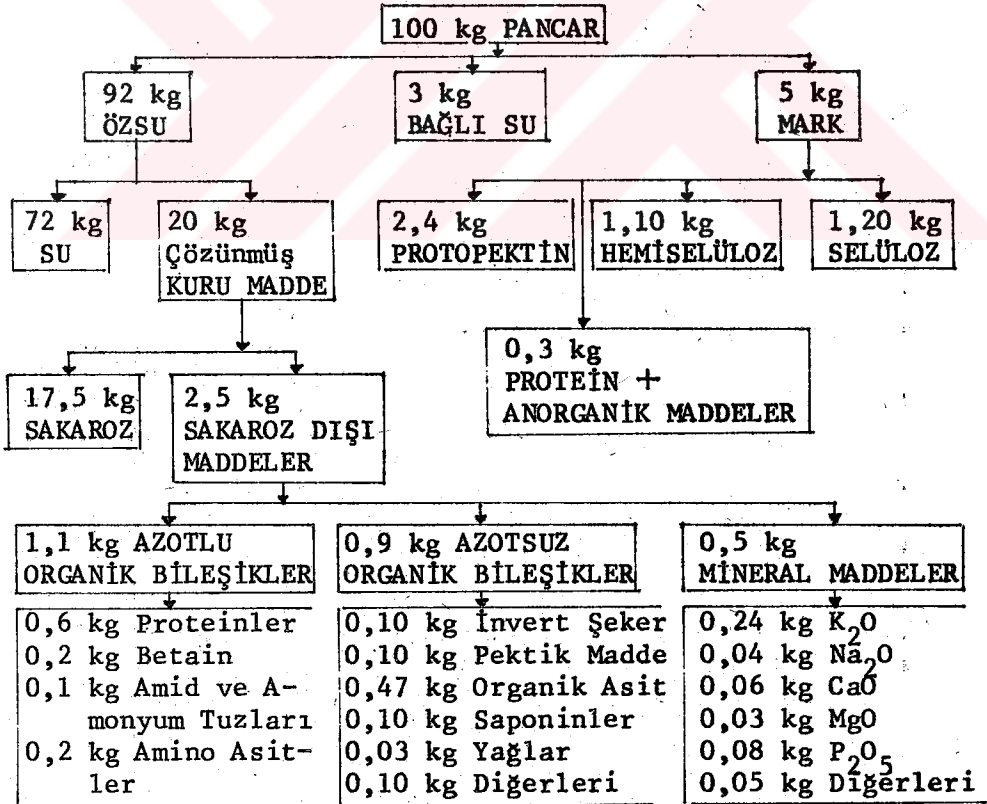
1.3.2- KİMYASAL BİLEŞİMİ

Şeker pancarının bileşimindeki ana kısımlar, maddenin iki halinin fazları gibi, presleme ile elde edilebilen özsu ve özsunun tamamıyla alınmasından sonra kalan mark olup ; şerbetteki ana kısımlar olarak, buharlaştırma yoluyla ayrılan su ve buharlaştırma artığı kuru madde düşünülebilir (9, 15,16,17,19). Ancak daha iyi bir şekilde anlatılmak istenirse, şeker pancarı, yaklaşık olarak, % 92 özsu, % 5 mark ve % 3 bağlı su'dan ibarettir denebilir (16).

Mark kavramı, çeşitli şekillerde tanımlanmaktadır(17). Claassen'in tanımlamasına göre mark, çözünmüş sakarozun ve şeker-dışı maddelerin tamamıyla ekstraksiyonundan sonra - endüstrideki ekstraksiyona benzer koşullarda - şeker pancarının çözülmeden kalan kısmıdır. Başka tanımlamalara göre mark, mekanik olarak açığa çıkarılan hücre kapsamının, oda sıcaklığında yıkanmasından sonra kalan kısmıdır (biyolojik tanımlama) veya hücre çeperlerinin selüloz ve pektin maddeleri toplamıdır (kimyasal tanımlama). Pancarın kuru mark içeriği % 3,5 - % 7,5 arasında olabilir.

Pancardaki çözünür katıların yüzdesi, %11 - %25 arasındadır. Özsuyun arılığı % 87,5 olup, buna göre tüm pancardaki sakaroz yüzdesi, %10-%22 arasında değişir (16). Şeker pancarının yaklaşık yüzde bileşimi Tablo 1.2'de görülmektedir (9,15,16,17,19).

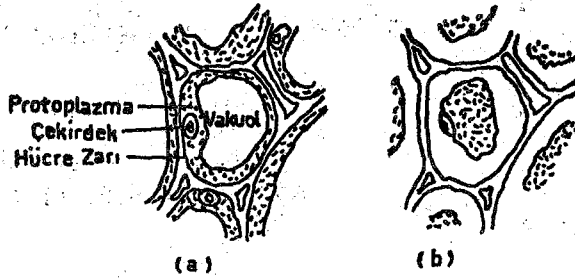
TABLO 1.2- Şeker Pancarının Yaklaşık Yüzde Bileşimi(9,15, 16,17,19)



1.4- ŞEKER PANCARINDAN ŞEKERİN EKSTRAKSİYONU

Şeker pancarının, 2/3 - 3/4 ünü meydana getiren parankima hücrelerinin, selüloz, hemiselüloz ve pektik maddelerden yapılmış bir hücre zarı veya hücre duvarı vardır. Hücre zarının hemen altında hücre çekirdeğini içeren ve protein maddesinden yapılmış olan bir protoplazma tabakası bulunur. Protoplazma, hücrenin içini kaplayan ve hücre özsuğu ile dolu olan vakuol'ü çepeçevre sarar. Hücre özsuğu, şeker çözeltisi ile çeşitli şeker-dışı maddelerden meydana gelmiştir. Protoplazma tabakası, hücre özsuğunda bulunan şeker ve şeker dışı maddeler için geçirgen değildir. Bu yüzden, taze pancar kıyımından şekeri soğuk su ile hücreden dışarı çıkarmak mümkün olmaz. Fakat, kıyım önce protoplazmada olduğu bilinen proteinlerin koagüle olacağı sıcaklığa ısıtılırsa, şekeri su ile hücreden dışarı çıkarmak mümkün olur. Çünkü pıhtılaşmış protoplazma artık, şekerin difüzyonunu önleyemez.

Şekil 1.2 de bir parankima hücresinin canlı ve denatüre edildikten sonraki iki durumu açıklıkla görülmektedir(20). Tablo 1.3 de ise denatüre pancar dokusundan çeşitli maddelerin ekstraksiyon hızları verilmiştir (16).



ŞEKİL 1.2- Pancar Parankima Hücresinin, (a) Doğal yapısı, (b) Denatüre edildikten sonraki durumu (20)

TABLO 1.3- Denatüre Pancar Dokusundan Çeşitli Maddelerin Ekstraksiyon Hızları (16)

Ekstraksiyon, %		Ekstraksiyon, %	
Sakaroza	98	Toplam kül	70
"Zararlı" Azot [†]	95	Mağnezyum	60
Klorür	90	Sodyum	60
Potasyum	80	Toplam Azot	57
Fosfat	75	Proteinler	30
Sülfat	70	Kalsiyum	10

[†] : Çoğunlukla Amidler

1.4.1- PANCAR HÜCRELERİNİN AÇILMASI

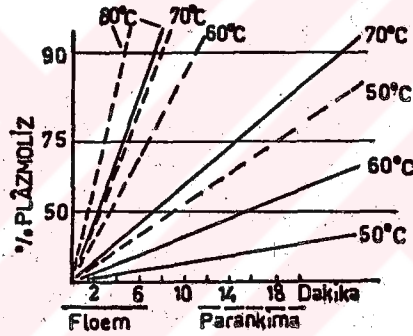
Hücre öz suyunda bulunan şekerin ekstraksiyonu, yarı geçirgen hücre zarlarının mekanik olarak açılması veya denatüre edilmesi ile mümkündür. Pancar ezmesi ile çalışan eski uygulamalarda, pancar hücrelerinin büyük bir kısmının mekanik şekilde açılması ile şeker ekstrakte edilirdi. Eğer hücrelerin büyük bir kısmı mekanik şekilde açılmışsa, soğuk su ile ekstraksiyon yapılabilir. Mekanik şekilde açma, ancak pancarı rendeleyerek yapılabilir. Bu da büyük işletmeler için uygun değildir.

Günümüzde, pancarlar ekstraksiyona girmeden önce kıyımlar (kosetler) halinde kesilir. Bu kesme esnasında pek çok pancar hücresi de kesilmiş yada yaralanmış olmaktadır. Schneider'in, bu kesim esnasında yaklaşık olarak %5-10'unun mekanik biçimde açıldığını söylemesine karşılık, Marignetti ve Mantovani geliştirdikleri bir model yardımıyla, kıyım boyutu ile açılan hücre yüzdesi arasında bir bağıntı bulmuşlardır (9,21). Bu bağıntıya göre, teknikte kullanılan kıyım boyutlarında, hücrelerin yaklaşık %40'ı mekanik olarak açılmaktadır.

Şekerin teknik olarak ekstraksiyonu için, pancar dokusunun hücreleri ısı etkisi ile açılır ; yani protoplazma geçirgen hale gelir. Bu olaya teknikte (uygun olmamakla beraber) plâzmoliz denmektedir (9,16,17,19,22,23).

Pancar hücrelerinin açılması, soğukun etkisi ve çeşitli kimyasal maddelerle de (kloroform ve karbon tetraklorür gibi) yapılabilir. Ancak bu yöntemlerin günümüzde, teknolojik bir önemi yoktur.

Pancar hücrelerine uygulanan ısı etkisinin kantitatif ilişkilerini inceleyen Schneider ve Hoffman-Walbeck, " Plâzmoliz Derecesi " yani plâzmolize olan hücrelerin yüzde oranını, sulu ortamda sıcaklığa ve ısı etki süresine bağlı olarak tesbit etmişlerdir (9). 80°C sıcaklıkta hücrelerin ölmesi çok hızlı olmaktadır (5 dakikada %80'i aşkın). Yüksek sıcaklık, özellikle daha dayanıklı ve şeker kapsamı itibarıyla daha zengin olan floem (nakil boruları) için gereklidir. Buna karşılık parankima, daha 60°C de ve nisbeten çabuk ölür. 80°C nin üzerindeki sıcaklıklar, hücre kabuğu büyük değişmelere uğradığı için, faydalı değildir. Şekil 1.3 de bu durum daha açık bir şekilde görülmektedir (22).



ŞEKİL 1.3- Pancar Hücrelerinin Isı Etkisi ile Denatürasyonu (22)

1.4.2- EKSTRAKSİYON MEKANİZMASI

Şekerin ekstraksiyonunda meydana gelen ilk olay, mekanik olarak açılmış hücrelerden özsuynun yıkanmasıdır. Pancar proteini denatüre olunca, bir dehidrotasyon sonucu su açığa çıkacağından ve bu su, hücre özsuynunu iteceğinden, içteki hücrelerden de bir kısım özsuynu aynı suretle yıkama suyuna karışır. Pancar kıyımları içinde çözünmüş durumda bulunan maddeler ve özellikle sakaroz, bu yıkama olayından sonra, difüzyon olayı ile dışarıya çıkmaya başlar. Difüzyon, denatüre olma sonucu madde çıkışına uygun hale gelmiş bulunan, geniş ve dallı bir şebeke halindeki kanallar sisteminden dıştaki şerbete doğru oluşur. Claassen'in bu izahı, pancar kıyımlarının sulu ters akım ekstraksiyon işlemine "Difüzyon Uygulanması" teriminin yerleşmesine yol açmıştır. Ancak Tullin ,

denatüre pancar dokusu içinde hızla oluşan bu madde akışını, nakil demetleriyle hücreler arası boşluklarda, bir özsu akışının meydana gelmesi şeklinde kabul etmektedir. Rathje'nin incelemelerine göre, denatüre pancar dokusu içindeki madde geçişi, küçük gözeneklerden ozmoz yolu ile suyun girmesi ve büyük gözeneklerden hidrostatik basınç etkisiyle şeker çözeltisinin çıkması şeklinde oluşmaktadır (9,17,20,24).

1.4.3- DİFÜZYON VE DİFÜZYON HIZINA ETKEN DEĞİŞKENLER

Pancarın ekstraksiyona hazırlanırken kıyılması esnasında, hücrelerin %40'ının mekanik olarak açıldığı bilinmektedir (9,21). Mekanik olarak açılan hücrelerdeki şekerin ekstraksiyonu, çözücü ile yıkanarak (elution veya elutration) ve bir anlamda hücre özsuyunun çözücü ile yer değiştirmesi şeklinde olmaktadır (21,25).

Kıyımlardaki, mekanik olarak açılmamış hücrelerde ise şekerin ekstraksiyonu, aşağıdaki üç kategoride oluşmaktadır (21) :

- a) Hücre içine suyun ozmozla girmesi
- b) Sıcaklıkla hücrelerin ölmesi veya denatüre olması
- c) Şekerin çözücü içine difüzyonu

Hücrelerin büyük çoğunluğu mekanik bir şekilde açıldığı için, pancar kıyımlarından şekerin ekstraksiyonu difüzyon kontrolludur denir (26). Difüzyonun şeker tekniğine, matematiksel olarak ilk uygulamasını Silin yapmıştır (9,22,23,27). Pancar kıyımlarından şekerin difüzyonu Fick kanununa uymaktadır. Ancak, bu konuda Brüniche-Olsen ve Oplatka arasında bir literatür tartışması da vardır (28,29).

Fick kanunu, aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (9,22,23,26,27,29) :

$$- \frac{dm}{dt} = D_f \cdot A \cdot \frac{dc}{dx} \quad (1.1)$$

Burada dm , dt süresinde A ile ifade edilen difüzyon yüzeyinden geçen şeker miktarını ; dc/dx , dx yolundaki konsantrasyon farkını göstermektedir. D_f , difüzyon katsayısı olup, Einstein bağıntısına göre difüzyon sıcaklığına bağlıdır (9,17,20,22).

Bir başka şekilde, şekerin katı fazdan çözücüye geçişi, aşağıdaki gibi ifade edilebilir (9,24,27,30) :

$$-\frac{dc_s}{dt} = K(c_s - c) \quad (1.2)$$

Burada K , kütle transfer katsayısı olarak adlandırılmaktadır. Bu katsayı, kıyımların şekil ve boyutlarına, ekstraksiyon sıcaklığına ve pancar dokusunun karakterine bağlıdır. c_s , katı fazın içerdiği özsuyn şeker konsantrasyonunu göstermektedir. c ise, çözücünün şeker konsantrasyonudur.

Şekerin ekstraksiyonu difüzyon kontrollü olduğundan, difüzyon ve difüzyon hızına etken değişkenleri kısaca incelemek yerinde olur. Bu değişkenler, Marignetti ve arkadaşları tarafından üç gruba ayrılmıştır (11) :

- Doğrudan etkili değişkenler : Ortalama difüzyon sıcaklığı, kıyım boyutları, difüzyon süresi ve şerbet çekişi.
- Dolaylı etkili değişken : Ekstrakte edilen kıyımdaki şeker kaybı.
- Etkili olmayan değişken : Taze kıyımlardaki şeker kapsamı.

1.4.3.1- KIYIM BOYUTLARININ ETKİSİ

Ekstraksiyondaki etken yüzey, kıyımlar incelidikçe büyür. Bundan başka, iç kısımlardaki şeker moleküllerinin, pancar dokusundan çıkıncaya kadar geçecekleri yol da kısalmış olur (9, 22).

Günümüzde, şekerin ekstraksiyonunda ince pancar kıyımları kullanılmaktadır. Pancar lapasından ekstraksiyonu öngören yöntemler, şeker teknolojisinde yerleşememiştir (9,17).

Vukov'a göre, pancarın kesilmesinin amacı, verilen bir ekstraksiyon tesisi için, en uygun geometrik boyutlar taşıyan

ve ekstraksiyonda en düşük hidrodinamik direnci sağlayan, bir kıyım elde etmektir (17). Ekstraksiyona en uygun bir pancar kıyımından beklenen özellikler ise şunlardır :

1) Eşdeğer kıyım kalınlığının, olanaklar ölçüsünde, en küçük değerde olması. Kıyımlar ne kadar ince olursa ekstraksiyon o kadar süratli olur. Bir ekstraksiyon sisteminde izin verilebilecek en küçük kıyım kalınlığı, kıyım kütlelerinin sıkıştırılabilme faktörü ile belirlenir. Bu faktör, bir taraftan kıyım kalınlığına ve diğer taraftan pancar materyalinin esneklik modülüne bağlıdır.

2) Elde edilen kıyımların sürtünme faktörünün, olanaklar içindeki en düşük değerde olması. Pratikte bunun anlamı, kıyımların düzgün yüzeyli ve kırıntısız olmaları gerekliliğidir. Bu istek, gevrek pancarlarda ancak, kıyımlar kalınlaştırılarak yerine getirilebilir.

Teknikte kıyım kalitesini belirleyen, üç değişik karakteristik sayı tanımlanmaktadır :

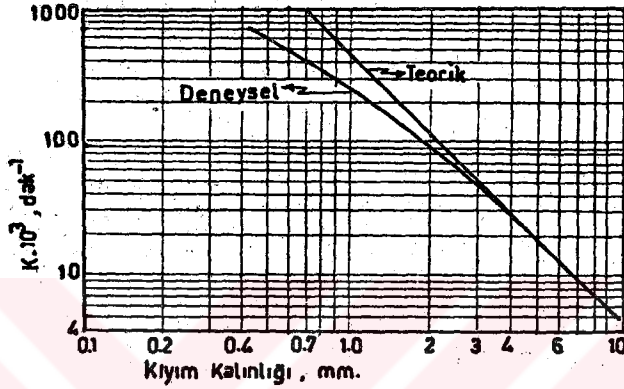
1) Kıyımların inceliğini karakterize etmek için yararlanılan ve kıyım dış yüzeyinin, kıyım içindeki difüzyon yoluna oranını kapsayan " Silin Sayısı " , 100 g kıyımın uç uca konularak meydana gelen şeritin metre cinsinden uzunluğudur (9,21,22,24). Teknikte kullanılan difüzörler, 7-20 Silin sayılarında çalışırlar (22).

2) Bjerkhög'ün "Kıyım Faktörü" olarak tanımladığı, fakat teknikte "İsveç Sayısı" olarak bilinen ve kıyım sütunlarının şerbet geçirgenliği hakkında fikir veren, 5cm'den uzun kıyımların ağırlığının 1 cm'den kısa kıyımların ağırlığına oranı olan sayıdır (9,22).

3) "Kırıntı İçeriği" , kıyımın kalitesi hakkında fikir veren ve 1 cm'den kısa kıyım parçaları ve eziklerin, yüzde oranını veren bir sayıdır (9).

1. Fick Kanunundan teorik olarak bulunabileceği gibi, kütle transfer katsayısı, eşdeğer kıyım kalınlığının karesi ile ters orantılıdır. Brüniche-Olsen'in deneysel ölçümleri, kıyımlar incelidikçe teorik olarak hesaplanandan daha küçük kütle transfer katsayıları bulunduğunu göstermektedir. Schneider ve arkadaşları, bu durumu pancar kıyımlarının yüzey dirençleri ve kıyımın mikroskopik yapısıyla açıklamaktadırlar (9,24).

Şekil 1.4 'de pancar kıyımlarının eşdeğer kalınlıklarının kütle transfer katsayısına nasıl tesir ettiği görülmektedir.



ŞEKİL 1.4- Düz Dilim Şeklindeki Pancar Kıyımlarının kütle transfer katsayılarının, kıyım kalınlığına bağlılığı (30)

1.4.3.2- SICAKLIĞIN ETKİSİ

Sıcaklığın ekstraksiyondaki etkisi, aşağıdaki dört olayda görülmüştür (9) :

- Pancar hücre dokusunun denatüre olması,
- Difüzyon hızı,
- Mikroorganizmaların hayati faaliyetleri,
- Hücre kabuğunun değişmesi.

Pancar hücre dokusunun sıcaklıkla denatüre olması 1.4.1- paragrafında incelenmişti.

Önceleri, sakarozun hem pancar dokusundaki ve hem de dirençsiz olarak sulu çözeltideki difüzyon katsayısının, sıcaklıkla değişmesinde Einstein bağıntısı geçerli kabul edilmekteydi. Ancak, son senelerde yapılan daha hassas ölçümler,

sakarozun sudaki çözeltiğinde, sıcaklığa bağlılığın daha kuvvetli olduğunu göstermiştir (17).

1.1 eşitliğindeki D_f difüzyon katsayısı, Einstein bağıntısına göre aşağıdaki gibi sıcaklığa bağlıdır (9,22):

$$D_f = kT/\mu \quad (1.3)$$

Burada T, mutlak sıcaklığı ve μ , viskoziteyi göstermektedir. Sıcaklığın artması, şerbetin viskozitesini de azaltacağından difüzyon katsayısı sıcaklıkla daha hızlı artacaktır.

Stratienko ve arkadaşları, difüzyon katsayısını üç değişkene bağlayan ampirik bir eşitlik elde etmişlerdir(31) :

$$D_f = 1,89 \times 10^{-8} (R^2 \cdot T^{2,9} \cdot t^{-0,54}) \quad (m^2/s) \quad (1.4)$$

Burada R, kıyımların eşdeğer yarıçapını göstermekte olup 1,61-1,91 mm olmalıdır ; T, ortalama difüzyon sıcaklığı 65-75°C ve t, difüzyon süresi olup 9-45 dakika olmalıdır.

Şerbet üretim işleminde az veya çok şekerli kıyımlarla şerbetler, hayati faaliyetlerinde sakaroz harcayan bir çok mikroorganizmalar için, çok mükemmel bir besi ortamı teşkil ederler. Difüzyon olayı sırasında sakarozu parçalayarak hayati faaliyetlerini sürdüren bu mikroorganizmalar, istenmeyen bazı maddelerin oluşmasına ve belirli miktarda şeker kaybına da neden olurlar (9,17,20,22,30,32,33). Bakterilerin yaşama faaliyetleri için ön şart, uygun sıcaklıklardır (9). Sıcaklığa dayanma yeteneklerine göre, mikroorganizmalar kabaca üç sınıfa ayrılırlar (9,32):

a) Mezofil mikroorganizmalar : optimal çoğalma sıcaklıkları 30°C dolayındadır.

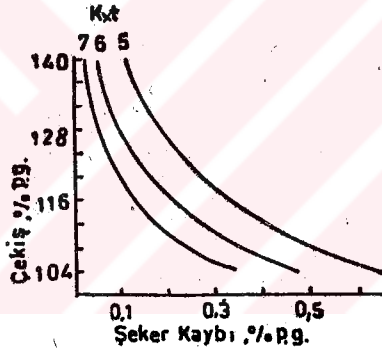
b) Termofil mikroorganizmalar : Daha çok asitler ve özellikle süt asidi meydana getiren bu gurubun, sıcaklık optimumu 55°C dolayındadır.

c) Ultratermofil mikroorganizmalar : Uygun çoğalma sıcaklıkları 65°C dolayındadır.

1.4.3.3- ŞERBET ÇEKİŞİNİN ETKİSİ

Bir difüzörden alınan difüzyon şerbetinin ağırlığının, difüzöre giren kıyım ağırlığına oranının yüzde olarak ifadesine, çekiş denmektedir (9,17,22,30). Tesbit edilen bir şeker ekstraksiyon verimini elde edebilmek için gerekli çekiş, dolayısıyla kullanılan su miktarı, tesisin özelliği dışında, çeşitli değişkenlere bağlıdır : Kıyım boyutları, difüzyon sıcaklığı, difüzyon süresi ve pancarın şeker içeriği (9).

Söz konusu değişkenler sabit tutulduğu takdirde, difüzyondaki şeker kaybı ile ham şerbet çekışı arasındaki bağıntı, Silin formülünden hesaplanarak Şekil 1.6 da gösterilmiştir (9,22).



ŞEKİL 1.6- Silin Formülüne göre, çeşitli Kxt değerleri için, şeker kaybı ile çekiş arasındaki bağıntı (22).

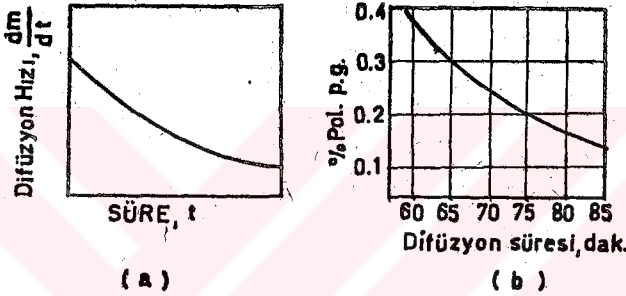
Yeterli büyüklükteki bir şerbet üretim tesisinde izlenecek yol, olanaklar ölçüsünde düşük bir şerbet çekışı ile çalışmaktır. Pratikte ham şerbet çekişleri, % 110-130 arasında oynar (9).

1.4.3.4- DİFÜZYON SÜRESİNİN ETKİSİ

Ekstraksiyon ve difüzyon süresi, kıyımlarla ekstraksiyon sıvısının, temas halinde bulundukları zaman süresidir(9).

Ekstraksiyon süresi uzatılmak suretiyle, daha çok şekerin şerbete geçişi sağlanır ; kıyım ve şerbetteki şeker konsantrasyonlarının dengesi daha tam olur. Ancak konsantrasyon farkı azaldıkça şekerin de difüzyon hızı düşeceğinden , ekstraksiyon süresi uzadıkça zaman biriminde kazanılan şeker azalır.

Difüzyon süresi ile difüzyon hızı ve difüzyon kayıpları arasındaki ilişkiler Şekil 1.7 de görülmektedir.



ŞEKİL 1.7- (a) Difüzyon Hızının Süre ile azalması (22),
(b) Difüzyon Kayıplarının Süre ile Azalması (9).

Ekstraksiyon süresinin uzatılmasının, şerbetlerin kalitesine olumsuz etki yaptığı bilinmektedir (9). Diğer değişkenler aynı kalmak koşuluyla, en kısa ekstraksiyon süresinin uygulanması amaçlanmalıdır.

1.4.3.5- DİĞER DEĞİŞKENLER

Ekstrakte edilen kıyımdaki şeker kaybı yada küspede kalan şeker miktarı, difüzyon olayına dolaylı olarak etki eder. Önceki paragraflarda anlatılan doğrudan etkili dört değişkene etki ettiği için, bu değişken dolaylı etkilidir. Çekişin, sıcaklığın, sürenin artması ve kıyım kalınlığının azalması, küspede kalan şekerin azalmasına neden olur.

Ekstraksiyona giren kıyımlardaki şeker içeriği ise, bir difüzörün çalışmasına etkili olmayan, bir değişkendir. Sadece aynı bir difüzyon kaybı için, giren kıyımlardaki şeker içeriği yükseldiğinde çekişi yükseltmek gereklidir (9).

Pancar hücre özsuynunun pH'ı 6,3 - 6,6 arasındadır (22). Bir difüzörde enfeksiyon olmaması halinde, difüzyon şerbetinin pH'ı hücre özsuynunun pH'ından 0,1 birim daha düşüktür. Difüzör içindeki düşük pH'ın yararlı etkileri vardır. pH'ın 5,5 olması durumunda, şeker olmayan maddelerin difüzyonu, en düşük seviyede olmaktadır. Difüzyon şerbetinin pH'ının etkisi de dolaylıdır.

Pancarın erken sökülmiş, pörsümüş, odunsu, gevrek veya yumuşak olması, yani pancar dokusu da, difüzyon işleminde dolaylı olarak etkindir (17).

1.5- ŞEKER TEKNOLOJİSİNDE DİFÜZYON UYGULAMASI : DİFÜZÖRLER

Bir şeker fabrikasında yapılan işlem, gelişme sürecinde sakaroz depolayan bitkilerden, sakarozun saf olarak elde edilmesi olup, şeker pancarının işlenmesinde ana hedef, kusursuz kalitede beyaz şeker elde etmektir (9,15,17,20,22,33).

Şekil 1.8 , şeker üretiminde uygulanmakta olan teknolojik yöntemlerin ana hatlarını göstermektedir. Bu şekilde, yalnız önemli kademeler işaretlenmiş olup, uygulanan yöntemin pratikte çok sayıda değişik şekilleri olduğundan ve aynı iş için çok çeşitli yapıda cihaz tipleri kullanılmakta olduğundan, cihazların yapıları hakkında ayrıntıya yer verilmemiştir. Bundan başka bu şekilde, sevk tesisleri, ara depolar, ısıtma ve soğutma işlemleri de işaretlenmemiştir. Şekilde W, mekanik veya elektriksel enerjiyi, Q ise, ısı enerjisini göstermektedir (15).

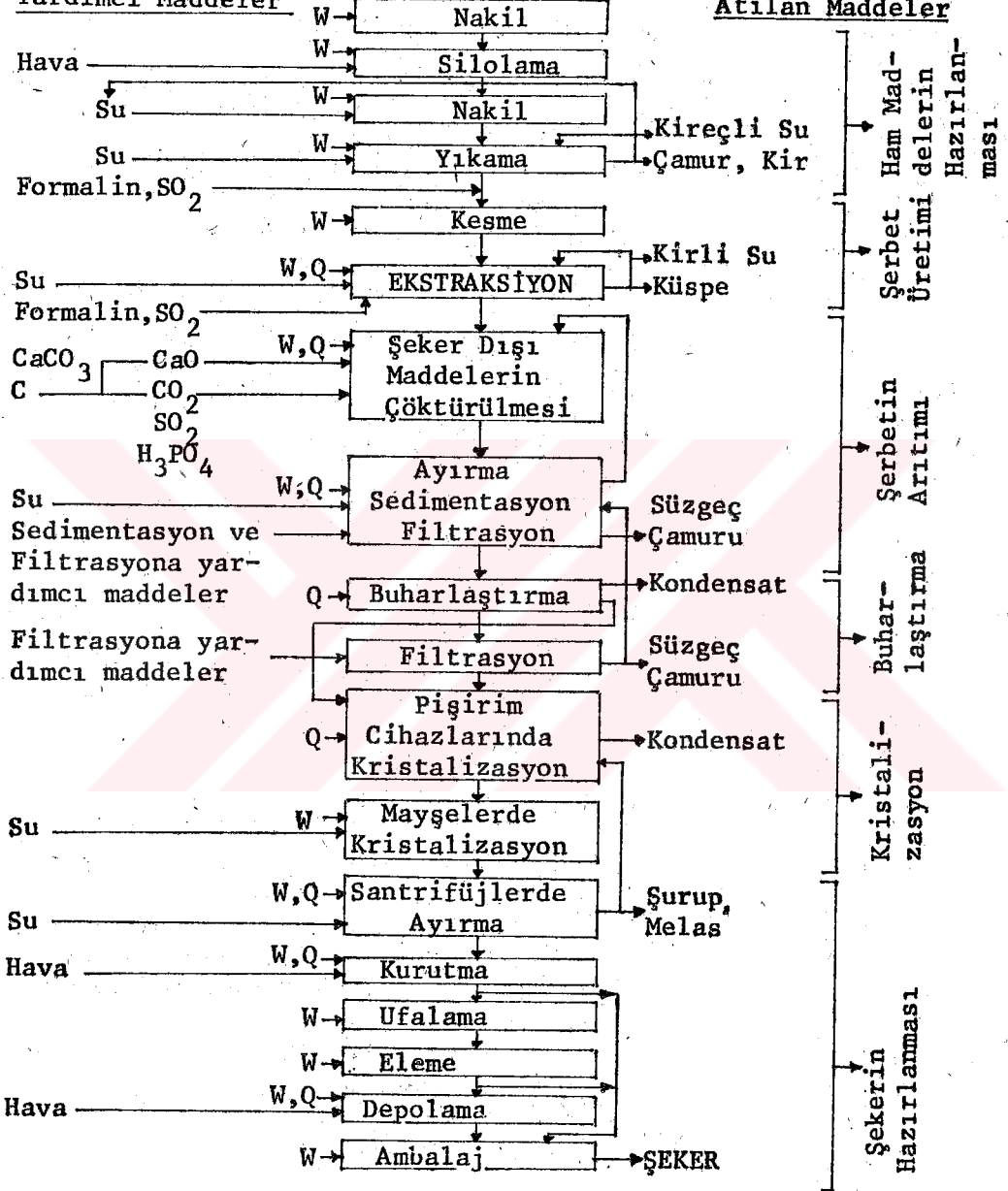
Bir şeker fabrikası, fabrikada yapılan işlemlere göre, ham fabrika, rafineri ve yardımcı tesisler olmak üzere üç ana bölümde incelenebilir. Ham fabrikanın görevi, şeker pancarından ekstraksiyon yoluyla ham şerbeti üretmek, bu şerbeti uygun fiziksel ve kimyasal yollar ile, en uygun şekilde yabancı maddelerinden temizlemek ve sonra, % 60-70 civarında kuru madde içerecek şekilde suyunu buharlaştırarak, rafineri için koyu şerbet elde etmektir. Rafineride, kristalizasyon, santrifüjleme ve şeker kurutma işlemleri yapılarak kristal şeker elde edilir. Ham fabrika ve rafinerinin kapsamı dışında kalan tesislerden kazan dairesi, türbinler, kireç ocağı, küp şeker dairesi ve küspe kurutma tesisleri yardımcı tesislerdir.

PANCAR ŞEKERİ ÜRETİMİ
AKIM ŞEMASI

Kullanılan Enerji
Çeşitleri ve
Yardımcı Maddeler

SEKER PANCARI

Son ve Yan
Ürünler,
Atılan Maddeler



ŞEKİL 1.8- Pancar Şekeri Fabrikasyonu (15)

Difüzör yada ekstraktörler, bir şeker fabrikasının kalbi olarak düşünülebilir. Teknik bilgilerin ışığında, kusursuz olarak çalıştırılan bir difüzörle, fabrikada en düşük maliyetle en çok şeker elde edilebilir. Difüzörü iyi çalışmayan bir fabrikadan, kârlı bir üretim beklenemez.

Şeker teknolojisinde kullanılan difüzörleri, çalışma yöntemlerine göre Brüniche-Olsen ; kıyıma ve şerbete etki eden mekanik etmenlere göre Schneider ve arkadaşları ; kıyıma etki eden mekanik etmenlere göre Vukov, çeşitli guruplara ayırmışlardır (9,17, 24, 30, 34).

Brüniche-Olsen, ters akım ilkesinin uygulamasını, ikiye ayırmıştır (30) :

1- Kademesiz Ters Akım Ekstraksiyonu : Bu yöntemde ekstraksiyon, katı madde ve sıvı fazın birbirine göre ters akım halinde geçtiği, bölümlenmemiş, çoğunlukla uzunca bir reaksiyon kamarasında yapılmaktadır. Teknolojide kullanılan BMA-Kule difüzörü, Buckau-Kule difüzörü ve DdS difüzörü bu guruba örnektirler (9,11,16,19,20,22,24,26,27,34,35,36,37).

2- Kademeli Ters Akım Ekstraksiyonu : Bu yöntemde ekstraksiyon, içinde katı madde ve sıvı fazın, az veya çok, tam bir karışmaya uğradığı bir dizi kademe veya hücrelere bölünmüş ekstraksiyon cihazlarında yapılır. Herbir kademeyi terkedişte, sıvı faz ve katı madde birbirinden ayrılır ve herbiri kendi yönünde kademedan kademeye geçer. Cihaz bir bütün olarak göz önüne alındığında, her bir kademedeki karışma hariç, ters akım prensibine göre çalışır. Bu guruba giren ekstraktörler, çeşitli kademe veya hücrelerin içindeki koşullara bağlı olarak, aşağıdaki ana guruplara ayrılırlar :

a) Hücreler içerisinde, hem sıvı fazı ve hem de katı madde, tam olarak karışmaktadırlar : RT-Difüzörü (9,11,19,22, 24,34,38).

b) Sıvı fazda tam bir karışma olurken, katı maddenin tüm kısımları, aynı hücrede aynı zaman süresi kalacak şekilde, sistematik olarak hücreler veya kademeler içerisinde geçirilmektedir : Silver-Zincirli-Difüzörü, De Smet Difüzörü, BMA-Mısır tipi gibi sızdırmalı tip difüzörler (9,19,22,24,26, 32,34,37,39,40).

c) Sıvı faz ve katı madde, herbir hücre içinden, ideal eş yönlü akımla geçerler : Silver-Helezon-Tipli difüzörü ve Oliver-Morton difüzörü (22,41).

Schneider ve arkadaşları, pancar şekeri teknolojisinde kullanılan en önemli ekstraksiyon tesislerini, kıyım ve şerbete etki eden mekanik etmenlere dayanarak, sınıflandırmışlardır (9,24,34) :

I- Kıyım ve şerbetin zorlanmış hareketli olduğu cihazlar :

1- Bölmeli difüzörler : RT-Difüzörü

2- Bantlı difüzörler : De Smet difüzörü

II- Yalnızca kıyımın zorlanmış hareketli olduğu cihazlar :

a) Olier tesisi

b) Oppermann-Deichmann tesisi

c) J-Difüzörü

III- Zorlanmış kıyım hareketi olmayan cihazlar:

1- Dik silindirler :

a) BMA-Difüzyon Kulesi

b) Buckau-Wolf Ekstraktörü

2- Yatay silindirler : DdS-Difüzörü

I. sınıfa giren cihazlarda, kıyım dolgusu sabit tutulduğu takdirde kapasite, kıyımın hareket hızıyla orantılıdır. Difüzyon süresini değiştirmeden, yalnızca kıyım dolgusunda yapılacak değişikliklerle kapasiteyi değiştirmek mümkündür. Şerbet zorlanmış şekilde hareket ettirildiğinden, bekleme süresi, dolgu durumuna karşı son derece bağımsızdır. Bu yüzden, diğer guruplara kıyasla, bu cihazlar için yatırım daha yüksektir. Kıyım ve şerbet hareketi zorlanmış olan bu cihazlarda, hacmin ancak bir kısmı ekstraksiyona yararlı olabilmektedir. Bunun için bu cihazlar, daha büyük boyutlar taşımaktadırlar. Ekstraksiyona az veya çok, hava karışır. Yalnızca kıyımların iletimi için, gerekli güç, '1000 ton/gün'lük kapasite için 20-25 kW dolayında oldukça yüksektir.

II. guruba giren cihazların " Difüzyon Hacmi " , çeşitli biçim ve yapıda borulardan yapılmış olup ; kıyımlar bu boruların içindeki iletim elemanları yardımıyla hareket ederler.

Kıyımlar zorlanmış şekilde hareket ettirildiğinden, dolgu sabit kaldığı sürece, cihazın işleme kapasitesi, iletim organlarının hızı ve dolayısıyla, difüzyon süresinin uzayıp kısalmasıyla orantılıdır. Kapasite, belirli sınırlar içinde olmakla beraber, difüzyon süresi sabit tutularak da değiştirilebilir. İletici organın gereksindiği güç çok düşük olup, 1000 ton/gün'lük kapasite için yaklaşık 6-8 kW kadardır.

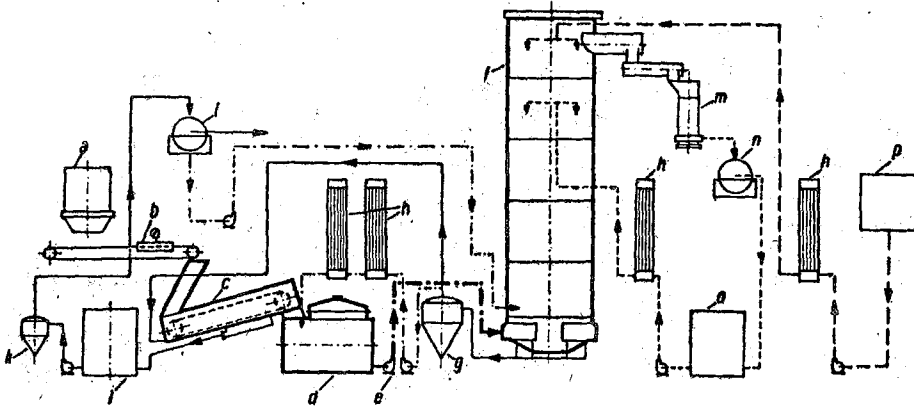
III. guruba giren cihazlar, yüksek kıyım dolgusu ile çalıştırılmalıdırlar ; bunlarda iç organların yardımı ile sabit ve yeterli bir dolgu sağlanabilir ve aşırı dolgular emniyetle önlenebilirler. Düşük dolgu ile çalışmaya engel olma gerektiğinden, işlenen kıyım miktarını azaltabilmek, difüzyon süresinin uzamasına bağlı olur.Yalnızca cihazın işlemesi için (kıyımın iletimi için) gerekli güç, her 1000 ton/gün'lük kapasite için 12-15 kW olarak hesaplanır. Bu guruba giren dik difüzyon kuleleri özellikle Almanya'da beğeni bulmuştur.

Yukarıdaki sınıflandırmaya dahil cihazların, 100 ton/gün'lük kapasiteleri için, hacim ve dolayısıyla yüzeyleri arasında bir kıyaslama yapabilmek için, Tablo 1.4 verilmiştir (9,24,34). Bu veriler, tesis masraflarıyla yer ihtiyacı bakımından yön vericidir.

TABLO 1.4- Çeşitli ekstraktörlerin 100 ton/gün'lük kapasiteleri için, hacim ve dış yüzeyleri (yaklaşık olarak) (9,24,34)

Cihazlar	Hacim,m ³	Dış Yüzey,m ²
RT-Difüzörü	38	50
DeSmet Difüzörü	51	49
Olier-Difüzörü	16-18	35-40
O D-Difüzörü	12	35
J-Difüzörü	12	30
BMA-Difüzyon Kulesi	11	10
Buckau-Ekstraktörü	9	9
DdS-Difüzörü	14	16-17

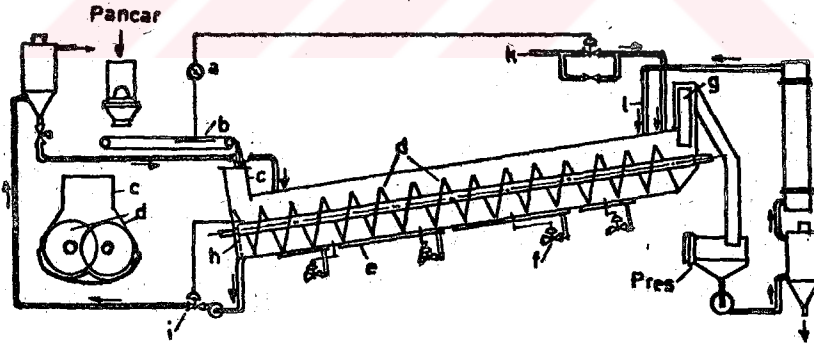
Denatürasyon (haşlama) işlemini difüzör dışında veya içinde yapan, sürekli ters akımla çalışan, pancar şekeri teknolojisinde en çok kullanılan, BMA-Kule Difüzörü ve DdS-Difüzörünün prensip şemaları Şekil 1.9 da verilmiştir.



(a) BMA-Difüzyon Kulesi (9,24,34)

a= Pancar bıçağı , b= Bant kantarı , c= Seperatör , d= Haşlama teknesi , e= Kıyım pompası , f= Difüzyon kulesi , g= Kum tutucu , h= Isıtıcı , j= İşletme şerbeti deposu , l= Ham şerbet pülp tutucusu , k= Kum tutucu , m= Küspe presİ , n= Pres suyu-pülp tutucusu , o= Pres suyu deposu , p= Taze su deposu

— Ham şerbet, — Döner şerbet, — Taze su
- - - - - Pres suyu, — Ham şerbet pülpü



(b) DdS-Difüzörü (9,24,34,42,43)

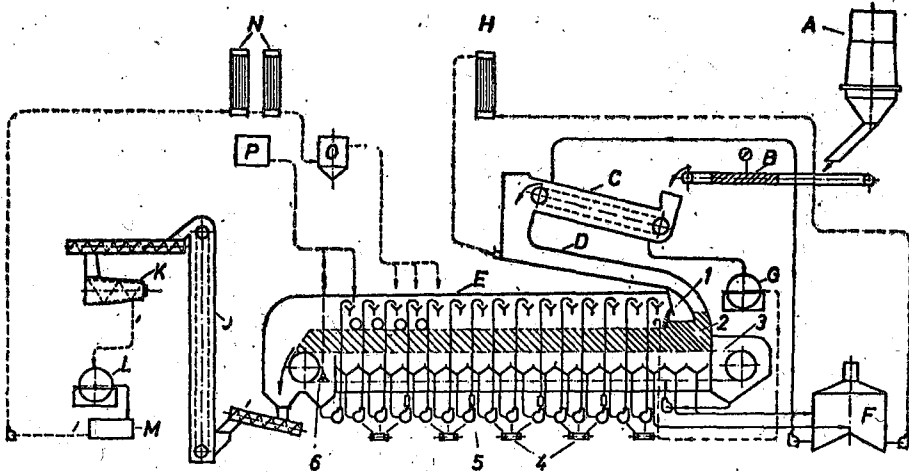
a= Bant kantarı , b= Taşıma bantı, c= Kıyım silosu , d= Helezonlar, e= Buhar ceketİ, f= Ayar vanası, g= Küspe çarkı, h= süzgeç , i= Ham şerbet çıkışı, k= Taze su girişi, l= Pres-suyu girişi

ŞEKİL 1.9- BMA ve DdS Difüzörleri Akım Şemaları

1.5.1- ÇAPRAZ AKIMLA ÇALIŞAN DİFÜZÖRLER

Pancar şekeri teknolojisinde, çapraz akım prensibini kullanan difüzör, DeSmet difüzörü olup Belçika patentlidir (44). Çalışma yöntemi, kademeli ters akım (kademelerde çapraz akım) şeklinde olup, kıyımlar sonsuz bir kıyım bantı üzerinde, bantla birlikte hareket ederler (9,24,34). Kıyımların hareketi sürekli olmayıp, 14 saniyede bir 75 mm ilerleye kayacak şekilde kesiklidir. Bant üzerinde, normal olarak 60-70 cm kalınlığında bir tabaka oluşturan kıyımların ekstraksiyon çözeltisiyle duşlanması, 18 " kısmi akım " ile olmaktadır. Şerbet, hareket yönüne dikey durumda bulunan yatay oluklardan kıyımların üzerine akar ; kıyım tabakasından çıktıktan sonra da, alttaki toplama hunilerine gelerek, buradan pompalarla bir ilerdeki oluğa pompalanırlar. Pompalar üçerli guruplara ayrılmış olup, üç pompa fanı bir mile bağlanmıştır. Difüzyon sıcaklığını korumak için, kısmi şerbet akımları her üç kademede bir defa, ısıtıcılardan geçirilerek ısıtılırlar. Taze kıyımlar, işletmeye giden şerbetle haşlanırlar.

1500 ton/gün kapasiteli bir tesisin, uzunluğu 38,8 m ve genişliği 5,5 m olup, kıyım bantı için enerji ihtiyacı 31 kW'dır. Kıyımların geçiş süresi yaklaşık 100 dakika ve difüzyon kaybı % 108-115 p.g. oranındaki bir çekişte 0,14 - 0,30 p.g. dolayındadır. Hem pancar ve hem de kamış şekeri teknolojisinde kullanılmaktadır (9,19,22,24,26,32,34,37,39, 40).



ŞEKİL 1.10- DeSmet Difüzörü ve Çalışma Düzeni (9,22,32)

B Ö L Ü M 2

GÜLBARAN EKSTRAKSİYON SİSTEMİ

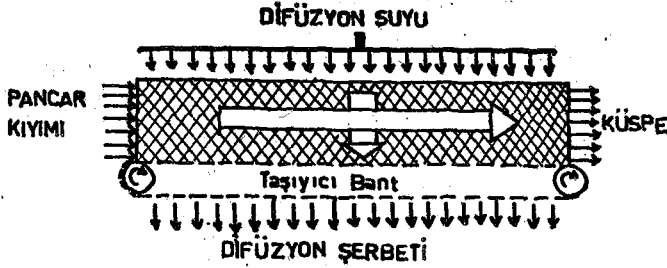
2.1- GÜLBARAN EKSTRAKSİYON YÖNTEMİ VE ÜSTÜNLÜKLERİ

1.1 eşitliğiyle ifade edilebilen Fick kanununa göre, difüzyon hızı ve 1.2 eşitliğiyle verilen konsantrasyon değişim hızı, pancar kıyımları ve sıvı fazdaki şeker konsantrasyonları arasındaki farkla, doğru orantılıdır. Günümüzün şeker tekniğinde kullanılan difüzörlerin tümü, esas olarak, ters akım prensibi ile çalışmaktadırlar. Bu prensibe göre çalışan difüzörlerde pancar kıyımı, difüzör çıkışı hariç, daima şeker içeren şerbetle temastadır. Bu nedenle fazlar arasındaki konsantrasyon farkı, daima küçüktür. Eğer şeker içeren pancar kıyımları, daima taze su ile temasta olurlarsa, konsantrasyon farkı da daima en büyük olacaktır. Bu düşüncenin uygulanması ise ancak, " çapraz akım (cross flow) " prensibi ile mümkündür.

Şeker teknolojisinde kullanılan difüzörlerden yalnızca DeSmet difüzörü, tüm olarak kademeli ters akımla çalışmasına karşılık, kademelerde çapraz akım prensibini kullanır (Bölüm 1.5.1-'e bakınız). Şeker pancarı, şeker kamışı, yağlı tohumlar ve diğer çözücü ekstraksiyonuna uğratılabilen bitkisel tohumların ekstraksiyonunda kullanılabilecek, sürekli çapraz akım prensibi ile çalışan, difüzörlerden biri de Gülbaran Ekstraktör-Difüzörü'dür (1,2,3,4,5,6,7,8,45,46,47,48,49,50).

Gülbaran difüzöründe, taşıyıcı sonsuz bir bant üzerinde, belirli yükseklikte pancar kıyımları, bantla birlikte hareket halinde iken üzerine damlalar halinde taze su beslenerek, ekstraksiyonun oluşması sağlanır ve difüzyon şerbeti, bantın altından alınır. Böylece kıyım ve suyun hareket doğrultuları, birbirine dik olduğundan, çapraz akım prensibi tam olarak uygulanmış olur. Şekil 2.1 de bu durum daha açık olarak görülmektedir.

Difüzyon suyunun, damlalar halinde verilmesinin nedeni ise şunlardır :



ŞEKİL 2.1- Gülbaran Ekstraksiyon Yöntemi

- 1- Az su kullanmak ve böylece derişik bir şerbet üretmek,
- 2- Suyun alabileceği en fazla şekeri alabilmesi için, kıyım yatağı içinden, yavaş geçmesini temin etmek,
- 3- Kıyım yatağının her noktasından suyun geçmesini sağlamaktır.

Bu yöntemle elde edilen difüzyon şerbeti, diğer yöntemlerinkinden daha kalitelidir. Ekstraksiyon sırasında kıyımlar, kendi içlerinde hareketsiz olduklarından, hücreler mekanik olarak parçalanmamakta ve böylece hücre kabuğunu oluşturan maddelerin şerbete geçmesi en az olmaktadır. Böylece, şerbetin arıtılmasında güçlükler yaratan bu maddeler, şerbette en az miktarda olmaktadır. Ayrıca, kıyım yatağı ve bant üzerine yerleştirilen bir süzme bezi sayesinde, şerbet berrak olup koloidal halde madde içermemektedir.

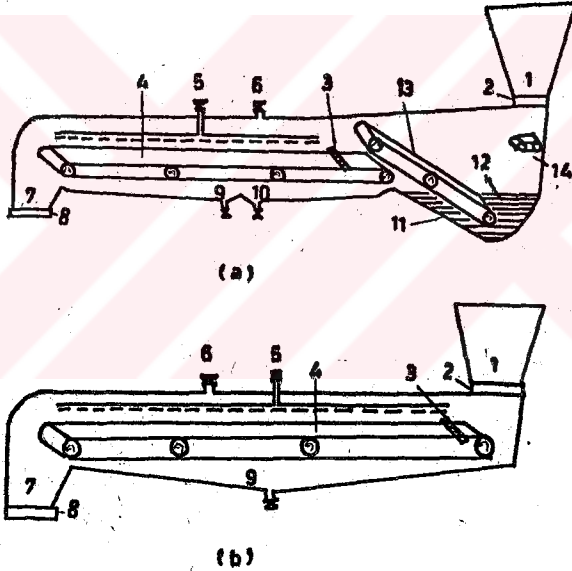
Gülbaran ekstraktöründe, istendiği takdirde taze su besleme debisi yatak yüzeyinin her noktasında istendiği şekilde ayarlanabilir. Böylece, istenirse kıyım girişine daha çok , çıkışa ise daha az su beslenebilir.

Bu yöntemde şeker içeren difüzyon şerbeti, kıyım yatağı içinde diğer yöntemlere göre, en az süre kalmakta ve böylece şerbet kalitesi daha iyi olmaktadır.

Gülbaran ekstraktöründe sadece kıyımlar hareketli oldukları için, Schneider ve arkadaşlarının 1.5- kısmında açıklanan sınıflandırmalarına göre, ekstraktörün çalışması için gerekli güç de en az olmaktadır (9,24,34). Böylece Gülbaran ekstraktörünün işletme masrafları da, diğer ekstraktörlerden daha azdır denebilir.

2.2- GÜLBARAN EKSTRAKTÖR-DİFÜZÖRÜ

Gülbaran ekstraksiyon yönteminin uygulanabileceği ekstraktörün değişik iki şekli, şematik olarak Şekil 2.2 de verilmiştir (3a,b).

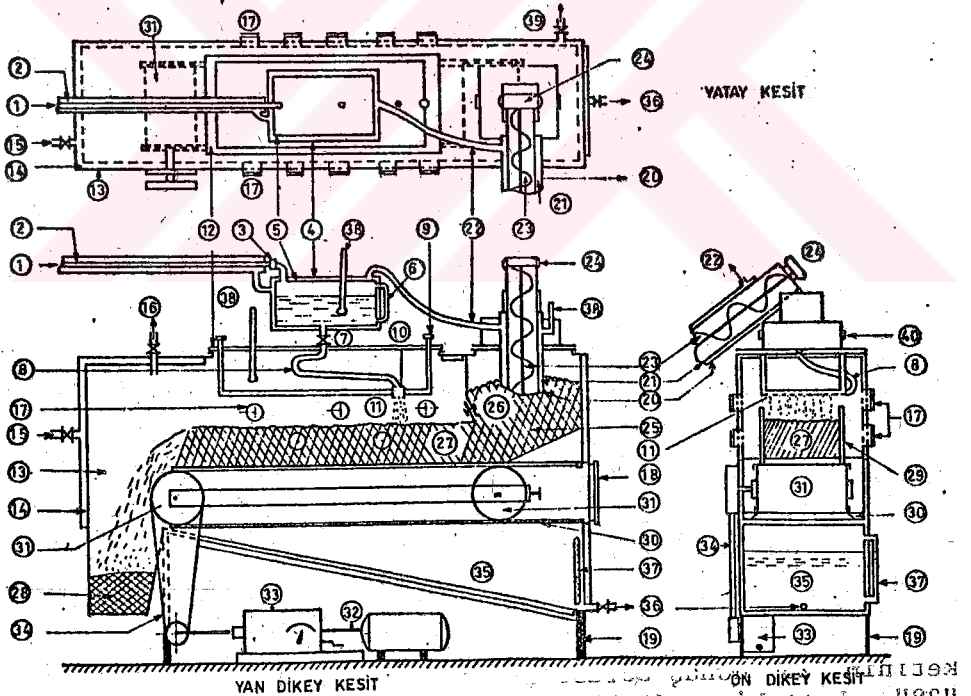


ŞEKİL 2.2- Şeker Pancarı ve Şeker Kamışının Ekstraksiyonu için Gülbaran Difüzörü (3a,b)

1,7= Besleme girişi ve küspe çıkışı ; 2,8= Besleme girişi ve küspe çıkışı kapakları ; 3= Yatak yüksekliği ayarlayıcısı ; 4,13,14= Taşıyıcı bantlar ; 5= Difüzyon suyu girişi ; 6= Havalandırma vanası ; 9= Şerbet toplama bunkeri ; 10= Derişik şerbet bunkeri ; 11= Haşlama kısmı ; 12= Haşlama şerbeti

Şekil 2.2(a)'da gösterilen difüzörde, pancar kıyımları ekstraktör içinde önce şerbetle haşlanmakta ve sonra ekstraksiyon bantı üzerine verilmektedir. Şekil 2.2(b)'de ise, ya haşlama yapılmadan çalışılacak , yada ekstraktör dışında ayrı bir haşlama işlemi yapılarak, haşlanmış kıyım ekstraktöre beslenecektir.

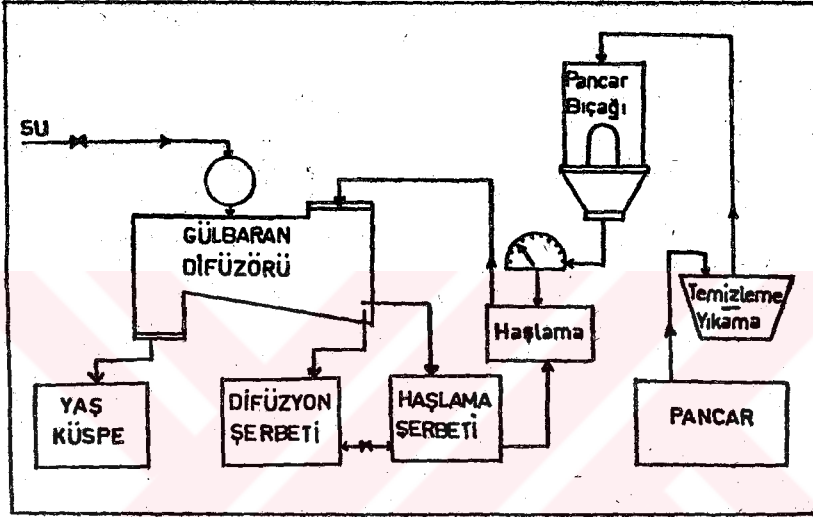
Gülbaran ekstraktör-difüzörünün (G.E.D.) 1976 yılında yaptırılan pilot tipi ise, "b" şeklinin benzeri olup küçük farklılıklar göstermektedir. Gülbaran ile Şaşmaz, Türkey ve Şatiroğlu tarafından yapılan çalışmalarda, yağlı tohumların ekstraksiyonu için kullanılan pilot tesisin teknik resmi , Şekil 2.3'de verilmiştir (6,7,8). Şekil üzerinde verilen rakamların açıklamaları, daha sonra pancar kıyımlarının ekstraksiyonunda kullanılan şekil üzerinde yapılacağından, burada verilmemiştir.



ŞEKİL 2.3- Bitkisel Yağlı Tohumların Ekstraksiyonunda kullanılan Gülbaran Difüzörünün Pilot-Tesis Tipi(6)

2.2.1- DENEYSEL ÇALIŞMA DÜZENİ

Bu çalışmada izlenen yöntemin akım şeması, Şekil 2.4de görülmektedir. Şekil üzerinde, yalnızca ana kademeler işaretlenmiş olup, ayrıntıya girilmemiştir.



ŞEKİL 2.4- GÜLBARAN Ekstraksiyon Yöntemi Çalışma Düzeni

Çalışma düzeninde gösterilen difüzör, pancar bıçağı ve diğer cihazların yapısı, sıra ile gözden geçirilecektir. Deneysel çalışma yöntemi ise üçüncü bölümde anlatılacaktır.

2.2.2- PİLOT-PLANT GÜLBARAN DİFÜZÖRÜ (Şekil 2.5'e bakınız)

A-) ANA GÖVDE : 2,0 m boyunda, 0,5 m genişliğinde ve 1,55 m yüksekliğinde olan gövdenin etrafında su ceketі bulunmaktadır. Su ceketі giriş ve çıkış vanaları "22,25,26,29", ceket ısıtma tankına ve ayrıca şehir suyuna bağlıdır. Su ceketinin "23" dönüş borusuna metal bir termometre konularak "28" ceketteki en düşük sıcaklık okunabilmektedir. Gövdenin tamamı, ısı kaybına engel olmak için, 1 cm kalınlığında cam

pamuğu ile yalıtılmıştır. Denemeler sırasında, bantın üzerindeki kıyım yatağının ilerleyişini ve difüzyon suyunun akışını izlemek amacıyla, difüzörün her iki yanına 10cm çapında toplam 10 adet gözetleme pencereleri "24" konmuş olup, pencereler ısıya dayanıklı cam ile kapatılmıştır. Gövde, putreller üzerine oturtularak, zemine tesbit edilmiştir.

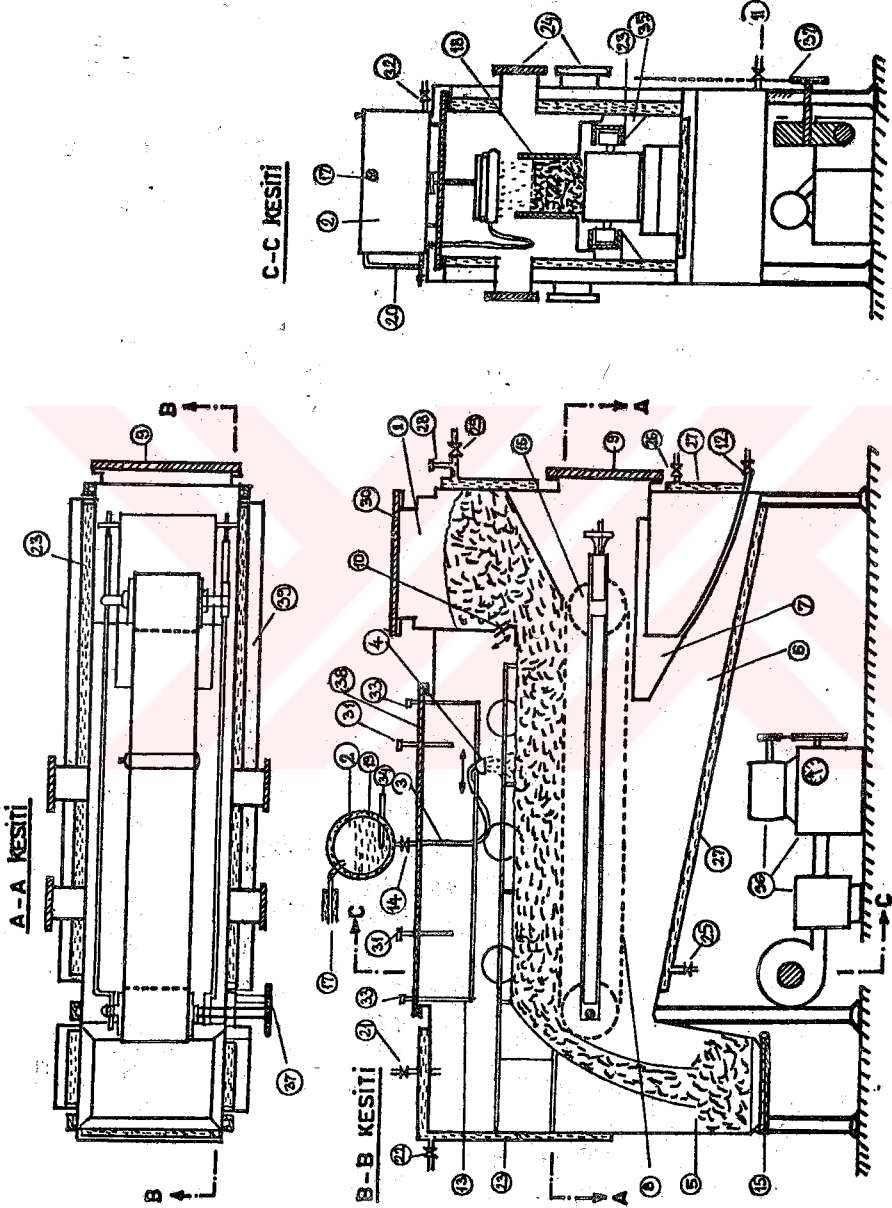
Kıyım besleme bunkerinin ağzı 45x50 cmxcm açıklığında olup, difüzörün içine doğru konik olarak daralmakta "1" ve taşıyıcı bant "8" üzerinde sona ermektedir. Taşıyıcı bant üzerinde, istenen yükseklikte ve düzgün bir yatak oluşturması için, bunkerin çıkış ağzına yükseklik ayar levhası "10" tesbit edilmiştir. Yağlı tohumlardan yağ ekstraksiyonunda, en iyi yatak yüksekliği 20 cm olduğundan, ayar levhası 18-25 cm arasında istenen yükseklikte ayarlanabilmektedir. Çalışmalarımızda pilot ekstraktörde 15-20 cm yatak yüksekliği kullanılmış olup, yatak yüksekliği denemeleri, kolon tipi ekstraktörde yapılmıştır. Doldurma bunkerinin ağzı bir kapakla "30" kapanır.

Ekstraksiyonu tamamlanmış kıyımlar, küspe boşaltma bunkerinde "5" toplanmaktadır. Altta bulunan kapak "15" açılarak küspe dışarı alınabilir. Küspe boşaltma bunkerinin etrafında su ceketı yoktur.

Kıyım yatağından süzülen difüzyon şerbeti, toplama bunkerinde "6" toplanmaktadır. Haşlamalı çalışmalarda ise, haşlama şerbeti haşlanmış kıyımlardan süzülerek, haşlama şerbeti toplama bunkerine "7" akar. Her iki bunkerden de, gerektiğinde sürekli olarak, şerbetler çekilir.

B-) TAŞIYICI BANT : Pancar kıyımlarını üzerinde taşıyan tel örgülü bant "8", merkezleri arasında 125 cm uzaklık bulunan 25 cm çapında iki silindir "16" arasına gerdirilmiştir. Bant çıkarma kapağı "9" açılarak silindirler ve bant , kızaklar üzerinde "35" kolayca kayarak difüzör dışına çıkarılabilmektedir.

Tel örgü bantın delikleri büyük olduğundan, üzerine ince bezden ikinci bir bant geçirilmiştir. Paslanmaz 304 çelikten yapılmış tel bantın genişliği 25 cm, silindirlerin ise 30 cm'dir. Kıyımların bant kenarından dökülmesine engel olmak ve düzgün bir şekilde durmasını sağlamak için, bantın her iki yanında 25 cm yüksekliğinde ve bant boyunca ana gövdedeki çerçevelerine geçirilmiş, cam engeller "18" bulunmaktadır.



ŞEKİL 2.5- Pilot-Plant Gülbaran Difüzörü'nün Teknik Resmi

Şekil 2.5 de Gösterilen Gülbaran Difüzörünün Kısımları :

- 1- Kıyım Besleme Bunkeri
- 2- Difüzyon Besleme Suyu Kollektörü
- 3- Spiral Hortum (paslanmaz)
- 4- Su Damlatma Borusu
- 5- Küspe Boşaltma Bunkeri
- 6- Difüzyon Şurubu Toplama Bunkeri
- 7- Haşlama Şerbeti Toplama Bunkeri
- 8- Tel Örgülü Taşıyıcı Bant
- 9- Bant Çıkarma Kapağı
- 10- Kıyım Yatağı Yüksüklüğü Ayar Levhası
- 11- Difüzyon Şurubu Boşaltma Vanası
- 12- Haşlama Şurubu Boşaltma Vanası
- 13- Damlatma Borusu Rayı
- 14- Küresel Vana
- 15- Küspe Boşaltma Kapağı
- 16- Tel Örgülü Bantı Gerdirme Silindirleri
- 17- Difüzyon Suyu Besleme Borusu
- 18- Cam Engel
- 19- Kollektör Su Ceketı
- 20- Kollektör Seviye Göstergesi
- 21- Havalandırma Vanası
- 22- Difüzör Su Ceketı Giriş Vanası
- 23- Difüzör Su Ceketı
- 24- Gözetleme Pencereleri
- 25- Difüzyon Şerbeti Toplama Bunkerinin Su Ceketı Girişı
- 26- Difüzyon Şerbeti Toplama Bunkerinin Su Ceketı Çıkışı
- 27- Difüzyon Şerbeti Toplama Bunkerinin Su Ceketı
- 28- Su Ceketı Dönüş Suyu Termometresi
- 29- Difüzör Su Ceketı Çıkış Vanası
- 30- Kıyım Besleme Bunkeri Kapağı
- 31- Difüzör Termometreleri
- 32- Kollektör Boşaltma Vanası
- 33- Difüzyon Suyu Damlatma Borusunu Döndüren Diskler
- 34- Kollektör Termometresi
- 35- Taşıyıcı Bant Kızakları
- 36- Motor-Varyatör-Redüktör Sistemi
- 37- Zincir-Dişli Sistemi
- 38- Ekstraktör Üst Kapağı
- 39- Difüzörün Dış Yalıtımı

C-) HAREKET ELEMANLARI : Taşıyıcı bant, varyatör-redüktör sistemi "36" ile hareket ettirilir. Hareket, zincir-dişli sistemi "37" ile banta iletilir. Bant hızı, varyatör üzerindeki kumanda kolu ile 2-0,5 cm/dak. arasında değiştirilebilir. Bantı çeviren varyatör-redüktör sistemi, 0,75 kW gücündeki elektrik motoru ile tahrik edilir.

D-) EKSTRAKTÖR ÜST KAPAĞI : Kesikli çalışmalarda , ekstraktörün doldurulması, ekstraktörün temizlenmesi ve bakımı, bu kapak "38" açılarak yapılır. Kapak üzerinde difüzör iç sıcaklığını ölçmek için iki adet termometre yuvası ve termometre "31" bulunmaktadır. Bunlardan biri zaman zaman sökülerek, buradan yatak içine daldırılan ısıl-çiftin kablosu geçirilmiştir. Ekstraksiyon sırasında yatak sıcaklığı, bu ısıl çiftin kapak üzerine yerleştirilen kadranından takip edilmiştir. Bu ve diğer kapaklar, gövdeye teflon contalarla takılmaktadırlar.

D.1-) Difüzyon Suyu Besleme Kollektörü : Difüzyon suyu tankından gelen, difüzyon sıcaklığındaki su, kollektörde "2" toplanır. Kollektör, çapı 18 cm ve boyu 40 cm olan, 10 litre hacminde yatay duran , 304 paslanmaz çelikten yapılmış silindirik bir kaptır. Üzerinde seviye göstergesi "20" metal koruyuculu termometre "34" ve boşaltma vanası "32" ile havalandırma vanası bulunmaktadır. Küresel bir vana "14" ile kapağa ve su damlatma borusuna "4" bağlıdır. Kollektörün dışına, içinden ceket dolaşım suyunun geçtiği, bakır boru "19" sarılmış ve bunun üzeri de, izolasyon malzemesi ile kaplanmış olup, ısı kayıpları yok edilmiştir.

D.2-) Su Damlatma Sistemi : Kollektördeki su, küresel vanadan "14" ve spiral hortumdan geçerek "3", damlatma memelerini taşıyan hareketli boruya "4" gelir. Kesiti elips şeklinde olan ve paslanmaz 304 çelikten yapılmış bu borunun alt yüzünde, 10 mm aralıkla ve dört sıra halinde 50 adet damlatma memesi bulunur. Bu memeler değişik denemelerde 0,4 mm, 0,55 mm, ve 0,85 mm delik çaplı olarak değiştirilmiştir. Memeleri taşıyan boru, iki ray "13" arasında, yatak boyunca yatağı yıkayarak ilerler ; yatağın sonuna geldiğinde hızla başa dönerek, yıkama işlemini tekrarlar. Raylar kapak üzerindeki iki diske tesbit edildiğinden "33", disklerin döndürülmesi ile memelerde dairesel olarak hareket eder. Her denemeden önce raylar yağlanarak, rahat bir çalışma sağlanmıştır.

Tankın üzeri cam yünü ile yalıtılmıştır. Tankın altından alınan sıcak su, küresel vanadan ve akımmetreden geçerek difüzör üzerindeki kollektöre gelir. Akımmetre "9" ile kollektör arasındaki borunun üzerinde de su ceketini "11" bulunmaktadır, Difüzyon suyu besleme tankından kollektöre suyun akışı, tamamen hidrostatik bir şekilde olup, pompa kullanılmamaktadır.

B-) CEKET DOLAŞIM SUYU TANKI : Difüzörün etrafındaki su ceketinde "12", kollektörün üzerindeki spiral bakır borularda "13" ve kollektöre suyun geldiği borudaki su ceketinde "11", difüzyon sıcaklığının 5°C üzerindeki sıcaklıkta su dolaştırılmaktadır. Bu su, boyu 135 cm ve iç hacmi 200 litre olan sıcak su tankından "15" sağlanmaktadır. Tank çıkışına yerleştirilen dolaşım pompası ile "16" sıcak su, difüzyon işlemi süresince sürekli olarak sistemde dolaştırılarak, ısı kayıpları en aza indirilmiştir. Tanktaki suyun ısıtılması, 2 adet 6'şar kW'lık termostatlı elektrikli ısıtıcı ile "17" yapılmaktadır. Bu tanka taze su beslemesi, difüzyon besleme suyu tankının üst kısmında bulunan, üstü açık kübik bir besleme tankından "18" yapılmaktadır. Tankta, metal koruyuculu termometre "19" ve boşaltma vanası "20" bulunmaktadır.

2.2.4- GÜLBARAN PİLOT-PLANT DİFÜZÖRÜNÜN DİĞER YARDIMCI ALETLERİ

Şekil 2.6'dan görüleceği gibi, difüzyon besleme suyu tankına taze su beslemesi, zeminde bulunan 60 litre hacminde ve paslanmaz 304 çelikten yapılmış, silindirik bir tanktan "21" yapılmaktadır. Bu tanka beslenen şehir suyuna pH=6 oluncaya kadar sülfürik asit ilâve edilmekte ve sonra, el ile çalıştırılan emme-basma bir pompa "6" yardımı ile, difüzyon besleme suyu tankına pompalanmaktadır.

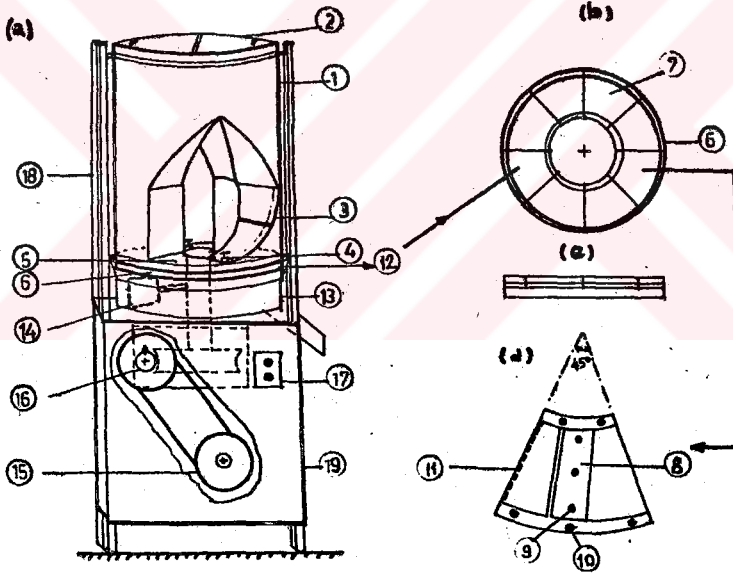
Şekil 2.6'da "9" no. ile gösterilen akımmetre 0-25 litre/saat'lik olup, sisteme beslenen kıyım miktarı ile orantılı olarak, hemen üstündeki küresel bir vana ile ayarlanmaktadır.

Sistemdeki tüm elektrikle çalışan cihazların bağlı olduğu kumanda panelinde, açma-kapama düğmeleri ve göstergelambaları mevcuttur. Ana giriş anahtarı kilitli olup, sistemin izinsiz çalıştırılması mümkün değildir.

Şekil 2.4'de gösterilen haşlama işlemi, hacmi 35 litre olan silindirik kazanda yapılmış olup karıştırma işlemi için ahşap bir kürek kullanılmıştır. Tartımlar ise, çekeri 30 kg olan terazide yapılmıştır. Temizleme ve yıkama işlemleri büyük plâstik leğenler içinde, pancarların plâstik fırçalarla fırçalanarak, yıkanması suretiyle gerçekleştirilmiştir.

2.2.5- PİLOT-PLANT PANCAR DOĞRAYICI

Şeker pancarının, istenen incelikte kıyımlar halinde doğranabilmesi için, Pilot-plant Gülbaran difüzyon tesisinde kullanılmak üzere, Şekil 2.7 de şematik olarak gösterilen, 80 cm çapında ve 220 cm yüksekliğindeki pilot pancar doğrayıcısı, dizayn edilip yaptırılmıştır.



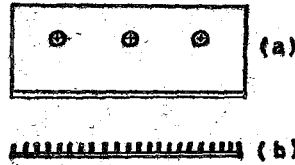
ŞEKİL 2.7- Pilot-Plant Pancar Doğrayıcısı

Pilot doğrayıcı, üst kısımda 75 cm çapında ve 100 cm yüksekliğinde paslanmaz 304 çelikten yapılmış besleme bükresi "1" ve onun hemen altında, piring malzemedan yapılmış bıçak kasalarını "7" taşıyan 2 cm kalınlığında yatay dairesel tabla "6" ile, kesilen kıyımların toplanıp dışarı atıldığı,

10 cm yükseklik ve 75 cm çapındaki paslanmaz tepsi "13" ve alt kısımda 100 cm yükseklikteki motor-varyatör kısmından "19" oluşmaktadır. Bunkerin üstü, menteşeli 2 adet kapakla "2" örtülü olup, alt kısım iki bacak şeklindedir. Bacakların alt kısımları, tablanın dönüş yönünde konik şekilli olup "3" ikiye vida ile kapanan birer kapak ihtiva etmektedirler. Bu konik şekilli bacaklar "4", pancarın kesilirken bıçakların üstüne doğru bastırılmasını sağlarlar. Döner tabla "12", üzerine beşer adet vida ile bağlanan 8 adet bıçak kasası "7", 17 cm uzunluğundaki birer bıçak "8" ile, bıçağın ön tarafındaki tarağı "11" ihtiva eder. Bıçaklar, alt kısımlarından üç adet vida "9" ile kasaya tutturulmuş olup, yine alt kısımlarındaki üç adet vida ile, kesici kısımları 0-3 mm yükseklikte ayarlanabilmektedir. Kesilen kıyımların döküldüğü tepsi içinde, tablanın 1/4 devrinde dönen iki adet sıyırıcı kanat "14" kıyımları dışarı atmaktadır.

Doğrayıcı, 4 kW gücündeki bir elektrik motoru ile tahrik edilmekte olup, V kayışlı hız değiştirici "15" ve hız düşürücü bir varyatör ile tablanın devri, 20-120 dev/dakika arasında ayarlanabilmektedir "16". Doğrayıcı, 4 adet kara kesitli mesnet "18" ile desteklenmiştir. Alt kısma yerleştirilmiş bir anahtar "17", doğrayıcının çalıştırılıp durdurulmasını sağlar.

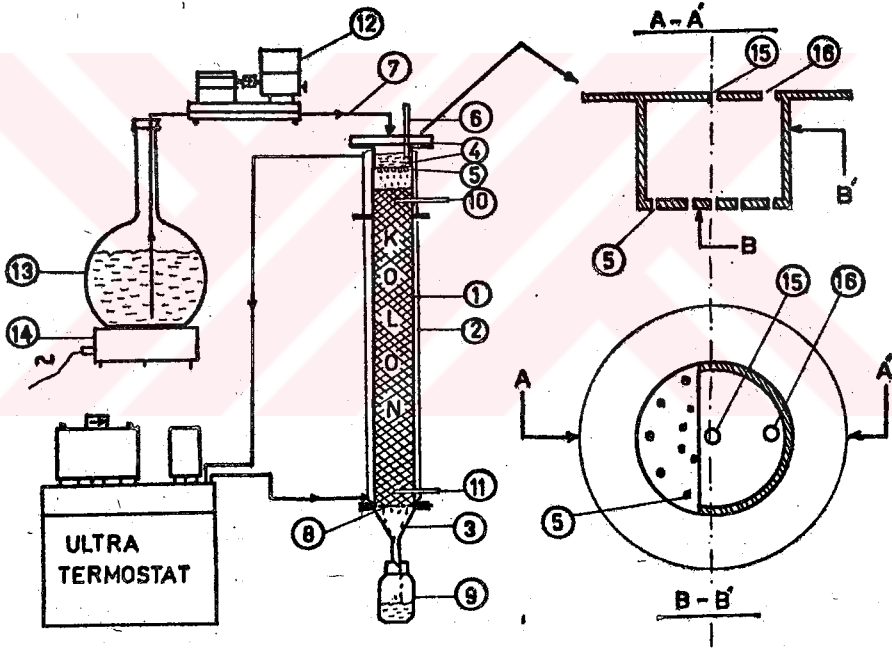
Şekil 2.8'de gösterilen düz ağızlı bıçak ve tarak sistemi ile pancarlar, şerit kıyım halinde kesilmektedir.



ŞEKİL 2.8- Pilot Doğrayıcının, (a) Kesici düz bıçakları, (b) Kesici Tarakları

2.2.6- KOLON TİPİ DENEY DİFÜZÖRÜ VE ÇALIŞMA DÜZENİ

Pilot-plant Gülbaran difüzöründe kıyım yatağı yüksekliği, en fazla 25 cm ile sınırlıdır. Bu nedenle, pilot-tesiste yapılan denemelerde kıyım yatağı yüksekliği, 15-25 cm arasında olmak durumundadır. Gülbaran yönteminde kıyımlar kendi içlerinde hareketsiz olduklarından, en iyi kıyım yatağı yüksekliğini bulmak için gerekli denemeler, Şekil 2.9 da çalışma düzeni gösterilen, kolon tipi bir difüzörde gerçekleştirilmiştir.



ŞEKİL 2.9- Kolon Tipi Deney Difüzörü ve Çalışma Düzeni

- 1- Kolon Gövdesi
- 2- Su Çeketi
- 3- Huni
- 4- Damlatma Sistemi
- 5- Damlatma Memeleri
- 6,10,11- Termometreler
- 7- İnce Hortum

- 8- Tel Elek
- 9- Kavanoz
- 12- Mikro-Pompa
- 13- Cam Balon
- 14- Elektrikli Isıtıcı
- 15- Hortum Deligi
- 16- Termometre Deligi

Denemelerde kullanılan kolon "1", 56 mm iç çapında, 80 ve 15 cm uzunluklarında iki parçadan oluşmaktadır. Her iki parça da, 3 mm kalınlığındaki pleksiglas malzemeden yapılmıştır. Kolonun dışında, difüzyon sıcaklığının 5°C üzerindeki sıcaklıkta suyun geçtiği, bir su ceketini bulunmaktadır "2". Dolaşım suyu, bir ultratermostattan sağlanmaktadır. Kolonun altında, paslanmaz 304 çelikten yapılmış bir şerbet toplama hunisi "3" ve huni ile kolon arasında, ince tel elek "8" bulunmaktadır. Kolonun üst kısmında, paslanmaz 304 çelikten yapılmış bir damlatma sistemi "4" vardır. Damlatma sisteminin ayrıntılı şekli, yine Şekil 2.9'da görülmekte olup, üst kısmında besleme suyu hortumunun "7" giriş deliği "15" ve bir termometre "6" deliği "16" bulunmaktadır. Damlatıcının alt kısmında ise, dairesel yüzeye homojen şekilde dağılmış, 19 adet damlatma memesi "5" bulunmaktadır ve memelerin delik çapları 0,55 mm olarak bilinmektedir.

Difüzyon besleme suyu, hacmi 7 litre olan camdan yapılmış bir balonda "13", bir elektrikli ısıtıcı "14" yardımıyla istenen sıcaklığa ısıtılmakta ve iç çapı 2 mm olan plâstik hortumdan "7", bir mikropompa (mp-2) "12" vasıtasıyla dağıtıciya beslenmektedir. Mikro-pompanın devri, besleme suyu debisine göre değiştirilmekte olup, 16-235 devir/dakika olarak ayarlanabilmektedir.

Kolonun gövdesinde, biri alt, diğeri üst kısımda olmak üzere, iki adet termometre "10,11" bulunmaktadır.

2.3- GÜLBARAN EKSTRAKSİYON YÖNTEMİ VE DİFÜZÖRÜ İÇİN MATEMATİK MODELLER

Şekerin difüzyonu prosesini matematiksel olarak inceleyen Silin, Oplatka, Brüniche-Olsen ve diğer araştırmacıların amaçları, difüzörleri matematik denklemlerle ifade etmek olmuştur (9,10,17,20,22,23,24,27,28,29,30). Schneider ve arkadaşları, diğer araştırmacıların buldukları sonuçlardan da faydalanarak, çeşitli difüzyon yöntemlerini, o yöntemlere özgü karakteristik fonksiyonlarla ifade ederek, aşağıdaki gibi genel bir denklemle gösterilebileceğini bildirmektedirler (9,22,24,39) :

$$\frac{c_o}{c} = \frac{D \cdot \psi - 1}{D - 1} \quad (2.1)$$

Bu denklemde, c_0 pancarın ve c küspenin sıvı fazındaki şeker konsantrasyonlarıdır. D , şerbet çekışı olup, kıyımlar dışındaki sıvı fazın miktarının, kıyımlar içindeki sıvı fazın miktarına oranıdır. ψ ise, çeşitli prosesler için değişik biçimde tanımlanan karakteristik fonksiyondur. Kademeli ters akım (kademelerde çapraz akım) prensibini uygulayan DeSmet difüzörü için, ψ , aşağıdaki biçimde tanımlanmıştır :

$$\psi = P^z \quad ; \quad P = \frac{D - 1 + C_m}{D \cdot C_m}$$

$$C_m = e^{-\beta} + \sum_{v=1}^{\infty} \frac{\beta^v \cdot e^{-\beta}}{v!} \int_{x=0}^{x=1} f(x) \cdot dx \quad (2.2)$$

$$f(x) = 1 - e^{-D\beta x} + D\beta x e^{-D\beta x} \dots \frac{1}{(v-1)!} (D\beta x)^{v-1} \cdot e^{-D\beta x}$$

$$\beta = K_s A / M$$

Bu denklemlerde, z hücre veya kademe sayısını göstermektedir. A , difüzyon yüzeyini ; M , geçen kıyım miktarını ifade eder.

Schliephake ve Wolf, çapraz akımla çalışan bir difüzyon hücresi için, (2.2) denklemini, aşağıdaki gibi basitleştirmişlerdir :

$$C_m = c/c_0 = e^{-\beta} \left[(1 + \beta + \beta^2) + (D + D\beta + \beta^2/2) (e^{-\beta/D} - 1) \right] \quad (2.3)$$

$$\beta = K \cdot t$$

Bu denklemde t , difüzyon süresini göstermektedir.

Marignetti ve arkadaşları, kıyımlardan şerbete geçen şeker ekstraksiyonunun, birinci mertebeden reaksiyonlara benzer şekilde oluştuğunu kabul edip, istatistik mekanik geneli kanunlarını modern kimyasal kinetiğe uygulayarak, tüm difüzörler için, aşağıdaki basit ve kullanışlı bağıntıyı elde etmişlerdir (11,21) :

$$X_m = 100.e^{-K'(T_m.L.D.t)} \quad (2.4)$$

Bu denklemdeki X , % difüzyon kaybını ; T_m , ortalama difüzyon sıcaklığını ($T_m = T/\mu$, T mutlak sıcaklık ve μ suyun poise olarak viskozitesi) ; L , 100 g kıyımın metre olarak uzunluğunu gösteren Silin Sayısını ve D ise, şerbet çekişini göstermektedir. K' , ekstraktör veya difüzörün dizayn ve özelliklerine bağlı, yönlendirici bir katsayıdır.

Spaninks ve Bruin'in çalışmalarından, bir difüzyon batarjasının tek bir kolonu ile, çapraz akımla çalışan bantlı bir ekstraktörün, aynı matematik modele sahip oldukları görülmektedir (13). Buna göre, denemelerimizde kullandığımız kolon tipi difüzör ile, pilot-plant Gülbaran difüzörünün de, aynı matematik modele sahip olduklarını söyleyebiliriz. Kolon tipi difüzörde, ekstraksiyon süresi ile, kıyımlardaki şeker konsantrasyonunun değişimi ; pilot-plant Gülbaran difüzöründe, bant uzunluğu boyunca kıyımlardaki şeker konsantrasyonunun değişimine tekabül eder.

Yukarıda verilen matematik denklemlerden, (2.3) ile (2.4) denklemleri, Gülbaran difüzörü için uygulanabilir şekildedir. Ancak her iki denklemde de K katsayılarının, Gülbaran difüzörü için tesbiti gereklidir. Üçüncü bölümde sunulan deneysel çalışmaların sonuçlarından, K katsayıları bulunacak ve son bölümde, her iki denklem yeniden gözden geçirilecektir.

B Ö L Ü M 3

D E N E M E L E R

3.1- AMAÇ

Bir difüzörün çalışmasında, aşağıdaki dört değişkenin doğrudan etkili olduğu bilinmektedir (11) :

- 1- Ortalama difüzyon sıcaklığı,
- 2- Kırım boyutları (Silin Sayısı),
- 3- Difüzyon süresi,
- 4- Şerbet çekişi

Ekstrakte edilen kıyıda kalan şeker (küspede kalan şeker) dolayısıyla olan kaybın, dolaylı etkili, taze kıyımların şeker kapsamının ise etkisiz parametreler olduğu da kesindir(11).

Bir difüzörün en iyi çalışma şartları belirtilirken, doğrudan etkili dört değişken karşısında, dolaylı etkili değişkenin davranışının bilinmesi ve ona göre dört değişkenin en iyi durumunun tesbiti gereklidir. Buna göre, Gülbaran difüzörünün en iyi çalışma şartlarının tesbitinde, dört değişkenden her birinin, difüzyonla şeker kaybına etkisi araştırılmıştır.

Pancar şekeri teknolojisinde, ortalama difüzyon sıcaklığı ve şerbet çekişi, araştırma konusu olmaktan çıkmıştır. Ortalama difüzyon sıcaklığının, 1.4.3.2- kısmında açıklandığı şekilde, 70-73°C civarında olması kaçınılmazdır. Bu nedenle, çalışmalarımızda ortalama difüzyon sıcaklığı, 70-73°C civarında seçilerek sabit kabul edilmiş ve bir değişken olarak ele alınmamıştır. Difüzyondan alınan şerbetin, difüzyona verilen pancara oranı olan çekişin ise, difüzyonla şeker kaybına nasıl etkili olduğu 1.4.3.3- kısmında açıklanmıştır. Çekişin, olanaklar ölçüsünde küçük tutulmasının, şeker maliyetine olumlu katkısı bilinmekte ise de, pancar şekeri teknolojisinde halen kullanılan difüzörlerde % çekiş, % 105-130 aralığındadır.

Denemelerde çekişin, bu aralıkta sabit tutulmasına itina edilmiş ve denemelerdeki sonuçlar, % 125 çekiş için düzeltilerek, çekişin sabit olması sağlanmıştır. Böylece, ortalama

difüzyon sıcaklığı ve çekiş, denemelerde sabit olarak ele alınmıştır.

Bantlı ekstraktörlerde, diğer bir değişken daha ortaya çıkmaktadır. Hidrodinamik etkiler ve pancar dokusunun etkisi nedeni ile, "pancar kıyımı yatak yüksekliği" bir değişken olarak görülmektedir. Böylece, denemelerimizde nelerin araştırılacağı ortaya çıkmaktadır. Difüzyon süresi, kıyım boyutları ve kıyım yatağı yüksekliği değişken olarak ele alınacak ve bunların, difüzyonla şeker kaybına etkisi araştırılarak, en iyi çalışma şartları bulunacaktır.

3.2- DENEMELERİN SINIFLANDIRILMASI

Denemeler aşağıdaki gibi sınıflandırılmış ve bu sınıflar ayrı ayrı incelenmiştir :

I- Pilot-plant Gülbaran difüzöründe yapılan Denemeler :

A- Ön Haşlamasız Denemeler : Kıyım kalınlığı parametre alınarak, difüzyon süresi ile difüzyonla şeker kaybı arasındaki bağıntının bulunması.

B- Ön Haşlamalı Denemeler :

a) Kesikli Denemeler : Kıyım yatağı yüksekliği parametre alınarak, difüzyon süresi ile difüzyonda şeker kaybı arasındaki bağıntının bulunması.

b) Sürekli Denemeler : Difüzyon süresi ile difüzyon kaybı arasındaki bağıntının bulunması.

II- Kolon Tipi Difüzörde Yapılan Denemeler :

A- Yatak yüksekliği parametre alınarak difüzyon süresi ile difüzyon kaybı arasındaki bağıntının bulunması.

B- Difüzyon Süresi parametre alınarak, yatak yüksekliği ile difüzyon kaybı arasındaki bağıntının bulunması.

C- Kıyım kalınlığı parametre alınarak, difüzyon süresi ile difüzyon kaybı arasındaki bağıntının bulunması.

3.3- PANCAR, KÜSPE, DİFÜZYON ŞERBETİ VE DİFÜZYON BESLEME SUYUNDA YAPILAN FİZİKSEL VE KİMYASAL TAYİN YÖNTEMLERİ

Difüzyon işleminin kontrolu ve iyi bir verim elde edilebilmesi için, difüzyona giren ve çıkan maddelerin özelliklerinin iyi bilinmesi gereklidir. Bu çalışmada, difüzyon hammadde-si ve ürünlerinde yapılan tayinlerde, ICUMSA'nın resmi metot olarak kabul ettiği standart metotlar kullanılmıştır.

A- Pancar ve Pancar Kıyımında Yapılan Tayinler :

- 1- Silin Sayısı : 100 g kıyımın, uç uca konularak, meydana gelen şeritin metre cinsinden uzunluğudur (9,21,22,24,51).
- 2- İsveç Sayısı : Alınan belirli birtartımda, 5 cm den uzun kıyımların ağırlığının, 1 cm'den kısa kıyımların ağırlığına oranıdır (9,22).
- 3- Kırıntı İçeriği : Alınan belirli bir tartımdaki, 1 cm'den kısa kıyım parçaları ve eziklerin yüzde oranıdır (9,22).
- 4- % Kuru Madde : (Gravimetrik Metot) Analitik terazide, pancar kıyımı ezmesinden belirli bir miktar, darası alınmış bir numune kabına tartılır ve etüvde tartım farkı olmayıncaya dek(5-7 saat) kurutulduktan sonra, desikatörde soğutularak tartılır ve elde edilen değere göre % kuru madde hesaplanır (52,53).
- 5- % Polar Şeker : Seri analizlerde başarı ile kullanılan ICUMSA'nın resmi metotlarından, soğuk digestiyon metodu kullanılmıştır (54, p.14-17). Metodun esası, ince ezme haline getirilmiş pancardan şekerin su ile ekstrakte edilmesi ve ekstraktaki bir kısım şeker dışı maddelerin, bazik kurşun asetat ile çöktürülüp ayrıldıktan sonra, çözeltideki şeker yüzdesinin (optik çevirmesinin) polarimetre ile ölçülmesi ilkesine dayanır (15, 17,52,53,54).
- 6- % İnvert Şeker : ICUMSA'nın resmi metotlarından OFNER metodu kullanılmıştır (54, p.57-59)(55,56, 57).

- 7- % Mark : Pancarın suda çözünmeyen kısmı olarak tanımlanan (bakınız 1.3.2-) markın tayininde, Claassen metodu kullanılmıştır (15,17,52,57).
- 8- % Kül : (Gravimetrik Sülfat Külü Tayini) Tartımı belirli pancar ezmesi, bir miktar derişik sülfat asidi ile karıştırılarak, önce 550°C sıcaklığa ve sonra 650°C sıcaklığa kadar ısıtılıp, yakılarak sabit ağırlığa kadar devam edilir. Sonuç, sülfat külü olarak verilir. Karbonat külü, resmi metot olarak yürürlükten kaldırılmıştır (15, 52,58,59).

B- Küspede Yapılan Tayinler :

- 1- % Kuru Madde : Gravimetrik metotla, pancar kıyımında olduğu gibi yapılmıştır.
- 2- % Polar Şeker : Pancar ezmesinde olduğu gibi , soğuk digestiyon metodu kullanılmıştır. Ancak küspenin düşük şeker kapsamından dolayı, 60 g küspeye 178,2 ml sulu bazik kurşun asetat ilâve edilerek, Starmix beherinde 3 dakika çekilmiştir. Süzüntü 400 mm lik tüpte polarlanarak okunan değerin yarısı alınmıştır (52,57).

C- Difüzyon Şerbetinde Yapılan Tayinler :

- 1- % Kuru Madde : ICUMSA'nın refraktif indisi tablolarına göre, % sakaroz (g/100 g) olarak dereceli şeker refraktometresi ile, refraktometrik % kuru madde tayini yapılmıştır. Refraktometrik Brix (Bx^0) derecesi de denilen bu ölçme ile, difüzyon şerbetinde çözünmüş katıların % sakaroz olarak değeri bulunmaktadır(15,17,52,54(p.120-21) 57,59).
- 2- % Polar Şeker : 100/110 ölçü metodu kullanılarak ölçüm yapılmıştır (15,52,57). Bu metoda göre,100 ml ham şerbet kurşun asetat çözeltisi ile 110 ml ye tamamlanır, çalkalanır, 10 dakika bekletilir, süzülür, 200 mm lik polarimetre tüpü ile okuma yapılır. Sakaroz içeriği, çözeltinin Brix derecesinden de yararlanılarak Schmitz, Paar, Hirschmüller vb. cetvellerden okunabilir. Bu metot , Normal Ağırlık Metoduna göre, sulu ürünlerde daha hassas netice verir.

3- pH Değeri : Referans elektrot-cam elektrotlu pH-metre kullanılarak ölçüm yapılmıştır (15,52, 54(p.131-32),57,58).

D- Difüzyon Besleme Suyunda Yapılan Tayinler :

Difüzyon besleme suyunda, deneyler sırasında zaman zaman taze su hazırlanırken pH kâğıdı ile pH ölçümü yapılmıştır. Difüzyon için normal şehir suyu kullanıldığından taze suyun pH'ı 5,8-6,0 oluncaya kadar sülfat asidi ilâve edilmiştir.

Difüzyon besleme suyunda pH ayarlaması yapılmadan önce, EDTA titrasyon metodu ile zaman zaman yapılan "Bütün Sertlik" tayinlerinin ortalaması 155 ppm CaCO_3 olarak bulunmuştur.

3.4- PİLOT-PLANT GÜLBARAN DİFÜZÖRÜNDE YAPILAN DENEMELER

3.4.1- ÖN HAŞLAMASIZ DENEMELER

A - AMAÇ : Belirli kalınlıkta kıyılmış şeker pancarının, herhangi bir ön işlem yapılmadan doğrudan ekstraktöre beslenerek, sabit sıcaklık ve şerbet çekişi ile çalışıldığında, difüzyon süresi ile difüzyonda şeker kaybı arasındaki bağıntının bulunmasıdır. Bu bağıntının bulunmasında kıyım kalınlığı (dolayısıyla Silin Sayısı) parametre olarak alınacaktır.

B - DENEMELER :

DENEME-1 , DENEME-2 , DENEME-3 , DENEME-4 :

Temizlenip yıkanmış pancarlar, pilot tipi kesicide 3-4 mm eninde ve 1,5-1,7 mm kalınlığında şerit kıyım halinde kesilerek herbir denemede Silin Sayısı, İsveç Sayısı ve Kırıntı içeriği ölçülmüştür. Tablo 3.1 de verilen Silin Sayılarının ortalaması 15,0 olarak bulunmuştur. 1.denemede 9,4 kg , 2.denemede 7,0 kg , 3.denemede 8,15 kg ve 4.denemede 6,1 kg pancar kıyımı 15 cm yüksekliğinde, 20 cm eninde ve kıyım dolusu, yaklaşık olarak 65 kg/hl (hektolitre) olacak şekilde, difüzör bantı üzerine yerleştirilmiştir. Difüzör kapağı kapatıldıktan sonra soğuk kıyımın bir miktar ısınması için ,

her denemede yaklaşık olarak 2,5 saat beklenilmiştir. Difüzör ceketini dolaşım suyu, ortalama 80°C de ve difüzyon besleme suyu yaklaşık 75°C de denemelere başlanmıştır. Her bir denemede şerbet çekışı, yaklaşık % 125 olacak şekilde taze su debisi ayarlanmıştır. Difüzyon suyu damlatma borusu, kıyım yatağı üzerinde periyodik olarak hareket ettirilerek, kıyımların homojen biçimde ıslanması sağlanmıştır. Pilot tesisteki tüm sıcaklıklar, her on veya onbeş dakikada bir kontrol edilerek kaydedilmiştir. Kıyım yatağı içine yerleştirilen bir termometre yardımıyla, yatak sıcaklığı difüzyon süresince gözlenmiştir. Ayrıca, her on veya onbeş dakikada, toplanan difüzyon şerbetinde refraktometre ile % kuru madde tayini yapılarak, difüzyonun yürüyüşü izlenmiştir. Bu dört denemeye ait, hammadde ve ürünlerin özellikleri ile deneme koşulları Tablo 3.1 de görülmektedir.

TABLO 3.1- Ön Haşlamasız ve Kesikli Olarak Yapılan Denemeler ve Özellikleri (Kıyım için Silin Sayısı, L= 15'dir)

Hammadde ve Ürünlerin Özellikleri	Deneme Numarası			
	1	2	3	4
Kıyımın, Silin Sayısı (L)	14,2	15,5	15,8	14,5
İsveç Sayısı	4,1	7,9	7,5	5,0
Kırıntı İçeriği, %	8,25	8,0	8,3	10,3
Pancarda, % Polar Şeker, c _o	12,50	14,0	12,60	12,30
% Kuru Madde, r _p	18,87	20,56	18,97	18,25
Küspede, % Polar Şeker, c (p.g.)	4,45	3,93	2,96	2,64
% Kuru Madde, r _k	10,34	9,93	8,75	7,80
Miktar, % p.g.	86,7	89,3	87,1	87,8
Şerbette, % Polar Şeker, c _s	6,78	8,83	7,90	7,54
% Kuru Madde, r _s	8,10	10,25	9,30	8,90
Deneme Koşulları				
Ort. Yatak Sıcaklığı, T °C	69,4	73,3	-	-
% Şerbet Çekışı, D x 100	118	114	122	128
Difüzyon Süresi, t dakika	70	100	115	130
% Şeker Kaybı, (c/c)x100	35,6	28,1	23,5	21,5
% Şeker Kaybı, %125 Çekişte	33,5	24,9	22,7	22,3

Deneme koşullarının son satırında gösterilen %125 çekişte, % şeker kaybı, belirli kabuller çerçevesinde, Marignetti ve Mantovani'nin tüm difüzörler için bulduğu formül kullanılarak hesaplanmıştır (11,21). Örnek olarak, 1.deneme için yapılan dönüştürme aşağıdaki gibidir :

$$(c/c_o) \times 100 = X_m = 100.e^{-K'(T_m.L.D.t)} \quad (\text{Genel Formül})$$

$$X_m = 100.e^{-[\ln(100/X_1)] 1,25/D_1} \quad (\text{Yalnızca D değişken})$$

$$- [\ln(100/X_1)] 1,25/D_1 = -[\ln(100/35,6)] 1,25/1,18 \\ = -1,09396$$

$$X_m = 100.e^{-1,09396} = 33,5$$

DENEME-5 , DENEME-6 , DENEME-7 , DENEME-8 , DENEME-9 ,
DENEME-10 , DENEME-11 , DENEME-12 , DENEME-13 :

Bu grupta yapılan dokuz deneme de, daha önce yapılan ilk dört denemede olduğu gibi yapılmıştır. Önceki denemelerden farklı olarak, bu grupta kıyım kalınlığı, 1 mm civarına indirilmiştir. Buna bağlı olarak, bu grup için ortalama Silin Sayısı $L=23$ olarak bulunmuştur. 9.denemede, her onbeş dakikada toplanan difüzyon şerbetinde refraktometrik % kuru madde, % polar şeker tayinleri yapılmış ve her kısım şerbetin % arılığı hesaplanmıştır. Buna ait değerler ve grafikler, bu kısmın sonuç bölümünde Tablo 3.4 ve Şekil 3.3 de görülmektedir. 10.denemede yapılan % mark tayininde, % 4,2 lik değer bulunmuştur.

Bu grupta, 5.denemede 5,88 kg , 6.denemede 4,40 kg , 7.denemede 6,50 kg , 8.denemede 6,40 kg , 9.denemede 8,30 kg , 10.denemede 9,00 kg , 11.denemede 6,50 kg , 12.denemede 9,00 kg ve 13.denemede 6,23 kg taze kıyım ile çalışılmıştır.

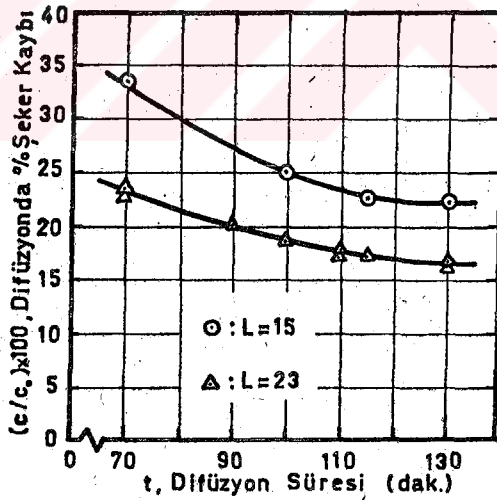
Bu gruptaki denemelere ait değerler, Tablo 3.2 de gösterilmiştir.

TABLO 3.2- Ön Haşlamasız ve Kesikli Olarak Yapılan Denemeler ve Özellikleri
(Kıyım İçin Silin Sayısı, L=23'dür)

Hammadde ve ürünlerin Özellikleri	Deneme Numarası												
	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
Kıyımın, Silin Sayısı (L) İsveç Sayısı Kırıntı İçeriği, %	- - -	24,5 5,54 10,1	- - -	21,3 4,56 12,6	- - -	- - -	22,8 4,89 11,6	- - -	23,4 5,10 10,7				
Pancarda, % Polar Şeker, c _o % Kuru Madde, r _p	10,8 17,21	12,4 18,72	13,2 19,37	12,9 19,55	13,0 19,04	13,5 19,72	11,3 17,70	11,3 17,85	12,4 18,48				
Küspede, % Polar Şeker, c (p.g.) % Kuru Madde, r _k Miktar, % p.g.	2,80 8,86 86,7	2,60 7,91 90,9	3,18 8,83 90,0	2,53 8,76 86,7	2,30 7,58 90,1	2,53 8,30 84,1	2,12 7,50 88,4	2,03 7,35 88,5	1,80 6,73 90,2				
Şerbette, % Polar Şeker, c _s % Kuru Madde, r _s	6,83 7,90	7,28 8,40	8,92 10,20	8,50 9,80	8,61 9,80	8,99 10,45	7,71 9,30	7,72 9,45	8,03 9,40				
Deneme Koşulları													
Ort. Yatak Sıcaklığı, T ^o C % Şerbet Çekişi, D.100 Difüzyon Süresi, t dakika % Şeker Kaybı, (c/c)x100 % Şeker Kaybı, % 125 Çekişte	- 117 70 25,9 23,6	- 133 70 21,0 23,1	- 112 90 24,1 20,4	72,2 120 100 19,6 18,8	- 123 110 17,7 17,2	- 122 110 18,7 17,9	66,0 119 115 18,8 17,3	72,6 120 130 18,0 16,8	65,1 132 130 14,5 16,1				

C - SONUÇ :

Şeker teknolojisinde kullanılan difüzörlerin çalışmasında, küspede kalan şeker yüzdesinden çok, bunun pancarla giren şeker yüzdesine oranı, daha çok önem taşır. Tablo 3.1 ve Tablo 3.2 deki % 125 çekişe göre düzeltilmiş $(c/c) \times 100$ değerlerini difüzyon süresine karşı grafiğe taşırsak, Şekil 3.1 de görülen iki eğri ele geçer. Üstteki eğri ilk dört denemeye ait olup, $L = 15$ 'dir ; alttaki eğri ise, 5-13 no.lu denemeleri temsil etmekte olup $L = 23$ 'dür. Her iki eğriden de görüldüğü gibi, difüzyon süresi uzadıkça küspe ile kaybedilen şeker yüzdesi azalmaktadır. Ancak, difüzyon süresinin daha fazla uzatılmasının % kayıp üzerine etkisi gittikçe azalmaktadır. Grafikten görüldüğü gibi, difüzyon süresi 140 dakikaya çıkarıldığında $L = 15$ için, küspe ile kaybolan şeker yüzdesi ancak % 22'ye düşmekte, $L = 23$ için ise bu değer % 16'ya kadar inmektedir. Ancak, şeker teknolojisinde bu değerler % 2-3 civarına kadar düşürülebilmektedir. Bu nedenle, şeker tekniğinde 140 dakikadan daha uzun difüzyon süresi uygulanmadığından, bu koşullarda bu ekstraktörün çalıştırılmasının teknik bir önemi yoktur.

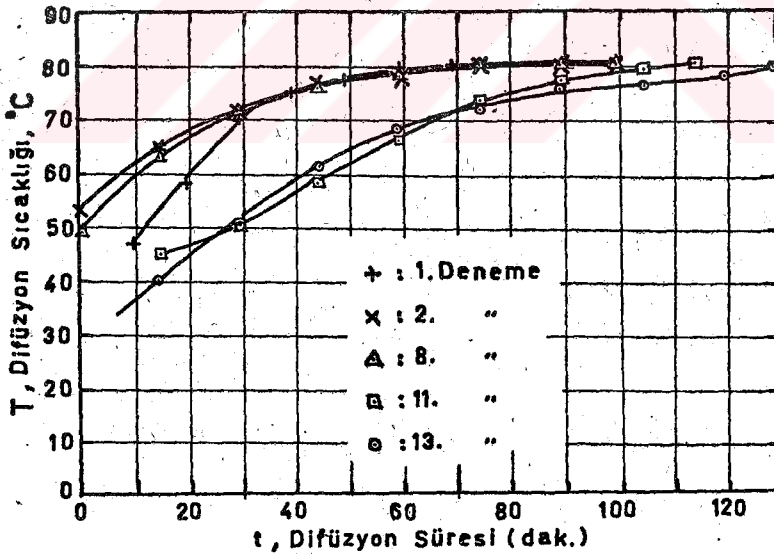


ŞEKİL 3.1- Küspe ile Kaybolan % Şeker Kaybı ile Difüzyon Süresi Arasındaki Bağlantı, Ön Haşlamasız ve Kesikli Denemeler için

Gülbaran difüzörünün bu koşullarda neden kötü sonuç verdiği araştırılırsa, ilk akla gelen difüzyon sıcaklığının incelenmesi olacaktır. $L = 15$ ve $L = 23$ için yapılan denemelerin bazılarının yatak sıcaklığının, difüzyon süresince değişimi, Tablo 3.3 ve Şekil 3.2 de görülmektedir.

TABLO 3.3- Kıyım Yatağı Sıcaklığının Difüzyon Süresince Değişimi

Deneme No.	Difüzyon Süresi, Dakika	0	10	15	20	30	40	45	50	60	75	90	100	105	115	130
1	Sıcaklık, °C	-	47	-	58	70	75	-	77	79	-	-	-	-	-	-
2		53	-	65	-	71	-	76	-	79	80	80	80	-	-	-
8		49	-	63	-	72	-	76	-	78	80	80	80	-	-	-
11		-	-	45	-	50	-	58	-	67	73	76	-	79	80	-
13		-	-	40	-	50	-	61	-	68	72	75	-	76	-	79



ŞEKİL 3.2- Yatak Sıcaklığının Difüzyon Süresince Değişimi

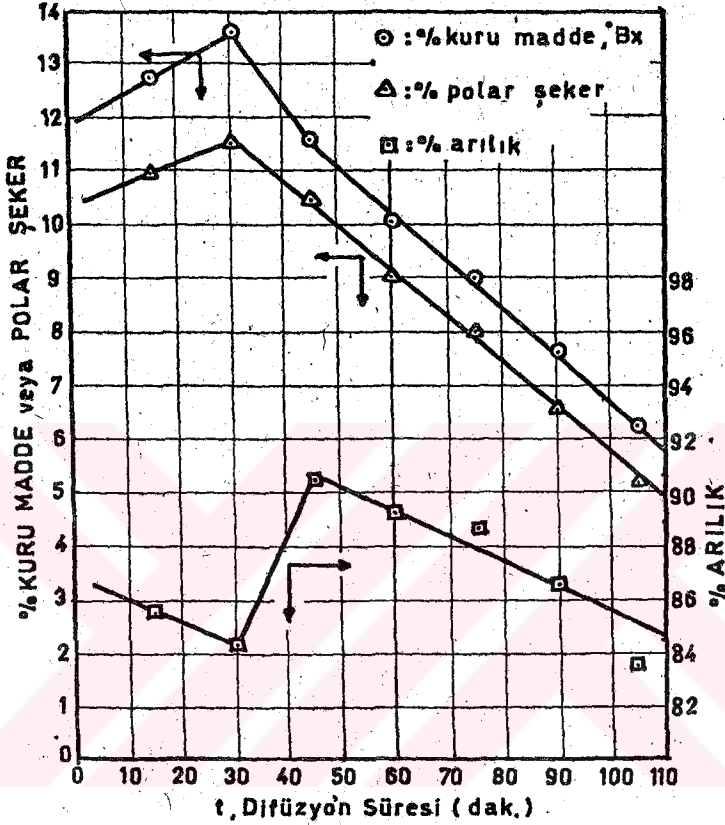
Şekil 3.2 incelenirse 1,2 ve 8 no.lu deneylerin, 70°C lik sıcaklığa, 25-30 dakika sonra eriştikleri görülür. 11 ve 13 no.lu deneylerde ise bu sıcaklığa, 65 dakika sonra ulaşıldığı açıktır. Belirli bir şerbet çekişini sağlamak için, difüzyon süresi uzadıkça birim zamanda verilen difüzyon suyunun azalması gerektiği ve bu nedenle, yatak sıcaklığının uzun bir süre sonra, istenilen değere eriştiği gerçektir. Ayrıca kıyım yatağının kendi içinde hareketsiz oluşu, bu ısınmayı heterojen hale getirmektedir. Yatağın üst kısmı daha çabuk ısınmakta, alt kısmı ise oldukça soğuk kalmaktadır. Pancar hücrelerinin denatüre olması için, 70°C lik sıcaklıkta 20 dakika civarında bekletilmesi gerektiği, 1.bölümde açıklanmıştı. Böylece ön haşlamasız ve kesikli yapılan bu deneylerde, difüzyon süresi olarak kabul edilen sürenin, büyük bir kısmında yalnızca kıyım yatağının ısındığı ve bu sürede verilen difüzyon besleme suyu ile de, mekanik olarak açılmış hücrelerin yıkandığı (elution) anlaşılmaktadır. Ayrıca deneylere başlarken, 2,5 saatlik bir bekleme süresinin de olduğu hatırlanırsa, deneylerin sonuçlarının niçin kötü olduğu anlaşılmış olur.

Difüzyon süresinin belirli bir kısmında, mekanik olarak açılmış pancar hücrelerinin yıkandığı, aşağıdaki deneyde açıkça görülmektedir. 9.denemede her 15 dakikada toplanan difüzyon şerbetlerinde refraktometrik % kuru madde ve % polar şeker tayini yapılmış ve bunlardan da % arılık $Q = (c/r) \times 100$ hesaplanarak, Şekil 3.3 teki grafikler elde edilmiştir. §

TABLO 3.4- 9.denemeye ait Difüzyon Şerbetinin Özellikleri

Süre, t(dak.)	15	30	45	60	75	90	105	110
% Kuru Madde	12,80	13,60	11,60	10,10	9,05	7,65	6,30	5,35
% Polar Şeker	10,94	11,47	10,50	9,03	8,04	6,63	5,26	4,53
% Arılık, Q_s	85,47	84,34	90,52	89,40	88,84	86,67	83,49	84,67

% Kuru madde ve % polar şeker eğrileri, 30.dakika civarında en büyük değere erişirken, % arılık eğrisi aynı anda en küçük değerini almaktadır. Bu noktada mekanik olarak açılmış pancar hücrelerinden şekerin ve şeker dışı maddelerin yıkanarak alındığı anlaşılr. % arılık eğrisinin 45.dakika civarında en büyük değerini almasından da artık difüzyon olayının başladığı çıkarılabilir.



ŞEKİL 3.3- 9.denemeye ait % Kuru Madde, % Polar Şeker ve % Arılık Eğrileri (Difüzyon Şerbetine ait)

İki gurup halinde yapılan bu 13 denemenin sonuçları, Gülbaran Difüzöründe, iyi bir sıcaklık rejimi ve iyi bir verim sağlamak için, ön haşlama işleminin şart olduğunu göstermektedir. Ayrıca kıyım kalınlığı da olanaklar ölçüsünde küçük tutulmalıdır.

3.4.2- ÖN HAŞLAMALI DENEMELER

Bu bölümdeki denemeler, kesikli ve sürekli olarak, değişik iki metotla yapılmıştır.

3.4.2.1- KESİKLİ DENEMELER

A - AMAÇ : Belirli kalınlıkta kıyılmış şeker pancarının, bir ön haşlama işlemi yapıldıktan sonra, ekstraktöre beslenerek uygun koşullar altında ekstrakte edilmesidir. Ön haşlamasız denemelerde uygulanan farklı iki kıyım kalınlığından daha iyi verim sağlayan, "1 mm" kıyım kalınlığı esas alınarak, sabit sıcaklık ve sabit şerbet çekışı ile yapılan denemelerde, kıyım yatağı yüksekliği parametre olarak alınmıştır.

B - DENEMELER :

DENEME-14 , DENEME-15 , DENEME-16 , DENEME-17 ,
DENEME-18 , DENEME-19 , DENEME-20 , DENEME-21 :
(Kıyım Yatağı Yüksekliği, $H = 15 \text{ cm}$)

Temizlenip yıkanmış pancarlar, pilot tipi kesicide 3-4 mm eninde ve 1-1,1 mm kalınlığında, şerit kıyım halinde kesilerek, kıyım nitelikleri ölçülmüştür. Tablo 3.5 de pancar ve pancar kıyımının özellikleri, her deneme için ayrı ayrı gösterilmiştir.

Haşlama işleminde, haşlanacak pancar kıyımının 2,5-3 katı kadar haşlama şerbeti alınarak, $85-90^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa kadar ısıtılmakta ve sonra kıyımlar haşlama kazanına ilâve edilmektedir. Beslenen kıyımın soğuk olması nedeniyle, karışımın sıcaklığı $65-70^{\circ}\text{C}$ civarına düşmektedir. Haşlama işlemi süresince verilen ısı ile, ortalama olarak 75°C lik bir sıcaklıkta 15 dakikalık bir haşlama yapılmaktadır. Şekil 1.3 den, bu koşulların haşlama için yeterli olduğu görülebilir. Böylece, ekstraksiyona hazır hale gelen haşlanmış kıyımlar,

TABLO 3.5- 9-21 No.lu Denemelerde Kullanılan Pancar ve Pancar kıyımının Özellikleri

Deneme No.	Ö z e l l i k l e r					
	% Polar Şeker	% Kuru Madde	% Mark	Silin Sayısı	İsveç Sayısı	Kırıntı İçeriği
14	14,40	20,89	4,76	22,5	7,6	8,9
15	14,40	20,89	4,76	22,5	7,6	8,9
16	13,20	18,42	-	-	-	-
17	12,20	17,83	-	-	-	-
18	16,60	21,12	5,25	22,6	6,9	9,2
19	13,20	18,63	-	-	-	-
20	11,80	17,17	-	-	-	-
21	13,00	18,91	-	-	-	-

haşlama şerbetinden süzülerek ayrılmakta ve ekstraktöre beslenmektedir. 15 cm yüksekliğinde, 20 cm eninde ve kıyım dolgusu yaklaşık olarak 70 kg/hl (hektolitre) olacak şekilde difüzör bantı üzerine yerleştirilen haşlanmış kıyım, beklenilmeden ekstrakte edilir. Ön haşlamasız denemelerde olduğu gibi, difüzyon besleme suyu, 75°C de ve şerbet çekışı % 125 olacak şekilde sisteme verilmektedir. Periyodik olarak hareket eden damlatma borusu, kıyım yatağını homojen bir biçimde ıslatmaktadır. Tesiste bulunan termometreler yardımı ile tüm sıcaklıklar her on veya onbeş dakikada bir kontrol edilerek kaydedilmiştir. Kıyım yatağı içine yerleştirilen bir ısılgift yardımı ile yatak sıcaklığı, difüzyon süresince gözlenmiştir. Her on veya onbeş dakikada, toplanan difüzyon şerbetinde refraktometre ile % kuru madde tayini yapılarak, difüzyonun yürüyüşü izlenmiştir.

Bu grupta yapılan sekiz denemeye ait, hammadde ve ürünlerin özellikleri ile deneme koşulları Tablo 3.6 da gösterilmiştir. Deneme koşullarının son satırında gösterilen % 125 çekışte, % şeker kaybı, ön haşlamasız denemelerde olduğu gibi Marignetti-Mantovani'nin difüzyon formülü yardımı ile hesaplanmıştır (11,21).

TABLO 3.6- Ön Hağlamalı ve Kesikli Olarak Yapılan Denemeler (H = 15 cm)

Ham madde ve Ürünlerin Özellikleri	Deneme Numarası							
	14	15	16	17	18	19	20	21
Haşlanmış Kıyımında :								
Toplam Miktar, kg	7,13	6,29	7,72	8,24	8,42	7,35	7,59	8,32
% Polar Şeker, c _o	12,30	10,20	7,80	5,70	12,50	5,70	7,25	6,70
% Kuru Madde, r _h	17,73	15,31	13,28	10,86	18,20	10,63	12,58	11,96
Küspede :								
Toplam Miktar, % h.k.g.	88,10	84,70	85,80	86,60	84,70	89,60	88,20	88,00
% Polar Şeker, c, h.k.g.	1,81	1,31	0,77	0,65	1,27	0,58	0,75	0,70
% Kuru Madde, r _k	6,97	7,07	6,13	6,11	6,82	5,62	5,88	5,62
Difüzyon Şerbetinde :								
% Polar Şeker, c _ş	9,10	7,45	5,36	4,00	9,06	4,08	5,30	5,03
% Kuru Madde, r _ş	10,00	8,00	5,90	4,55	10,10	4,50	6,10	5,70
Deneme Koşulları								
Ort. Yatak Sıcaklığı, °C	71,1	72,5	-	-	73,8	-	-	71,6
% Şerbet Çekişi, D.100	114,8	116,8	130,8	122,3	122,4	124,2	120,9	119,1
Difüzyon Süresi, t dakika	50	65	65	70	80	80	90	100
% Şeker Kaybı, (c/c _o)x100	14,71	12,84	9,87	11,40	10,16	10,17	10,34	10,45
% Şeker Kaybı, %125° çekişte	12,41	11,11	10,94	10,87	9,68	10,02	9,57	9,34

DENEME -22 , DENEME-23 , DENEME-24 :

(Kıyım Yatağı Yüksekliği, H = 20 cm)

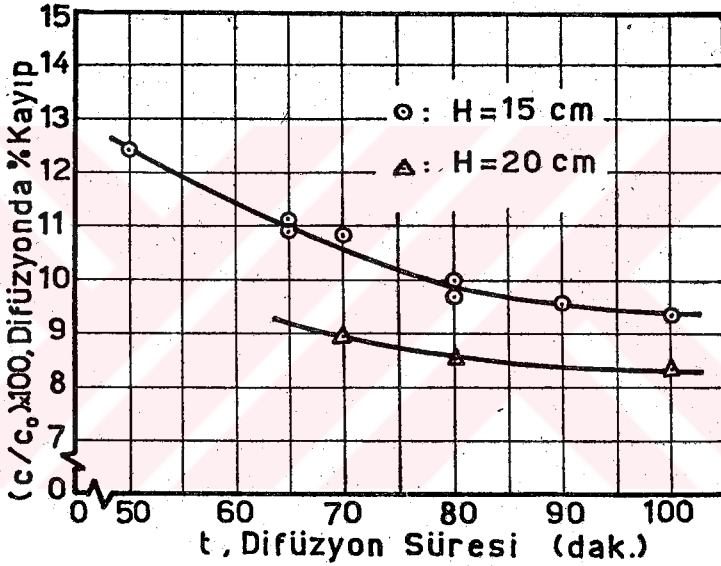
Bu grup denemeler de, 14-21 no.lu denemelerde olduğu gibi yapılmıştır. Tek değişiklik, haşlanmış kıyımın, difüzör bantı üzerine 20 cm yükseklikte yerleştirilmesidir. Bu üç denemeye ait, pancar ve pancar kıyımının özellikleri ile difüzyon hammadde ve ürünlerinin özellikleri ve deneme koşulları Tablo 3.7 de gösterilmiştir.

TABLO 3.7- Ön Haşlamalı ve Kesikli Olarak Yapılan Denemeler
(Kıyım Yatağı Yüksekliği, H = 20 cm)

Ö z e l l i k l e r	Deneme Numarası		
	22	23	24
Pancarda :			
% Polar Şeker	13,50	12,30	13,85
% Kuru Madde	19,36	18,26	18,98
% Mark	4,22	-	3,96
Haşlanmış Kıyımda :			
Toplam Miktar, kg	8,38	8,83	9,75
% Polar Şeker, c	6,35	7,75	7,80
% Kuru Madde, r _h	11,62	13,02	13,49
Küspede :			
Toplam Miktar, % h.k.g.	86,50	84,10	87,90
% Polar Şeker, c, h.k.g.	0,52	0,76	0,74
% Kuru Madde, r _k	5,59	5,66	6,31
Difüzyon Şerbetinde :			
% Polar Şeker, c _s	4,48	5,94	5,96
% Kuru Madde, r _s	5,05	7,00	6,80
D e n e m e K o ş u l l a r ı			
Ortalama Yatak Sıcaklığı, °C	-	-	-
% Şerbet Çekişi, D.100	129,4	117,6	118,3
Difüzyon Süresi, t dakika	70	80	100
% Şeker Kaybı, (c/c) ₀ x100	8,19	9,80	9,49
% Şeker Kaybı, %125 çekişte	8,91	8,47	8,30

C - SONUÇ :

Tablo 3.6 ve Tablo 3.7 deki % 125 çekişe göre düzeltilmiş değerleri, difüzyon süresine karşı grafiğe taşırsak, Şekil 3.4 de görülen iki eğri bulunur. Üstteki eğri, 14-21 no. lu denemelere ait olup $H = 15$ cm dir. Alttaki eğri ise, 22-24 no.lu denemeleri temsil etmekte olup $H = 20$ cm dir. Her iki eğri için de $L = 22,5$ dur (Silin Sayısı).



ŞEKİL 3.4- Ön Haşlamalı ve Kesikli Denemelerde, Küspe ile Kaybolan % Şeker Kaybı ile Difüzyon Süresi Arasındaki Bağlantı (Kıyım Yatağı Yüksekliği Parametre Olarak Alınmıştır).

1)

$H = 15$ cm için olan eğri incelenirse, difüzyon süresinin uzatılması ile % şeker kaybının azaldığı görülür. Ancak bu azalma, 80.dakikadan sonra çok yavaş olmakta ve eğri bundan sonra zaman eksenine adeta paralel devam etmektedir.

% Şeker kaybı, 65 dakikalık ekstraksiyonda 11 civarında iken süre 80 dakikaya çıkarıldığında bu değer, 9,8 civarına inmektedir. 50 dakikalık ve daha kısa ekstraksiyon sürelerinin ise uygun olamayacağı, yine egriden görülebilir.

2)

% 9,5 şeker kaybı, teknolojik uygulamalarda önemli bir kayıptır. Ancak, bu deneme koşullarında % 9 kayba dahi ini-lememektedir. Bunun nedeni araştırılarak % kayıp azaltılmalıdır.

3)

Gülbaran, şeker pancarı ile yaptığı denemelerde, pancarları 1 mm kalınlıkta dilimleyerek, 15 cm yatak yüksekliğinde ekstraksiyonu yapmıştır (1). Bir kolon içinde gerçekleştirdiği denemelerde, kullandığı şeker pancarı kıyımlarının İsveç sayısının "0" sıfır olduğu tahmin edilmektedir. Marignetti ve Mantovani'de, kıyımların boyutları hakkında aynı kanıdadırlar (21). Kıyımların uzunluklarının 5 cm'nin altında olması, kıyım dolgusunu arttıracığından, difüzyon besleme suyunun kıyım yatağı içinden geçişini yavaşlatacaktır.

Bu çalışmada, teknolojik ebatta şerit kıyımlar kullanıldığından, 15 cm lik yatak yüksekliğinde sıvı fazın hızlı hareket ettiği ve çabucak yatağı terkettiği kabul edilerek, yatak yüksekliğinin artırılması ile % kayıpların azaltılabileceği düşünülmüştür. Bu amaçla, kullanılan pilot difüzörde uygulanabilecek yatak yüksekliği $H = 20$ cm olarak tesbit edilmiştir.

4)

Tablo 3.7 deki değerlerden faydalanarak, $H = 20$ cm için çizilen eğri, Şekil 3.4 de görülmektedir. Bu eğri bize, 80 dakikalık ekstraksiyon süresince % şeker kaybının 8,5 olduğunu göstermektedir. Eğrinin her noktasının, üstteki egriden ($H = 15$ cm), % şeker kaybı olarak, % 1-1,5 daha düşük olduğu görülmektedir. O halde, bu kıyım nitelikleri ile çalışıldığında, yatak yüksekliğinin daha fazla olabileceği söylenebilir.

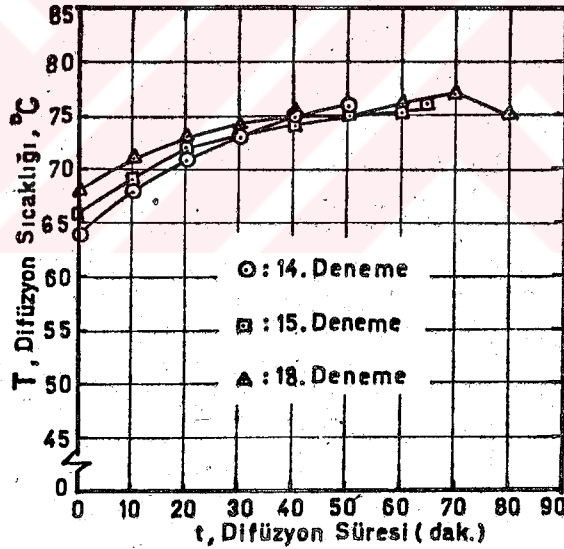
5)

Her iki gurup denemelerde de, kıyım yatağı sıcaklığının, ön haşlamasız denemelerdekinden daha iyi olduğu, yapılan ölçümlerden anlaşılmaktadır. Tablo 3.8 de 14,15 ve 18 no.lu denemelerde ölçülen kıyım yatağı sıcaklıkları görülmek-

tedir. Bu değerlerle çizilen grafik ise, Şekil 3.5 dedir. Bu grafiğe göre, ekstraksiyonun henüz 10.dakikasında 69-70 °C lik bir sıcaklığa erişilmektedir. Böylece, sıcaklığın istenildiği gibi olduğu görülmektedir.

TABLO 3.8- Ön Haşlamalı ve Kesikli Olarak Yapılan Denemelerde Ölçülen Kıyım Yatağı Sıcaklıkları

Deneme No.		Difüzyon Süresi, dakika								
		0	10	20	30	40	50	60	70	80
14	Sıcaklık °C	64	68	71	73	75	76			
15		66	69	72	73	74	75	75	76	
18		68	71	73	74	75	75	76	77	75



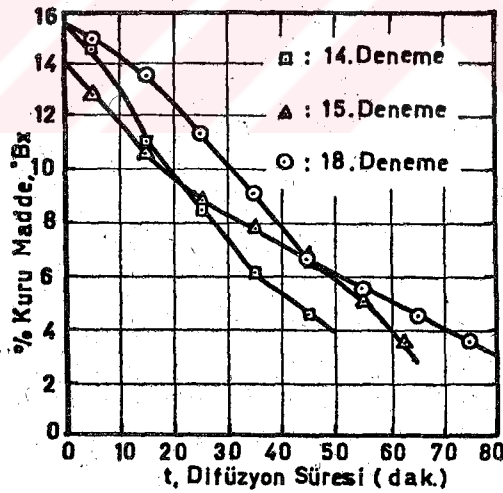
ŞEKİL 3.5- Ön Haşlamalı ve Kesikli Olarak Yapılan Denemelerde, Kıyım Yatağı Sıcaklığı

6)

Tablo 3.9 da, 14,15 ve 18.denemelere ait, her on dakika toplanan difüzyon şerbetlerinin % kuru madde ölçümleri; Şekil 3.6 da ise bu ölçümlerin grafik şekli görülmektedir. Grafikteki her-üç eğri incelendiğinde, başlangıç noktalarından itibaren sürekli azalma gösterdikleri için, haşlama işleminin yeterli ve uygun olduğu anlaşılr. 18.denemeye ait ($t = 80$ dakika) eğrinin 45.dakikadan itibaren eğiminin azalması ise, bu ekstraksiyon süresinin diğer ikisine oranla (50 ve 65 dakika), daha verimli olduğunu gösterir.

TABLO 3.9- Ön Haşlamalı ve Kesikli Olarak Yapılan Denemelerde Difüzyon Şerbetinde Ölçülen % Kuru Madde Değerleri

Deneme No.		Difüzyon Süresi, Dakika								
		10	20	30	40	50	60	65	70	80
14	% Kuru Madde	14,6	11,0	8,4	6,1	4,6				
15		12,9	10,6	8,8	7,8	6,7	5,1	3,6		
18		14,9	13,6	11,3	9,1	6,7	5,5	-	4,5	3,6



ŞEKİL 3.6- Ön Haşlamalı ve Kesikli Olarak Yapılan Denemelerde, Difüzyon Şerbetinde % Kuru Madde Değerleri Değişimi

7)

Ön haşlamalı ve kesikli olarak yapılan, 15 ve 20 cm yatak yükseklikli denemelerden elde edilen sonuçlar, yatak yüksekliğinin arttırılması gerektiğini göstermektedir. Bu amaçla yapılan denemeler, kolon tipi difüzörde gerçekleştirilmiş olup, daha sonraki kısımlarda anlatılacaktır.

8)

Bu grupta yapılan, kesikli denemelerden elde edilen sonuçlar, sürekli denemelerden elde edilecek sonuçlarla karşılaştırılmalıdır.

3.4.2.2- SÜREKLİ DENEMELER

A - AMAÇ : Ön haşlamalı ve kesikli olarak yapılan denemelerdeki koşullar uygulanarak, sürekli ekstraksiyon yöntemi ile denemelerin yapılması ve difüzyon süresi ile, difüzyonda % şeker kaybı arasındaki bağıntısının bulunmasıdır. Bu amaçla, 1 mm'lik kıyım kalınlığı ($L = 22,5$) ve 15 cm'lik yatak yüksekliği uygulanacaktır.

B - DENEMELER :

DENEME-25 , DENEME-26 , DENEME-27 , DENEME-28 :

Haşlanmış kıyımın difüzöre beslenmesine kadar olan işlemler, kesikli denemelerde olduğu gibi yapılmıştır. Ancak, haşlama işlemi, pancar kıyımının miktarına göre, 2-4 defada yapılmıştır. Haşlama karışımı, pilot tesisin kıyım besleme bunkerine boşaltılarak, difüzör bantından süzülen haşlama şerbeti, haşlama şerbeti toplama bunkerinden alınmaktadır. Alınan bu şerbet, bir sonraki haşlamada kullanılmaktadır. Yapılan her haşlama işlemi sonunda, haşlanmış kıyımda % polar şeker tayini yapılmıştır.

Difüzör bantı, dolayısıyla kıyım yatağı, sürekli denemelerde başlıca üç bölgeye ayrılmıştır : a) Giriş bölgesi, b) Ekstraksiyon bölgesi, c) Çıkış bölgesi.

Giriş bölgesi, haşlama şerbeti toplama bunkerinin üstündeki kısımdır. Bu bölgede, haşlanmış kıyım içindeki haşlama şerbeti, tamamen süzülerek toplama bunkerine akmaktadır. Bu bölgenin uzunluğu 15 cm'dir.

Ekstraksiyon bölgesi, 72 cm uzunluğunda olup, homojen bir şekilde difüzyon besleme suyu ile ıslanmaktadır. Kıyım az dahi olsa, bu bölgenin tamamı ıslanmaktadır. Toplama bunkerine akan difüzyon şerbeti, buradan sürekli olarak dışarı alınmaktadır. Her onbeş dakikada bir, toplanan şerbette refraktometre ile % kuru madde tayini yapılmıştır.

Çıkış bölgesi, kıyım yatağı içinde kalan şerbetin süzülmesi ve küspenin daha kuru olarak dışarı alınmasını temin etmektedir. 20 cm uzunluğundaki bu bölgeden süzülen şerbet de, difüzyon şerbeti toplama bunkerine akmaktadır.

Ekstraksiyonu yapılmış kıyımlar (küspe), çıkış bölgesinden sonra, küspe boşaltma bunkerinde toplanmaktadır. Her onbeş dakikada bir, küspe boşaltma kapağı açılarak, toplanmış küspe dışarı alınmaktadır.

Sürekli rejimle yapılan bu dört denemeye ait, çalışma koşulları ile hammadde ve ürünlerin özellikleri Tablo 3.10 da verilmiştir. Tabloda gösterilen toplam çalışma süresi, haşlanmış kıyımların ekstraksiyon bölgesine girdiği andan, son kıyımın bu bölgeyi terkettiği ana kadar geçen süredir. Bu süreçte, ekstraksiyon bölgesi homojen bir şekilde ıslanmaktadır.

Bu grupta yapılan denemelerdeki sıcaklıklar da, kesikli denemelerde olduğu gibi, kontrol ve tesbit edilmiştir. Farklı olarak, kıyım besleme bunkerindeki haşlanmış kıyım içine daldırılan bir termometre ile, yatağa beslenen kıyımın sıcaklığı da her onbeş dakikada bir ölçülmüştür. Bu ölçümlere göre, besleme bunkerindeki kıyımın sıcaklığı, ortalama olarak 70-71°C arasında bulunmaktadır.

Bu denemelerde kullanılan pancarın, % polar şeker miktarındaki farklılık, değişik yörenin pancarı olmasındandır. Tüm denemelerde kullanılan pancarlar, Adapazarı şeker fabrikasından temin edilmesine rağmen, bir kısmı Eskişehir yöresi pancarıdır. Eskişehir yöresi pancarının % polar şeker içeriği daha yüksektir.

TABLO 3.10- Ön Haşlamalı ve Sürekli Denemelerde Kullanılan Hammadde ve ürünlerin Özellikleri ile Deneme Koşulları

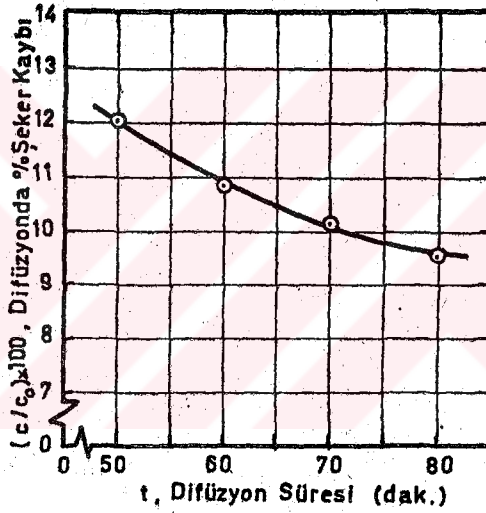
Hammadde ve Ürünlerin Özellikleri	Deneme Numarası			
	25	26	27	28
Pancarda :				
% Polar Şeker	11,65	11,80	17,30	10,80
% Kuru Madde	17,00	-	-	17,18
% İnvert Şeker, p.g.	0,36	0,26	0,21	0,32
% Mark	4,06	4,08	4,20	3,83
Haşlanmış Kıyıda :				
Kullanılan Miktar, kg	18,47	18,85	33,76	18,55
Haşlama İşlemi Sayısı	2	3	4	2
% Polar Şeker	10,50	10,65	13,51	9,07
% Kuru Madde	15,13	-	-	14,90
Külspede :				
Toplam Miktar, % h.k.g.	85,0	85,0	85,8	87,7
% Polar Şeker, h.k.g.	1,27	1,22	1,42	0,84
Difüzyon Şerbetinde :				
% Polar Şeker	7,40	7,72	9,80	6,50
D e n e m e K o ş u l l a r ı				
Ortalama Yatak Sıcaklığı, °C	73	73	73	73
% Şerbet Çekişi, D.100	124,7	122,0	123,1	126,7
Toplam Çalışma Süresi, dak.	110	135	225	175
Difüzyon Süresi, t dakika	50	60	70	80
% Şeker Kaybı, (c/c) x100	12,10	11,46	10,51	9,26
% Şeker Kaybı, %125° çekişte	12,04	10,87	10,15	9,56
Difüzör Bant Hızı, cm/dak.	1,44	1,20	1,03	0,90

C - SONUÇ :

Tablo 3.10 daki %125 çekişe göre düzeltilmiş (c/c) x100 değerlerini, difüzyon süresine karşı grafiğe taşırsak, Şekil 3.7 de görülen eğri elde edilir. Bu eğri, Şekil 3.4 de H= 15 cm için olan eğri ile tam olarak çakışmaz. Sürekli denemelerden elde edilen değerler, kesikli denemelerden daha iyidir.

% 10'luk şeker kaybına kesikli denemelerde 80 dakikada erişilirken, bu değer sürekli denemelerde 70 dakikada elde edilebilmektedir. Ancak, 80 dakikada bile % 9,5 değerinin altına inilememiştir.

Bu koşullarda, bir taraftan %9 sınırı aşılamazken, diğer taraftan sürekli denemelerde, aynı difüzyon kaybı için sürenin bir miktar azalması, uygulanan sıcaklık rejimi ile açıklanabilir. Sürekli denemelerde, haşlanmış kıyım ekstraksiyon bölgesine 70°C nin üzerinde girerken, kesikli denemelerde bu değere 10-20 dakika civarında erişilmektedir.



ŞEKİL 3.7- Ön Haşlamalı ve Sürekli Denemelerde
% Şeker Kaybı ile Difüzyon Süresi
Arasındaki Bağıntı

Bu sonuçlara göre, pilot tesiste, 1 mm kalınlığındaki ($L = 22,5$) kıyımlar, ön haşlama yapıldıktan sonra 15 cm yatak yüksekliğinde ve 75°C sıcaklıkta, % 125 şerbet çekişi olacak şekilde ekstrakte edilirlerse, 80 dakikada % 9,5 şeker kaybı olacaktır.

3.5- KOLON TİPİ DİFÜZÖRDE YAPILAN DENEMELER

Şekil 2.9 da gösterilen (kısım 2.2.6-), kolon tipi deney difüzörü, kesikli çalışma yöntemi için, pilot difüzörle aynı matematik modele sahiptir (kısım 2.3-). Kesikli çalışma yöntemi kullanılmak koşuluyla, her iki difüzörde yapılan deneyler de aynı sonucu vermelidir. Bu amaçla, kolontipi difüzörde de 15 cm yatak yüksekliğinde deneyler yapılacaktır ve sonuçlar karşılaştırılacaktır.

Bu deney difüzöründe yapılan deneyler, üç grupta incelenecektir. Bu deneyler sonucunda, en iyi yatak yüksekliği tesbit edilerek, bunun için yeterli en iyi difüzyon süresi bulunacaktır. Ayrıca, kıyım kalınlığının etkisi de gözden geçirilecektir.

3.5.1- YATAK YÜKSEKLİĞİ PARAMETRE ALINARAK YAPILAN DENEMELER

A - AMAÇ : Değişik yatak yüksekliklerindeki, difüzyon süresi ile difüzyonda % şeker kaybı arasındaki bağlantıların bulunmasıdır. Böylece, parametre olarak alınan yatak yüksekliğinin, difüzyondaki etkisi de görülebilecektir. Pilot tesisle uygunluğunu görebilmek için, ilk grup deneyler 15 cm yatak yüksekliğinde yapılacaktır. Deney difüzörü, 95 cm boyunda olduğundan, uygulanacak en büyük yatak yüksekliği 85 cm'dir. Bu nedenle deneyler, 15,50,60,70 ve 85 cm yatak yüksekliklerinde yapılmıştır.

B - DENEMELER :

DENEME-29 , DENEME-30 , DENEME-31 , DENEME-32, DENEME-33
(Yatak Yüksekliği, H = 15 cm)

Temizlenip yıkanmış pancarlar, pilot doğrayıcıda 3-4 mm eninde ve 1 mm kalınlığında (L = 22,5) doğranmıştır. Bu deneylerde gerekli haşlanmış kıyım, 270 g civarında olduğu için, her denemede yaklaşık 400 g kıyımın haşlanması gerektirir. Bu amaçla, 5 litrelik haşlama kazanı yaptırılmıştır. Haşlama işlemi, haşlanacak kıyımın 2,5 - 3 katı şerbette, 15 dakika süreyle tatbik edilmiştir. Ortalama sıcaklık, 75-80°C civarındadır. Haşlama işleminin bitiminde, haşlanmış kıyım, şerbetten süzülerek ayrılmıştır.

Kolon tipi difüzör, su ceketı yardımıyla deney sıcaklığına getirilmişken, üst kısmındaki damlatma sistemi çıkarılarak, haşlanmış kıyım, buradan kolon içine, 15 cm yüksekliğinde olacak şekilde yerleştirilmiştir. Sonra, damlatma sistemi yeniden takılarak denemeye başlanmıştır.

Deneme süresince, her on dakikada bir, yatak altındaki termometre ve damlatma sistemindeki termometreden sıcaklıklar okunarak, sistemin sıcaklığı kontrol altında tutulmuştur. Ayrıca yine on dakikada bir, toplanan difüzyon şerbeti alınarak refraktometrik % kuru madde tayini yapılmıştır.

Ekstraksiyon işleminin bitmesinden sonra, kolon içindeki kıyım (küspe) 20 dakika daha bekletilerek, yatağın tuttuğu şerbetin azami şekilde süzülmesi sağlanmıştır. Bundan sonra, kolonun alt kısmındaki tel elek ve huni alınarak, kolon yatay duruma getirilmiştir. Üç kısmında, kolonun çapında bir disk bulunan 1 m uzunluğundaki ahşap bir çubuk vasıtasıyla, kolonun üst kısmından itilen küspe, kolonun alt kısmından üç fraksiyon halinde alınmıştır. Herbir fraksiyonda % polar şeker tayini yapılarak, tüm küспенin içerdiği % polar şeker hesaplanmıştır. Bulunan değer, toplam küspe % si ile çarpılarak, küspedeki polar şeker % si, haşlanmış kıyıma göre (h.k.g.) ifade edilmiştir.

Bu grupta yapılan beş denemeye ait hammadde ve ürünlerin özellikleri ile deneme koşulları Tablo 3.11 de verilmiştir.

TABLO 3.11- Kolon Tipi Deney Difüzöründe 15 cm Yatak Yüksekliğinde Yapılan, 29-33.Denemelere Ait, Hammadde ve Ürünlerin Özellikleri ile Deneme Koşulları

Hammadde ve Ürünlerin Ö z e l l i k l e r i	Deneme Numarası				
	29	30	31	32	33
Pancarda :					
% Polar Şeker	16,00	17,10	16,50	16,50	17,10
Haşlanmış Kıyıda :					
Kullanılan Miktar, g	274	279	284	271	278
% Polar Şeker, c _o	13,95	12,80	13,20	11,80	13,10
Küspede :					
Toplam Miktar, % h.k.g.	87,7	88,3	89,0	89,0	89,6
% Polar Şeker, c, h.k.g.	2,41	1,98	1,92	1,13	1,45
Difüzyon Şerbetinde :					
% Polar Şeker, c _s	10,16	9,55	10,00	8,00	9,59
% Kuru Madde, r _s	11,00	10,70	11,20	8,75	10,75
D e n e m e K o ş u l l a r ı					
Ortalama Yatak Sıcaklığı, °C	70,5	71	69	68	67,1
% Şerbet Çekişi, D.100	113,6	113,2	112,3	131,8	119,8
Difüzyon Süresi, t dak.	40	45	55	65	80
% Şeker Kaybı, (c/c) _s x100	17,27	15,47	14,54	9,58	11,07
% Şeker Kaybı, %125° çekişte	14,48	12,74	11,69	10,81	10,06

DENEME-34 , DENEME-35 , DENEME-36 , DENEME-37, DENEME-38

(Yatak Yüksekliği, H = 50 cm)

Bu grup denemelerin yapılışı da, 29-33.denemelerde olduğu gibidir. Farklı tarafları ise şu şekilde sıralanabilir:

740-790 gram haşlanmış kıyım, 50 cm yatak yüksekliğinde olacak şekilde kolona yerleştirilmiştir. Küspe beş fraksiyon halinde alınarak, her fraksiyonda % polar şeker tayini yapılmış ve bunlardan, tüm küспенin % polar şeker miktarı hesaplanmıştır. Bulunan değer yine haşlanmış kıyıma göre ifade edilmiştir.

Bu grupta yapılan beş denemeye ait, hammadde ve ürünlerin özellikleri ile deneme koşulları Tablo 3.12 de verilmiştir.

TABLO 3.12- Kolon Tipi Deney Difüzöründe 50 cm Yatak Yüksekliğinde Yapılan, 34-38. Denemelere ait, Hammadde ve Ürünlerin Özellikleri ile Deneme Koşulları

Hammadde ve Ürünlerin Ö z e l l i k l e r i	Deneme Numarası				
	34	35	36	37	38
Pancarda :					
% Polar Şeker	16,20	17,90	17,90	16,20	16,00
Haşlanmış Kıyıda :					
Kullanılan Miktar, g	740	760	790	760	770
% Polar Şeker, c _o	14,80	14,00	12,90	14,90	14,70
Küspede :					
Toplam Miktar, % h.k.g.	87,8	88,0	88,6	88,5	88,0
% Polar Şeker, c, h.k.g.	1,64	1,52	1,12	1,06	1,27
Difüzyon Şerbetinde :					
% Polar Şeker, c	10,90	10,85	10,18	11,27	11,79
% Kuru Madde, r _s	11,90	11,85	11,00	12,50	12,65
D e n e m e K o ş u l l a r ı					
Ortalama Yatak Sıcaklığı, °C	68,6	72,2	69,7	70,7	73,0
% Şerbet Çekişi, D.100	120,6	114,4	115,0	122,6	113,4
Difüzyon Süresi, t dakika	45	55	65	80	80
% Şeker Kaybı, (c/c) _o x100	11,08	10,86	8,68	7,11	8,64
% Şeker Kaybı, %125 _o çekişte	10,22	8,84	7,01	6,75	6,72

DENEME-39 , DENEME-40 , DENEME-41 ,

DENEME-42 , DENEME-43 , DENEME-44 :

(Yatak Yüksekliği, H = 60 cm)

Bu grup denemeler de, 29-33. denemelerde olduğu gibi yapılmıştır. Farklı tarafları ise şu şekilde sıralanabilir :

910-970 gram haşlanmış kıyım, 60 cm yatak yüksekliğinde olacak şekilde kolona yerleştirilmiştir. Küspe, altı fraksiyon halinde alınarak, her fraksiyonda % polar şeker tayini yapılmış ve bunlardan, tüm küспенin % polar şeker miktarı hesaplanmıştır. Bulunan değer, yine haşlanmış kıyımına göre ifade edilmiştir.

Bu grupta yapılan altı denemeye ait, hammadde ve ürünlerin özellikleri ile deneme koşulları Tablo 3.13'de verilmiştir.

TABLO 3.13- Kolon Tipi Deney Difüzöründe 60 cm Yatak Yüksekliğinde Yapılan, 39-44. Denemelere ait, Hammadde ve Ürünlerin Özellikleri ile Deneme Koşulları

Hammadde ve Ürünlerin Özellikleri	Deneme Numaraları					
	39	40	41	42	43	44
Pancarda :						
% Polar Şeker	16,80	16,80	17,50	17,50	19,00	17,10
Haşlanmış Kıyımda :						
Kullanılan Miktar, g	940	960	910	910	970	920
% Polar Şeker, c _o	13,20	11,10	15,50	15,00	15,60	13,90
Küspede :						
Toplam Miktar, % h.k.g.	89,7	88,6	86,4	89,9	85,9	88,1
% Polar Şeker, c, h.k.g.	1,05	0,87	1,22	1,18	1,19	1,26
Difüzyon Şerbetinde :						
% Polar Şeker, c	9,71	8,45	12,30	12,09	12,81	12,02
% Kuru Madde, r _s	10,70	9,15	13,35	13,00	13,50	13,30
Deneme Koşulları						
Ortalama Yatak Sıcak. °C	70,2	69,4	69,6	67,3	72,4	72,8
% Şerbet Çekışı, D.100	125,1	121,1	115,9	114,1	112,5	104,7
Difüzyon Süresi, t dak.	35	45	55	65	65	80
% Şeker Kaybı, (c/c) x100	7,95	7,84	7,87	7,87	7,63	9,06
% Şeker Kaybı, %12 _s çek.	7,96	7,22	6,45	6,17	5,73	5,68

DENEME-45 , DENEME-46 , DENEME-47 , DENEME-48

DENEME-49 , DENEME-50 , DENEME-51 :

(Yatak Yüksekliği, H = 70 cm)

Bu gurup denemeler de, 29-33. denemelerde olduğu gibi yapılmıştır. Farklı tarafları ise şu şekilde sıralanabilir :

1150-1220 gram haşlanmış kıyım, 70 cm yatak yüksekliğinde olacak şekilde kolona yerleştirilmiştir. Küspe 6-7 fraksiyon halinde alınarak, her fraksiyonda % polar şeker tayini yapılmış ve bunlardan tüm küспенin % polar şeker miktarı hesaplanmıştır. Bulunan değer, yine haşlanmış kıyıma göre ifade edilmiştir.

Bu gurupta yapılan yedi denemeye ait, hammadde ve ürünlerin özellikleri ile deneme koşulları Tablo 3.14 de verilmiştir.

DENEME-52 , DENEME-53 , DENEME-54 , DENEME-55 :

(Yatak Yüksekliği, H = 85 cm)

Bu gurup denemeler de, 29-33. denemelerde olduğu gibi yapılmıştır. Farklı tarafları ise şu şekilde sıralanabilir :

1330-1400 gram haşlanmış kıyım, 85 cm yatak yüksekliğinde olacak şekilde kolona yerleştirilmiştir. Küspe, 7-8 fraksiyon halinde alınarak, her fraksiyonda % polar şeker tayini yapılmış ve bunlardan tüm küспенin % polar şeker miktarı hesaplanmıştır. Bulunan değer, yine haşlanmış kıyıma göre ifade edilmiştir.

Bu gurupta yapılan dört denemeye ait, hammadde ve ürünlerin özellikleri ile deneme koşulları Tablo 3.15 de verilmiştir.

TABLO 3.14- Kolon Tipi Deney Difüzöründe 70 cm Yatak Yüksekliğinde Yapılan, 45-51. Denemelere ait, Hammade ve Ürünlerin Özellikleri ile Deneme Koşulları

Hammade ve Ürünlerin Özellikleri	Denemelerin Numaraları						
	45	46	47	48	49	50	51
Pancarda :							
% Polar Şeker	16,70	18,40	16,90	18,40	18,40	16,90	16,70
% Kuru Madde	-	25,26	22,80	25,26	25,26	22,80	-
% Mark	-	4,73	-	4,73	4,73	-	-
% Kül	-	0,71	-	0,71	0,71	-	-
Haşlanmış Kıyıda :							
Kullanılan Miktar, g	1160	1150	1170	1150	1170	1220	1170
% Polar Şeker, c _o	14,10	13,75	12,75	14,25	14,10	14,20	14,95
% Kuru Madde, r _h	-	19,80	18,48	20,93	20,42	20,92	-
Küspede :							
Toplam Miktar, % h.k.g.	86,6	90,5	87,4	92,7	92,8	86,5	89,5
% Polar Şeker, c, h.k.g.	1,17	1,28	0,76	1,12	1,02	0,90	0,70
Difüzyon Şerbetinde :							
% Polar Şeker, c	11,07	11,30	9,92	11,41	11,70	11,65	11,20
% Kuru Madde, r _ş	12,30	12,40	10,70	12,45	12,70	12,95	12,50
Deneme Koşulları							
Ortalama Yatak Sıcaklığı, °C	69,7	71,3	70,4	72,0	72,9	71,2	71,0
% Şerbet Çekişi, D.100	116,0	110,1	120,3	110,3	111,1	113,8	126,9
Difüzyon Süresi, t dakika	55	55	65	65	75	80	80
% Şeker Kaybı, (c/c) x100	8,30	9,31	5,96	7,86	7,23	6,34	4,68
% Şeker Kaybı, %125° çekişte	6,83	6,75	5,34	5,60	5,20	4,83	4,90

TABLO 3.15- Kolon Tipi Deney Difüzöründe 85 cm Yatak Yüksekliğinde Yapılan, 52-55. Denemelere Ait, Hammadde ve Ürünlerin Özellikleri ile Deneme Koşulları

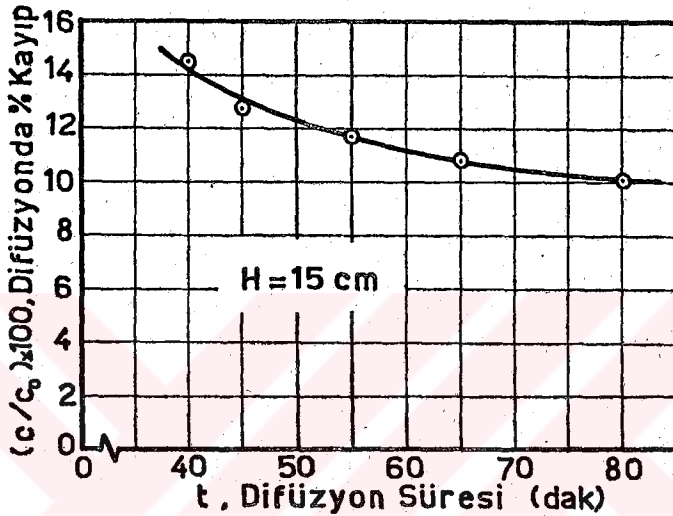
Hammadde ve Ürünlerin Özellikleri	Deneme Koşulları			
	52	53	54	55
Pancarda :				
% Polar Şeker	15,00	15,00	19,00	16,65
% Mark	-	-	5,02	-
% Kül	-	-	0,84	-
Haşlanmış Kıyıda :				
Kullanılan Miktar, g	1330	1390	1350	1330
% Polar Şeker, c _o	12,80	12,10	16,40	13,20
Küspede :				
Toplam Miktar, % h.k.g.	87,3	84,8	86,8	88,9
% Polar Şeker, c, h.k.g.	1,12	0,78	1,59	0,91
Difüzyon Şerbetinde :				
% Polar Şeker, c	10,00	9,21	13,94	10,37
% Kuru Madde, r _s	11,30	10,20	14,70	11,90
Deneme Koşulları				
Ortalama Yatak Sıcaklığı, °C	71,5	73,5	72,1	70,9
% Şerbet Çekişi, D.100	116,3	122,3	106,1	118,5
Difüzyon Süresi, t dakika	55	65	65	80
% Şeker Kaybı, (c/c) x100	8,75	6,45	9,69	6,89
% Şeker Kaybı, % 125 çekişte	7,29	6,07	6,39	5,95

C - SONUÇ :

1)

29-33.denemelere ait, Tablo 3.11 de verilen, "Difüzyon Süresi" ile "% 125 çekişte % şeker kaybı" arasında oluşturulan grafik, Şekil 3.8 de görülmektedir. H = 15 cm yatak yüksekliği ile yapılan bu denemeleri temsil eden şekildeki eğriye göre, 80 dakikalık difüzyon süresinde % 10 kayıp değerine inilebilmektedir. Eğrinin diğer noktaları da, Şekil 3.4 de verilen, pilot tesisteki denemelerin eğrisine, aynen uymaktadır.

Böylece, teorik olarak düşünölen noktaların, deneysel olarak da uyum halinde oldukları saptanmıştır.



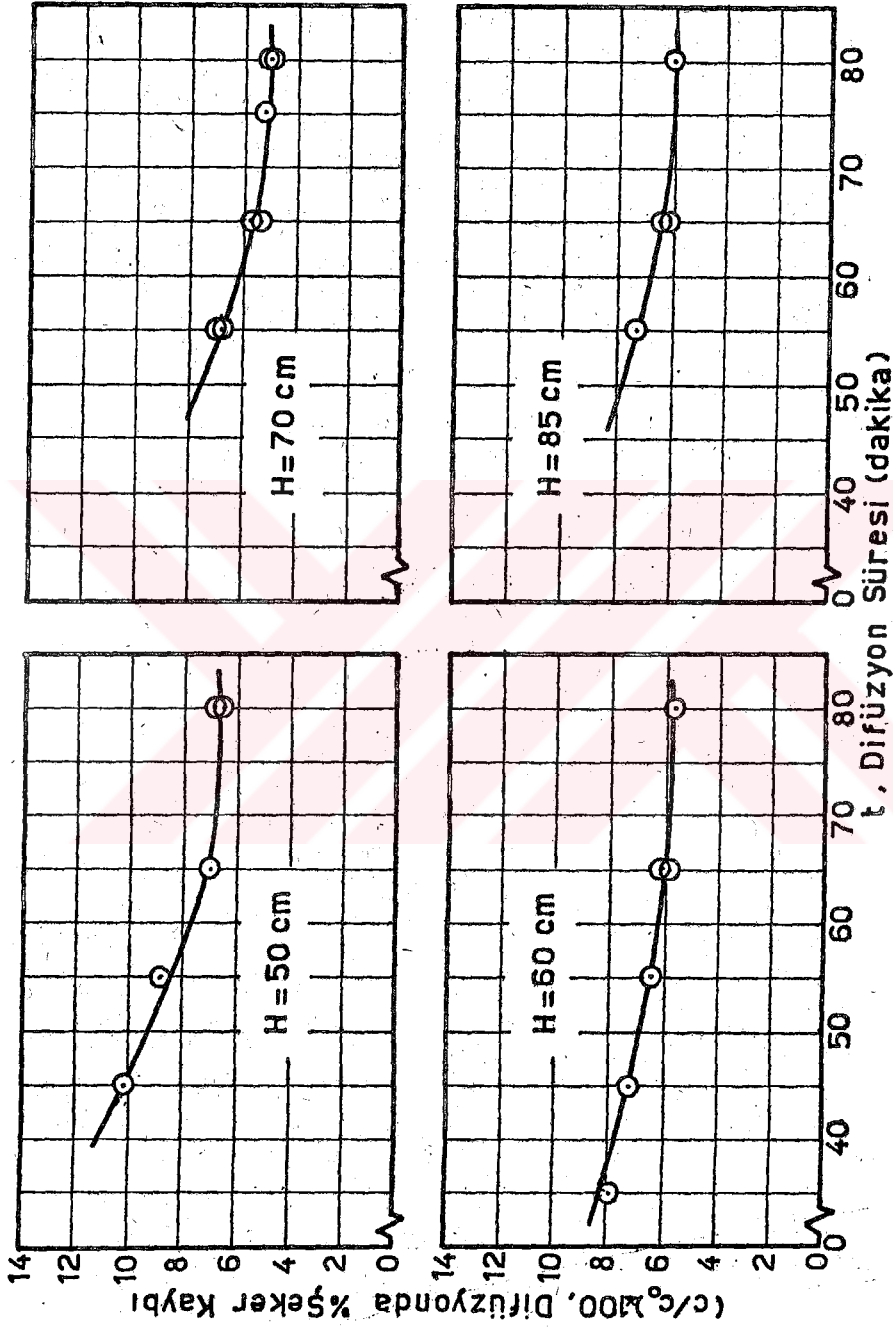
ŞEKİL 3.8- Kolon Tipi Deney Difüzöründe H= 15 cm Yatak Yüksekliği için, Difüzyon Süresi ile % Şeker Kaybı Arasındaki Bağıntı

2)

H = 50 cm ile yapılan, 34-38.denemelere ait değerler Tablo 3.12 de ; H = 60 cm ile yapılan, 39-44.denemelere ait değerler Tablo 3.13 de ; H = 70 cm ile yapılan, 45-51.denemelere ait değerler Tablo 3.14 de ; H = 85 cm ile yapılan, 52-55.denemelere ait değerler de Tablo 3.15 de verilmiştir. Değişik dört yatak yüksekliği ile yapılan bu denemelere ait, "difüzyon süresi" ile " % 125 çekışte % şeker kaybı" arasındaki grafikler ise Şekil 3.9 da görölmektedir.

3)

Şekil 3.8 ve Şekil 3.9 da görölen, değişik beş yatak yüksekliğine ait grafikler, şekil olarak birbirlerine benzemektedirler. Ancak, yatak yüksekliğinin 15 cm'den 50 cm ye çıkarılması ile, % kayıp değerinde farkedilir bir düşüş gözlenmektedir.

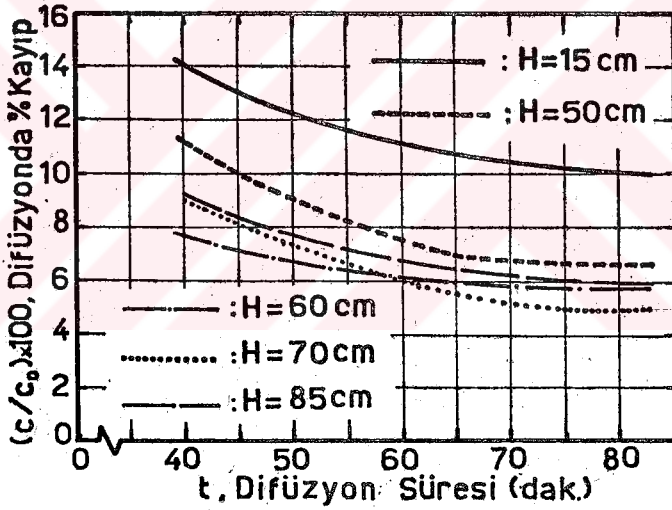


ŞEKİL 3.9- Kolon Tipi Deney Difüzöründe 50-85 cm Yatak Yüksekliklerine ait, Difüzyon Süresi ile % Şeker Kaybı Arasındaki Bağlantı.

50 cm lik yatak yüksekliği ile 65 dakikalık ekstraksiyon süresinde % 7 şeker kaybı olmaktadır. % 7'lik bu değer, yatak yüksekliğinin 60 cm'ye çıkarılması ile %6'ya ve 70 cm'ye çıkarılması ile de % 5,5 değerine inmiştir. Yatak yüksekliğinin 85 cm yapılması ise, 65 dakikalık sürede % kaybı, % 6,5 değerine çıkarmıştır.

4)

Şekil 3.8 ve 3.9 daki beş eğri, tek grafikte gösterilmek istenirse, Şekil 3.10 daki grafik elde edilir. Bu grafiğin bize gösterdiği gerçek ise, 50-85 cm yatak yüksekliği için en iyi difüzyon süresinin 65 dakika olduğudur. En iyi yatak yüksekliği ise, bundan sonraki kısımda tesbit edilecektir.



ŞEKİL 3.10- Yatak Yüksekliği Parametre Alındığında, Difüzyon Süresi ile Difüzyonda % Şeker Kaybı Arasındaki Bağlantı (Şekil 3.8 ve 3.9 'dan Yararlanılarak Çizilmiştir)

3.5.2- DİFÜZYON SÜRESİ PARAMETRE ALINARAK YAPILAN DENEMELER

A - AMAÇ : Difüzyon süresi parametre alınarak, yatak yüksekliği ile difüzyonda % şeker kaybı arasındaki bağıntının bulunmasıdır. Böylece, en iyi yatak yüksekliği tesbit edilecektir. Parametre olarak alınan, difüzyon süresi için, 55,65 ve 80 dakika değerleri seçilmiştir.

B - DENEMELER :

Bu grup için ayrıca, deneme yapılmamıştır. Kolon tipi difüzörde yapılacak denemelerin tasarımı yapılırken, her yatak yüksekliğinde, 55,65 ve 80 dakikalık denemelerin yapılması kararlaştırıldığı için, ilgili denemelerdeki değerler, bu grup için alınabilir. Önceki denemelerden alınan değerler Tablo 3.16 da görülmektedir.

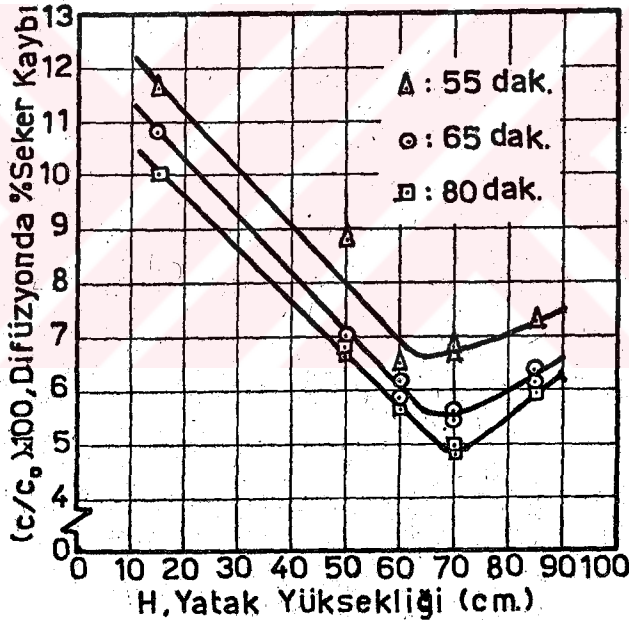
TABLO 3.16- Kolon Tipi Deney Difüzöründe 15,50,60,70 ve 85 cm Yatak Yüksekliklerinde 55,65 ve 80 dakikalık Difüzyon Süreleri ile Yapılan Denemeler ve % 125 Çekişte % Şeker Kayıpları

Yatak Yüksekliği H, cm	D i f ü z y o n S ü r e s i , d a k i k a					
	55		65		80	
	Deneme No.	%Şeker Kaybı	Deneme No.	%Şeker Kaybı	Deneme No.	%Şeker Kaybı
15	31	11,69	32	10,81	33	10,06
50	35	8,84	36	7,01	37 38	6,75 6,72
60	41	6,45	42 43	6,17 5,73	44	5,68
70	45 46	6,83 6,75	47 48	5,34 5,60	50 51	4,83 4,90
85	52	7,29	53 54	6,07 6,39	55	5,95

C - SONUÇ :

Tablo 3.16 daki değerlerle çizilen grafik, Şekil 3.11 de görölmektedir. Şekildeki üç eğrinin de, 70 cm lik yatak yüksekliğinde, en küçük değerlerini aldıkları açıktır. Böylece, bu deneme şartlarında en iyi yatak yüksekliğinin 70 cm olduğu kesindir. Yatak yüksekliğinin 85 cm ye çıkarılması halinde ise, % kayıp yönünden bir artış olduğu görölebilir.

Her üç eğri de, birbirine paralel olarak kabul edilirse, difüzyon süresinin en iyi yatak yüksekliğine bir etkisi olmadığı görölebilir.



ŞEKİL 3.11- Difüzyon Süresi Parametre Olarak Alınan Denemelerde, Yatak Yüksekliğinin % Şeker Kaybına Etkisi

3.5.3- KIYIM KALINLIĞI PARAMETRE ALINARAK YAPILAN DENEMELER

A - AMAÇ : Kıyım kalınlığı parametre alınarak, difüzyon süresi ile difüzyonda % şeker kaybı arasındaki bağıntının bulunmasıdır. Bu amaçla, 85 cm lik yatak yüksekliğinde denemelerin yapılması düşünülmüştür. 3.5.1- kısmında , 1 mm kalınlığı ($L = 22,5$) ile yapılan, 52-55. denemelerde elde edilen neticeler bu kısımda da kullanılacaktır. 1 mm'den farklı, iki değişik kıyım kalınlığında yeni denemeler yapılacaktır.

B - DENEMELER :

DENEME-56 , DENEME-57 , DENEME-58 , DENEME-59 :

(0,7 mm Kıyım kalınlıklı, veya $L = 33$, olan Denemeler)

Bu grup denemeler de, 29-33.denemelerde olduğu gibi yapılmıştır. Diğer özellikleri ise, 52-55.denemelerde olduğu gibidir.

Bu grupta yapılan dört denemeye ait, hammadde ve ürünlerin özellikleri ile deneme koşulları Tablo 3.17 de verilmiştir.

DENEME-60 , DENEME-61 , DENEME-62 , DENEME-63 :

(1,7 mm Kıyım Kalınlıklı, veya $L = 14$, Olan Denemeler)

Bu grup denemelerin yapılışı da, 52-55.denemelerde olduğu gibidir. Yalnızca, kıyım kalınlığı değiştirilmiştir.

61.denemede, bir seri kıyım kalınlığı ve eni mikrometre ile ölçülmüştür. Bulunan ortalama değerler, kıyım kalınlığının 1,72 mm ve kıyım eninin ise 3,87 mm olduğunu göstermektedir. Yine aynı denemede, taze kıyımlarda yapılan invert şeker miktarı tayininde ise, % 0,07 p.g. değeri bulunmuştur.

63.denemede, kıyım nitelikleri ölçülmüştür. Bulunan değerler, Silin Sayısı = 14,1 , İsveç Sayısı = 15,8 ve Kırıntı İçeriği = %5,2 dir.

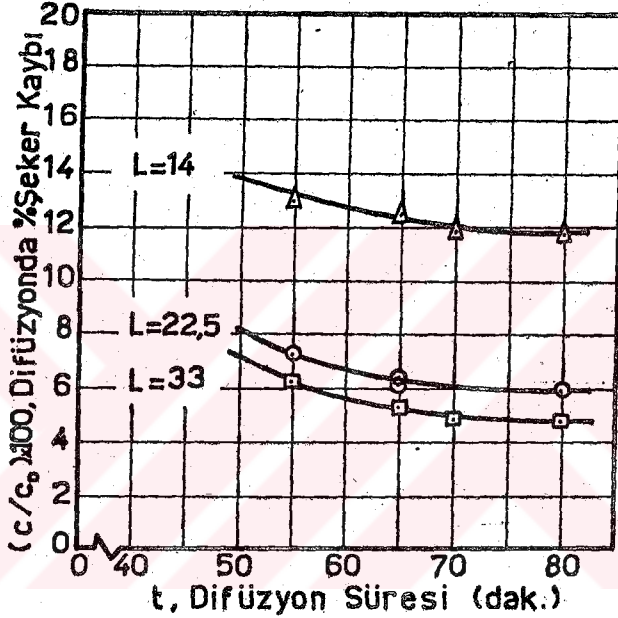
Bu grup denemelere ait, hammadde ve ürünlerin özellikleri ile deneme koşulları da, Tablo 3.17 de verilmiştir.

TABLO 3.17- Kolon Tipi Deney Difüzöründe, 85 cm Yatak Yüksekliğinde, Değişik Kıyım Kalınlığı ile Yapılan Denemeler

Hammadde ve Ürünlerin Özellikleri	Denemelerin Numaraları							
	56	57	58	59	60	61	62	63
	L= 33 Olan Denemeler				L= 14 Olan Denemeler			
Pancarda :								
% Polar Şeker	18,40	18,40	19,50	19,50	17,60	18,00	17,60	18,00
% Kuru Madde	25,18	25,18	27,66	27,66	24,88	24,12	24,88	24,12
Haşlanmış Kıyıda :								
Kullanılan Miktar, g	1350	1310	1370	1380	1280	1310	1270	1220
% Polar Şeker, c _o	12,30	12,20	12,10	13,50	15,20	14,90	13,20	14,60
% Kuru Madde, r _h	18,98	18,74	-	20,73	21,00	22,01	19,20	21,09
Küspede :								
Toplam Miktar, % h.k.g.	92,7	89,9	89,6	89,2	93,8	92,9	96,7	95,4
% Polar Şeker, c, h.k.g.	1,02	0,68	0,82	0,79	2,42	2,09	1,54	2,10
Difüzyon Şerbetinde :								
% Polar Şeker, c _s	10,00	9,15	10,10	10,69	11,35	10,79	9,23	11,03
% Kuru Madde, r _s	10,70	9,90	11,30	11,80	12,00	11,50	10,00	11,95
Deneme Koşulları								
Ort.Yatak Sıcaklığı, °C	72,2	72,7	70,5	71,7	71,3	72,8	72,2	69,0
% Şerbet Çekişi, D.100	112,3	122,8	111,3	118,5	112,5	118,6	126,2	113,3
Difüzyon Süresi, t dakika	55	65	70	80	55	65	70	80
% Şeker Kaybı, (c/c)x100	8,29	5,57	6,77	5,85	15,92	14,02	11,66	14,38
% Şeker Kaybı, %125 çek.	6,25	5,29	4,86	4,80	12,98	12,61	11,90	11,70

C - SONUÇ :

Tablo 3.15 ve 3.17 den alınan değerlerle, 85 cm yatak yüksekliğinde, değişik üç kıyım kalınlığı için çizilen grafik, Şekil 3.12 de görülmektedir.



ŞEKİL 3.12- Kıyım Kalınlığı Parametre Alınarak, 85 cm Yatak Yüksekliğinde Yapılan Denemelerde Elde Edilen Difüzyon Eğrileri

L = 14 (Kıyım Kalınlığı = 1,7 mm) için çizilen difüzyon eğrisinden, 70 dakikalık difüzyon süresinde % 11,9 şeker kaybı olduğu okunmaktadır. Bu değer, oldukça yüksektir. L=22,5 (Kıyım kalınlığı = 1 mm) için çizilen difüzyon eğrisi ise, yine 70 dakikalık difüzyon süresinde, yaklaşık % 6'lık şeker kaybı olduğunu göstermektedir. Bu değer, önceki değere göre oldukça iyidir. L = 33 (Kıyım kalınlığı= 0,7 mm) için çizilen difüzyon eğrisi de, % 4,9 şeker kaybına kadar inmektedir.

Bu eğrilerin bize gösterdiği gerçek, Gülbaran difüzöründe olabildiğince ince kıyım ile çalışılması gerektiğidir.

B Ö L Ü M 4

GENEL SONUÇLAR

4.1- EN İYİ ÇALIŞMA KOŞULLARI

Denemeler bölümünde açıklandığı gibi, ortalama difüzyon sıcaklığı ve şerbet çekışı sabit tutulduğu takdirde, Gülbaren difüzörü için üç tane bağımsız değişken vardır :

- 1- Kıyım boyutları
- 2- Difüzyon süresi
- 3- Kıyım yatağı yüksekliği

Bu değişkenlerin fonksiyonu olan bağımlı değişken ise, difüzyonda % şeker kaybıdır.

70-73 °C 'lık ortalama difüzyon sıcaklığı ve % 125 şerbet çekışı ile çalışıldığında, bağımsız değişkenlerin en iyi değerleri aşağıda verilmiştir :

1- Kıyım Boyutları : Aynı % şeker kaybını veren difüzörlerden daha kaba kıyımlarla çalışması tercih edilir. Pancarın kıyılmasında gerekli olan güç, kıyımlar incelidikçe artmaktadır. Ayrıca, kıyımlar incelidikçe şerbete geçen şeker dışı maddelerin oranında da artış olmaktadır. Bu da, şerbet arıtımı kademelerinde daha fazla bir yük demektir.

Genie'ye göre, kaba kıyımlarla çalışmanın pek çok yararı yanında, önemli bir zararı ise, difüzyon hızının azalmasıdır (51). Bir pancar kıyımında, kıyım kesiti alanının kesit çevresine oranı ortalama difüzyon yolunu vermektedir. Bu oranın, karesinin tersine, difüzlenebilirlik denmektedir. Difüzlenebilirlik değeri, kıyımların kalitesini karakterize eder ; kötü kıyımlar için " 1 " ile çok iyi kıyımlar için "10" arasında değerler alabilir.

Denemelerimizde kullandığımız kıyımlar, ortalama olarak, 1,1 mm kalınlığında ve 3,8 mm eninde olduklarından,

$$e_m = s/p = (1,10 \times 3,80) / (2)(1,10 + 3,80) = 0,43 \text{ mm}$$

değerinde ortalama difüzyon yoluna sahiptirler.

Difüzlenebilirlikleri ise,

$$1/(e_m^2) = 1/(0,43)^2 = 5,40$$

değerinde olup, orta kalitedeki kıyıma eşdeğerdir.

0 halde, Gülbaran difüzöründe orta ve daha iyi kalitede (ortalama difüzyon yolu, 0,45 mm veya daha küçük) kıyımlarla çalışılmalıdır.

2- Difüzyon Süresi : En iyi difüzyon süresi, uygulanan çalışma koşullarında, en az % şeker kaybını veren, en kısa zaman süresidir. Bu değer, denemelerimizde 65 dakika olarak bulunmuştur. Difüzyon süresini 80 dakikaya çıkarmak mümkünse de, pancar işleme kapasitesi ile şerbet ve küspenin kalitesi düşeceğinden, bu sakıncalı olabilir.

3- Kıyım Yatağı Yüksekliği : Bantlı sistemle çalışan ve kıyımların kendi içlerinde hareketsiz oldukları difüzörlerde, kıyım yatağı yüksekliği bir değişken olarak ortaya çıkar. En iyi yatak yüksekliği, kıyım niteliklerine bağlı olarak, en az % şeker kaybına neden olan en büyük yüksekliktir. Pancar kıyımının nitelikleri ve hidrodinamik etkiler, bu yüksekliği değişken yapmaktadır.

1-1,1 mm kalınlıkta kıyımların kullanıldığı denemelerimizde, Şekil 3.11 den görüleceği gibi, en iyi yatakyüksekliği 70 cm olarak tesbit edilmiştir.

SONUÇ : Gülbaran difüzöründe, yukarıda açıklanan en iyi çalışma koşulları,

- 1- 70-73 °C ortalama difüzyon sıcaklığı
- 2- % 125 şerbet çekişi
- 3- 1-1,1 mm kıyım kalınlığı
- 4- 65 dakikalık difüzyon süresi
- 5- 70 cm yatak yüksekliği

ile çalışıldığında, % 5,4 şeker kaybı olmaktadır.

4.2- DİFÜZÖRÜN MATEMATİK MODELİ

1)

Schliephake ve Wolf tarafından, çapraz akımla çalışan bir difüzör hücresi için verilen (2.3) denkleminin, Gülbaran difüzörü için yeterince uygun sonuçlar vermiyeceği anlaşılmıştır.

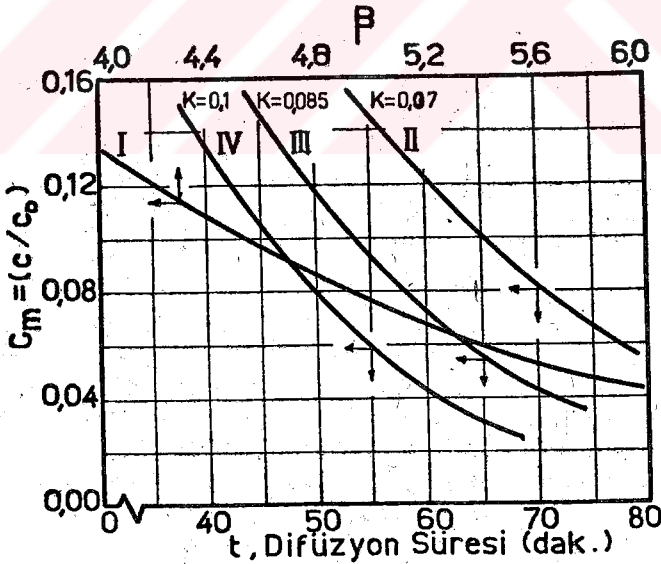
(2.3) denklemini aşağıdaki biçimde verilmiştir :

$$C_m = c/c_0 = e^{-\beta} \left[(1 + \beta + \beta^2) + (D + D\beta + \beta^2/2)(e^{-\beta/D} - 1) \right]$$

$$\beta = K.t$$

Bu denklemde, C_m , küspede kalan şeker yüzdesinin difüzyöre giren kıyıdaki şeker yüzdesine oranıdır. D, çekişi göstermektedir. t, dakika olarak alındığında, K katsayısı dak^{-1} boyutundadır.

C 'in β ile olan bağıntısı, Şekil 4.1 de I no lu eğri ile gösterilmiştir. C 'in t ile olan bağıntısı ise, üç değişik K değeri için yine Şekil 4.1 de II, III ve IV no.lu eğrilerle gösterilmiştir. C - t eğrilerinin hiçbirisi, Şekil 3.10 da gösterilen deneysel eğrilere uymamaktadır.



ŞEKİL 4.1- (2.3) Denkleminin Grafik Olarak İfadesi

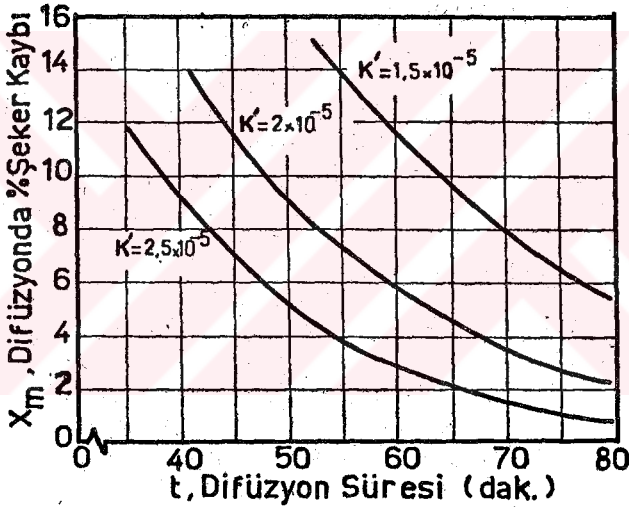
2)

Marignetti ve arkadaşları tarafından verilen ve tüm difüzörler için geçerli olduğu belirtilen (2.4) denkleminin de,

yapmış olduğumuz denemelerin sonuçlarına göre, ancak çok dar sınırlar içinde ve belirli koşullar altında, sistemimiz için uygun sonuçlar verebileceği anlaşılmıştır.

Aşağıdaki biçimde verilen (2.4) denkleminde, $T = 86$ (ortalama difüzyon sıcaklığı, $T = 72^{\circ}\text{C}$ için) ; Silin^m sayısı $L = 22,5$; şerbet çekışı, $D = 1,25$ alınarak, üç değişik K' değeri için çizilen $X_m - t$ eğrileri Şekil 4.2 de gösterilmiştir.

$$X_m = 100 \cdot e^{-K' (T_m \cdot L \cdot D \cdot t)}$$



ŞEKİL 4.2- (2.4) Denkleminin Grafik Olarak İfadesi

Şekil 3.10 da gösterilen deneysel eğrilerle, aynı koşullarda çizilen Şekil 4.2 deki eğrilerin, yeterince uygunluk göstermedikleri görülmektedir. (2.4) denkleminin çok dar sınırlar içinde, sistemimiz için uygun olduğuna örnek olarak ; $K' = 2 \times 10^{-5}$ değerli eğrinin, $t = 60 \pm 2,5$ dakika aralığında, deneysel eğrilerden $H = 70$ cm için olan eğri ile (Şekil 3.9 ve 3.10 da gösterilen) uygunluk gösterdiği, verilebilir.

3)

Şekil 3.9 ve 3.10'da gösterilen, $H = 70$ cm için çizilen eğrinin ampirik denklemi, en küçük kareler metodu uygulanarak, aşağıdaki biçimde bulunmuştur. Bu denklemin korelasyon faktörü ise, $r = -0,97$ olarak hesaplanmıştır (60).

$$X_m = 203.t^{-0,854} \quad (4.1)$$

4)

Şekil 3.11 de, 65 dakika için çizilen $X - H$ eğrisinin ampirik denklemi de, en küçük kareler parabolü şeklinde bulunmuş ve korelasyon faktörü $r = 0,99$ olarak hesaplanmıştır (60).

$$X_m = 13,98 - 0,23(H) + 1,61 \times 10^{-3} (H^2) \quad (4.2)$$

5)

Denemelerde kullandığımız kıyımların şerit şekilli kıyımlar olmasına karşılık, bunları, R yarıçaplı silindirik şekilli kıyımlar halinde düşünürsek, $R = 2.e$ olmaktadır. 3.5.3-kısımında açıklanan denemelerde kullanılan kıyımların yarıçapları, $0,59$ mm ($L = 33$), $0,85$ mm ($L = 22,5$) ve $1,17$ mm ($L = 14$) olarak bulunur.

$H = 85$ cm ve $t = 65$ dakika için, $X - R$ bağıntısı, en küçük kareler parabolü şeklinde bulunmuş ve korelasyon faktörü $r = 0,96$ olarak hesaplanmıştır (60).

$$X_m = 16,20 - 34,4 (R) + 26,7 (R^2) \quad (4.3)$$

6)

(4.1), (4.2) ve (4.3) denklemleri, $X_m = f(t, H, R)$ şeklinde tek bir denklemde toplanabilir :

$$X_m = a_0 (t^{-0,854}) \left[1 - 1,645 \times 10^{-2} (H) + 1,152 \times 10^{-4} (H^2) \right] \times \left[1 - 2,12 (R) + 1,65 (R^2) \right]$$

a_0 katsayısı, yukarıdaki üç denklem yardımıyla, 1260, 1266 ve 1320 olarak bulunur. Üç değer aritmetik ortalaması olarak, a_0 katsayısının değeri $a_0 = 1280$ olarak elde edilir.

Böylece, X_m değerini t , H ve R 'ye bağlayan ampirik denklem, Gülbaran difüzörü için, aşağıdaki gibi bulunur :

$$X_m = 1280(t^{-0,854}) \left[1 - 1,645 \times 10^{-2}(H) + 1,152 \times 10^{-4}(H^2) \right] \times \left[1 - 2,12(R) + 1,65(R^2) \right] \quad (4.4)$$

Bu denklemde, $t = 45-80$ dakika, $H = 15-85$ cm ve $R = 0,59-1,17$ mm olarak alınmalıdır. Denklemin kullanılabilmesi için, ortalama difüzyon sıcaklığı $T = 70-73^\circ\text{C}$ ve şerbet çekişi $D = 1,25$ veya % 125 olmalıdır.

4.3- PİLOT DİFÜZÖRÜN KAPASİTESİ

1)

Pilot difüzörün kıyım bantı, sürekli denemelerde üç bölgeye ayrılmıştı. Bunlardan ekstraksiyon bölgesi, 72 cm uzunluğunda, 20 cm eninde ve 20 cm yüksekliğindedir. Böylece, bu bölgenin hacmi :

$$72 \times 20 \times 20 = 28800 \text{ cm}^3 = 28,8 \text{ litre}$$

olur. Kıyım dolgusu 70 kg/hektolitre olduğundan, herhangi bir anda kıyım yatağındaki kıyım miktarı,

$$28,8 \times (70/100) = 20,2 \text{ kg}$$

olarak bulunur. En iyi difüzyon süresi, 65 dakika olarak bulunduğu için, pancar işleme kapasitesi,

$$20,2 \times (60/65) = 18,6 \text{ kg/saat} \quad \text{veya}$$

$$18,6 \times 24 = 450 \text{ kg/gün}$$

bulunur. Bu hesaplamada haşlanmış kıyımın kütlesi, pancar kütlesine eşit alınarak, basitleştirme yapılmıştır.

2)

En iyi kıyım yatağı yüksekliği, kolon tipi difüzörde yapılan denemelerde 70 cm olarak bulunmuştu. Pilot difüzör, bu yatak yüksekliğinde yapılsaydı, diğer değerler aynı kalmak koşuluyla, pancar işleme kapasitesi yaklaşık olarak,

$$450 \times (70/20) = 1575 \text{ kg/gün}$$

olacaktır.

Bu hesaplamalar neticesi, en iyi koşullarda pilot difüzörün pancar işleme kapasitesinin, yaklaşık olarak, 1,5 ton/gün olduğu söylenebilir.

4.4- GÜLBARAN DİFÜZYON SİSTEMİNİN KÜTLE DENGESİ

1)

Pilot difüzörde yapılan denemelerde, ön haşlamasız yöntemin, sistemimiz için uygun olmadığı görülmüştü. Ön haşlamalı yöntemle yaptığımız denemelerde ise, en uygun koşullarda, difüzörün % şeker kaybı $X_m = \% 5,4$ olarak bulunmuştu.

Şeker teknolojisinde kullanılan, difüzyon sistemlerinin büyük bir çoğunluğu, ön haşlamalı yöntemle çalışmaktadırlar. Bu yöntemde, haşlama cihazına giren taze kıyıma göre, % 300-1000 oranında haşlama şerbeti kullanılır (27,34). Haşlama şerbeti ve haşlanmış kıyım karışımı difüzöre beslenir ve süzülen haşlama şerbeti, ısıtıcılardan geçirilerek yeniden haşlama cihazına verilir. Arıtma işlemine gönderilecek ham şerbet ise, difüzyon şerbeti haşlama şerbeti ile karıştığı için, haşlama cihazından alınır. Çoğu sistemlerde alınan bu ham şerbet, seperatör denen bir ısı değiştiricisinde haşlama işlemine verilecek taze kıyımları ısıtmak için kullanılır ve böylece yeterince soğumuş olarak arıtma birimlerine gönderilir.

Ayrıca bu sistemlerin hemen hepsinde, difüzörden alınan yaş küspe preslenerek kuru küspe elde edilmektedir. Preslerden alınan ve çok az miktarda şeker içeren su ise, pres suyu adıyla difüzöre yeniden beslenmektedir. Böylece, difüzyon için gerekli su miktarı da, o oranda azalmaktadır.

Bu çalışmada, yalnızca difüzör incelenmiş, ön haşlama ve presleme işlemleri üzerinde bir araştırma yapılmamıştır.

2)

Gülbaran difüzörünün kullanılabileceği, "Ön haşlama-difüzyon-presleme" sisteminin basit bir kütle dengesini yapmak, diğer sistemlerle karşılaştırma açısından faydalı olacaktır.

Pancar doğrayıcısında uygun biçimde kesilmiş, % 16 şeker içeren 100 kısım kıyımın, sisteme verildiğini kabul edelim. Haşlama şerbeti ise, 400 kısım olsun. Baloh, Lysjanskij'in araştırmalarına dayanarak, ekstrakte edilen toplam şekerin % 25'inin ön haşlama işleminde alındığını bildirmektedir (27). Buna göre, difüzöre verilen haşlanmış kıyım,

$$16 \times (75/100) = 12 \text{ kısım şeker}$$

içerecektir. Difüzör, % 5,4 şeker kaybı ile çalışacağından, küspe ile çıkan şeker miktarı,

$$12 \times (5,4/100) = 0,64 \text{ kısım}$$

olacaktır. Difüzörü terkeden küспенin toplam miktarı, 4 kısım şeker ön haşlama işleminde alındığı ve difüzör haşlanmış kıyıma göre % 90 küspe verdiği için,

$$(100 - 4)(90/100) = 86,4 \text{ kısım}$$

olarak bulunur. Yaş küспенin % 50 oranında preslendiği kabul edilirse, presten çıkan kuru küspe miktarı,

$$86,4 \times (50/100) = 43,2 \text{ kısım}$$

olur. Kuru küspe ile pres suyunun, yaklaşık olarak aynı oranda şeker içerdikleri kabul edilirse, kuru küspe ile sistemden çıkan şeker miktarı,

$$0,64 \times (50/100) = 0,32 \text{ kısım}$$

olur. Difüzöre gönderilen pres suyu ise 43,2 kısım olup, 0,32 kısım şeker içerir.

Ön haşlama cihazından çekilen ham şerbet miktarı, 125 kısımdır (% 125 şerbet çekişi). Bu şerbetle, sistemden alınan şeker miktarı,

$$16 - 0,32 = 15,68 \text{ kısım}$$

olacaktır. Difüzöre beslenecek taze su miktarı ise,

$$(125 + 43,2) - 100 = 68,2 \text{ kısım}$$

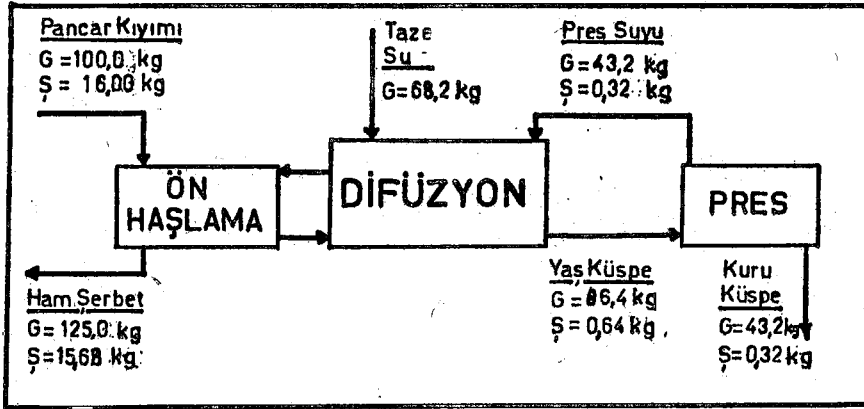
olmalıdır.

Toplam kütle ve şeker dengesi değerleri, Şekil 4.3'de şematik olarak gösterilmiştir.

Yapılan kabuller çerçevesinde hesaplanan değerlerden, tüm sistemin % şeker kazancı,

$$((16 - 0,32)/16) \times 100 = \% 98$$

olarak bulunur.



ŞEKİL 4.3- Gülbaran Difüzyon Sisteminin Toplam Kütle ve Şeker Dengesi

4.5- DİĞER DİFÜZYON SİSTEMLERİ İLE KARŞILAŞTIRMA

1- Gülbaran difüzyon sistemi, DeSmet difüzyon sistemi ile benzerlik gösterir. Şekil 1.10 da çalışma düzeni gösterilen ve 1.5.1- kısmında, özet olarak anlatılan DeSmet difüzörüne göre, üstünlükleri ve sakıncalı yönleri aşağıda sıralanmıştır.

a) Üstünlükleri :

1- Aktif difüzyon süresi (difüzyon bölgesinde kalma süresi), DeSmet için 80 dakika, Gülbaran difüzörü için 65 dakikadır (32).

2- Kıyım dolgusu, DeSmet difüzöründe 50 kg/hektolitredir; Gülbaran difüzöründe ise bu değer 70 kg/hektolitredir olarak bulunmuştur. Bunun nedeni, DeSmet difüzörünün daha kaba kıyımlarla çalışmasıdır. Gülbaran difüzöründe difüzyon şerbeti, kıyım yatağı içinden bir defa geçirilirken, DeSmet difüzöründe 18 defa geçirilmektedir. Bunun için, DeSmet difüzörünün kıyım yatağı daha gevşek ve poröz bir yapıya sahip olmak zorundadır. Aynı pancar işleme kapasitesi için, Gülbaran difüzyon sisteminin boyutları daha küçük olacaktır. Bunun da nedeni, difüzyon süresinin daha kısa, kıyım dolgusunun ise daha büyük olmasıdır.

3- DeSmet difüzöründe bulunan, 6 adet pompa gurubu ve difüzyon şerbetini her üç kademede bir ısıtan 5 adet ısı değiştiricisi, sistemimizde yoktur. Böylece, Gülbaran sistemi, sabit yatırım ve işletme masrafları yönünden daha iyidir.

4- Gülbaran sisteminde, kıyım yatağı yüzeyine difüzyon suyunu, istenildiği şekilde dağıtmak mümkündür. Örnek olarak;

kıyım girişine yakın bölgelere, diğer bölgelere oranla daha fazla su verilebilir. DeSmet difüzöründe ise, difüzyon şerbetinin tümünü 18 defa kıyım yatağı içinden geçirmek gereklidir.

5- Gülbaran sistemi, dizayn yönünden daha basittir.

b) Sakıncalı Yönleri :

1- Şerbet Çekişi, DeSmet difüzöründen daha yüksek tutulacağı için, daha seyreltik bir şerbet elde eder.

2- % şeker kaybı, DeSmet difüzöründen daha fazladır.

3- Gülbaran sistemi, daha ince kıyımlarla çalıştığı için, pancarın kesilmesinde gerekli enerji ihtiyacı daha fazla olacaktır.

II- Gülbaran difüzyon sistemi, 1.5-kısımında açıklanan, yalnızca kıyımın zorlanmış hareketli olduğu cihazlar sınıfına girer. Ancak, daha çok kıyım ve şerbetin zorlanmış hareketli olduğu cihazlara benzerlik gösterir. Fakat, daha basit yapıda olması ve enerji ihtiyacının daha az olması nedeniyle, işletme kolaylığı avantajına sahiptir.

Gülbaran sisteminde, difüzyon yatağındaki kıyımların kendi içlerinde hareketsiz olmaları nedeniyle, daha berrak ve temiz bir difüzyon şerbeti elde edilebilir.

Zagrodzki ve Zagrodzki, ham şerbetin arılık derecesinin kıyımların yıkanma derecesinin yüksekliği oranında düşük olduğunu ve kıyımların % 0,25 şeker (pancara göre % olarak) kapsamından daha düşük oranlarda şekersizlendirilmesinin ekonomik olmadığını, yaptıkları araştırmalar sonucu bulmuşlardır (61). Gülbaran sisteminde, difüzyon şerbeti bir defa kıyım yatağı içinden geçtiği için, şerbetin arılığının diğer sistemlere göre daha yüksek olacağı açıktır.

Avrupa ülkelerinde kullanılan difüzörlerin difüzyon süreleri, 60-80 dakika civarında olduğundan, Gülbaran sisteminin 65 dakika ile aynı seviyede olduğunu söyleyebiliriz.

REFERANSLAR

- 1 - GÜLBARAN, E., Process for Sugar Extraction,
a) U.S.A. Pat. No. 3,135,631 (1964)
b) Int.Sug.Journal, 66, (1964), 790
- 2 - GÜLBARAN, E., Extraktionsapparat, Bundesrepublik Deutsch-
land Pat. No. 1,024,269 (1958)
- 3 - GÜLBARAN, E., Gülbaran Diffuser of Sugar Cane Industry
and Elution Theory ,
a) Proceeding of the XII. Congress International Society
of Sugar Cane Technologists (I.S.S.C.T.), Puerto Rico,
(1965), 1712-24, USA
b) XXXVI. Int. Congress an Industrial Chemistry, Printed
in Belgische Chemische Industrie, Compte Rendu III,
T.32, (1967), 859-63
- 4 - GÜLBARAN, E., Gülbaran Diffuser of Sugar Beet and Sugar
Cane, Sugar y Azucar, 60,4,(1965),94
- 5 - New Turkish Process for Producing Beet Sugar, Chemical
Week, 90,26,(1962),391
- 6 - ŞAŞMAZ, D.A., Katı Madde Ekstraksiyonu, Rapitsa Tohumla-
rının Yeni Bir Sistemle Ekstraksiyonu (Doktora Tezi),
İstanbul, İ.T.Ü. Müh-Mim. Fakültesi, (1980)
- 7 - TÜRKAY, M.Ş., Katı Madde Ekstraksiyonu, Bitkisel Yağlı
Maddelerden Olan Ayçiçeği Tohumlarının Yeni Bir Sistem-
le Ekstraksiyonu (Doktora Tezi), İstanbul, İ.T.Ü. Müh-
Mim. Fakültesi, (1980)
- 8 - ŞATIROĞLU, K.N., Yeni Bir Sistemle Keten Tohumlarının
Ekstraksiyonu (Doktora Tezi), İstanbul, İ.T.Ü. Müh-Mim.
Fakültesi, (1982)
- 9 - SCHNEIDER, F., a) Technologie des Zuckers, 2.Aufl.,
Hannover, Verlag M.-H.Schaper,(1968)
b) Şekerin Teknolojisi (Çeviri), Ankara,
T.Ş.F.A.Ş. Yayın No:168, (1971)

- 10 - GENIE, G.V., Theory of Extraction in Diffusers, Int. Sug.J.,
Part-I : 75, (1973), 67-70
Part-II : 75, (1973), 99-103
- 11 - MARIGNETTI, R.A.- MANTOVANI, G.- LANDI, S., Simulierung und Regelung der Kontinuierlichen Extraktion von Zuckerrüben, Zucker, 29,3,(1976), 108-12
- 12 - PLACHO, F.P.- KRASUK, J.H., Solid-Liquid Countercurrent Extractors, Ind.Eng.Chem.Process Des.Develop., 9,3,(1970), 419-33
- 13 - SPANINKS, J.A.M. - BRUIN, S., Mathematical Simulation of the Performance of the Solid-Liquid Extractors,
I- Diffusion Batteries, Chem.Eng.Science, 34,(1979), 199-205
II- Belt Type Extractors, Chem.Eng.Science, 34,(1979), 207-15
- 14 - Şeker Sanayii İstatistikleri (Statistics of Sugar Industry), Ankara, T.Ş.F.A.Ş. Genel Müdürlüğü, (1978 ve 1982)
- 15 - WERNER, E., a) Zuckertechniker-Taschenbuch, 2.Aufl., Berlin, Verlag Dr.A.Bartens, (1966)
b) Şeker Teknisyenleri El Kitabı(Çeviri), Ankara, T.Ş.F.A.Ş. Yayın No:149,(1970)
- 16 - KIRK - OTHMER, Encyclopedia of Chemical Technology, Second Ed., Vol.-19, New York, Interscience Publ.,(1969), p. 151-242
- 17 - VUKOV, K., Şeker Pancarının Fizik ve Kimyası, Ankara, T.Ş.F.A.Ş. Yayın No: 208, (1978), (Dr.Alfred Falvay'ın Almanca Çevirisinden Türkçeye Çevrilmiştir), Konu 1,3
- 18 - SODDU, A.- GIOIA, F., Diffusion Through Living Systems: Sugar Loss From Sugar Beets, Chem.Eng.Science, 34,(1979), 763-73
- 19 - Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie, Dritte Aufl., Band 19, Weinheim/Bergstr., Verlag Chemie GmbH, (1969), 200-256
- 20 - Pancardan Şerbet Üretimi Semineri Notları, Ankara, T.Ş. F.A.Ş. Şeker Enstitüsü, (1-6/4/1974)

- 21 - MARIGNETTI, N.- MANTOVANI, G., Retention Time in Beet and Cane Diffusers, Int.Sug.Journal,75,(1973),35-40
- 22 - MCGINNIS, R.A., Beet-Sugar Technology, Second Ed., Fort Collings, Reinhold, (1971), Chapt. VI-Diffusion
- 23 - OPLATKA, G., a) Z.Zuckerindustrie 4,11,(1954),470-77;
4,12,(1954), 511-19
b) Pancarlardan Şerbetin Elde Edilmesi, Macar Şeker Sanayii Araştırma Enstitüsünün Çalışmalarına Toplu Bir Bakış, Şeker Dergisi XXII.Sayı İlâvesi,Ankara, T.Ş.F.A.Ş. Genel Müdürlüğü,(1957), 48 sahife
- 24 - SCHNEIDER, F.- REINEFELD, E.- SCHLIEPHAKE, D., Grundlagen und Technische Durchführung der Zuckerextraktion aus Rübenschnitteln, Chem.Ing.Techn.,35,8,(1963),567-76
- 25 - TREYBALL, R.E., Mass Transfer Operations, Sec.Ed., New York, McGraw-Hill, (1968), Chapt.13, p.628
- 26 - HUGOT, E.- JENKINS, G.H., Handbook of Cane Sugar Engineering, Sec.Ed., New York, Elsevier, (1972), Chapt.24-Diffusion
- 27 - BALOH, T., Verfahrenstechnische Darstellung der Extraktion, Z.Zuckerindustrie, 27,6,(1977),363-72
- 28 - H.BRUNICHE-OLSEN, Evaluation of Non-cell-Divided Continuous Diffusers : II, Sug, Nov.(1952),37-40
- 29 - OPLATKA, G., Evaluation of Non-cell-Divided Continuous Diffusers II, Sugar, January,(1953), 44-46
- 30 - H.BRUNICHE-OLSEN, Diffusion of Beet and Cane, Sugar Technology Reviews, 1,(1969), 3-42 (Elsevier Comp.)
- 31 - STRATIENKO, O.V.-LIPETS, A.A.-LYSYANSKII, V.M.-SHVACHICH, V.A.-SEREDA, N.F., Equation for Calculating the Coefficient of Diffusion During Sugar Extraction from Beets, Chemical Abstracts, 82,16,(1976),p.165 (100556x)
- 32 - SCHNEIDER, F.- REINEFELD, E. - HOFFMANN WALBECK,H.P., Evaluation of a DeSmet Diffusion Unit, Int,Sug.Journal,
Part-I : 63, (1961), 233-236
Part-II : 63, (1961), 265-267
Part-III: 63, (1961), 303-306

- 33 - AKYAR, O.Ç., Ham Fabrika-Laboratuvar Mühendisleri Smineri, Ankara, T.Ş.F.A.Ş. Şeker Enstitüsü, (Nisan-1979)
- 34 - SCHNEIDER, F.-REINEFELD, E., Über die Kontinuierliche Saftgewinnung, Zucker, 13, (1960), 460-71
- 35 - SCHLIEPHAKE, D.-WOLF, A., Stofftransportvorgänge in der Anlaufphase der Wassrigen Zuckerextraktion aus Rübenschnitzeln, Zucker, 21, 18, (1968), 489-93
- 36 - H. BRUNICHE-OLSEN, Neuentwicklung "DDS-Diffusion" für Zuckerrüben, Z. Zuckerindustrie, 22, 5, (1972), 266-68
- 37 - BAİKOW, V.E., Manufacture and Refining of Raw Cane Sugar, First Ed., New York, Elsevier, (1967), Chapt. 4- Sugar Cane Diffusion Process
- 38 - SMET, A., The New Tirlemont Continuous Diffuser, Sugar, June, (1948), 28-35
- 39 - SCHLIEPHAKE, D.-WOLF, A., Die Kreuzstromextraktion, Zucker, 21, (1963), 587-96
- 40 - Extraction De Smet Sugar Cane Diffuser, Sugar y Azucar, 65, 7, (1970), 27-32
- 41 - McGUIRE, P.J., The Oliver-Morton Continuous Diffuser, Sugar, March, (1949), 31-2
- 42 - TELLİOĞLU, Ş., DdS Difüzyonu'nun İşletmesi ve Bakımı, Ankara, T.Ş.F.A.Ş. Neşriyatı No: 143, (1968)
- 43 - ÜLGEZER, M.A., DdS Difüzörü ile Modern Şeker Üretimi, Ankara, T.Ş.F.A.Ş. Neşriyatı No: 133, (1966)
- 44 - Belg. Patent, 565928 v. 15.4.1958
- 45 - GÜLBARAN, E., Die Extraktion von Pflanzlichen Gerbmateri-
alien für die Gerbstoffanalyse, Das Leder, 6, 5, (1955).
102-105
- 46 - GÜLBARAN, E., Tannen Extraction, The Journal of the
American Leather Chemists Association, 60, 10, (1965), 640
- 47 - GÜLBARAN, E.- EVCİLER, N., Extraction of Soybean Oil by
a New Procedure, Int. Society for Fat Research, IX. Cong-
ress III (1968), p. 18
- 48 - GÜLBARAN, E.- RENDA, N., Nouveau Procédé d'extraction
de l'huile de Soja Sows Vide, Chemie et Industrie-Gene.
Chemique, 103, 10, (1970), Paris

- 49 - GÜLBARAN, E.-YAYKIN, Ö., A New System in Extraction of Sunflower Oil, World Congress of American Oil Chemists Society (AOCS) and Int.Society for Fat Research(ISF), Sept.28-Oct.1, (1970)
- 50 - GÜLBARAN, S.H., Katı Madde Ekstraksiyonu- Mısır Özü ve Pres Ürünlerinin Yeni Bir Sistemle Ekstraksiyonu (Doktora Tezi), İstanbul, İ.T.Ü. Müh-Mim. Fak., (1976)
- 51 - GENİE, G., Influence de la Forme des Cossettes sur leur diffusibilite, Sucrerie Belge, 83,8,(1964), 297-309 ; 83,9,(1964),337-354
- 52 - AKOĞLU, S., Şeker Teknolojisi Araştırma Bölümü Laboratuvar Mühendisleri Semineri Notları, Ankara, T.Ş.F.A.Ş. Şeker Enstitüsü, (9-21 Nisan, 1979)
- 53 - GELEN, H., Pancardaki Şekerin Tayininde Şeker Fabrikalarında Uygulanan Soğuk Digestiyon Metodunun İzotop Seyreltme Metodu ile Kontrolü ve Bu iki Metodla Bulunan Değerler Arasındaki Farkın Nedenlerinin Araştırılması, (Doçentlik Tezi), Ankara, T.Ş.F.A.Ş. Şeker Enstitüsü, (1972)
- 54 - SCHNEIDER, F.(Editör), ICUMSA Methods of Sugar Analysis, First Ed., Peterborough-Engl., ICUMSA (International Comission for Uniform Methods of Sugar Analysis),(1979)
- 55 - HOROWITZ, W.(Editör), Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists, 10 th Ed., Washington, (1965), Method 29.046-29.047
- 56 - BROWNE, C.E.-ZERBAN, F.W., Physical and Chemical Methods of Sugar Analysis, 3 rd Ed., New York, John Wiley-Sons Inc., (1941), p.837-840
- 57 - NOURUZHAN, H., Pancar Şekeri Fabrikası İşletmesinin Kimyasal Kontrolü, Ankara, T.Ş.F.A.Ş. Yayın No:46, (1957)
- 58 - ŞENDÖKMEN, N., 17.ICUMSA Toplantısı-1978, Montreal, Şeker, XVI,109, (1978), 1-11
- 59 - WHALLEY, H.C.S. de, ICUMSA Methods of Sugar Analysis, New York, Elsevier, (1964)
- 60 - SPIEGEL, R.M., Schaum's Outline of Theory and Problems of Statistics in SI Units, First Ed., McGraw Hill,(1972), Chapt. 13-14
- 61 - ZAGRODZKI, S.-ZAGRODZKI, S.M., Wirtschaftliche Grenzen der Zuckereextraktion aus Rüben, Z.Zuckerindustrie, 14, 10, (1964), 568-572

TEŞEKKÜR

Bu araştırmamın yapılmasında bana her türlü olanağı sağlayan, çalışmalarımı titizlikle yürüten, ancak tez deney safhasında iken aramızdan ayrılan, sayın hocam,

Prof.Dr. Emir GÜLBARAN'ın

aziz hatırasını saygı ile anarım.

Çalışmalarımın geri kalan kısmını, her türlü yardımı esirgmeden ve kıymetli vakitlerini harcıyarak yöneten, İ.T.Ü. Kimya-Metalurji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Temel İşlemler ve Termodinamik Ana Bilim Dalı Başkanı, sayın hocam,

Prof.Dr. İhsan ÇATALTAŞ'a

ve gösterdiği yakın ilgiden dolayı, sayın hocam,

Prof.Dr. Enis KADIOĞLU'na

teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca, çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen, sayın Doç.Dr. Turgut ÖZTÜRK ve Doç.Dr. Ekrem EKİNCİ'ye, yardımlarını gördüğüm, kıymetli çalışma arkadaşlarım, sayın Dr. Dursun Ali ŞAŞMAZ, Dr. Nezih ŞATIROĞLU ve Dr. Şafak TÜR-KAY'a , çalışmalarım sırasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, eşim Bige ALTINER ve kıymetli çalışma arkadaşım araştırma görevlisi Kimya Yüksek Mühendisi Hüsnü ATAKÜL'e teşekkür ederim.

Bu çalışmada kullandığım, pilot difüzör ve pilot pancar doğrayıcısını titizlikle yapan " Erikman Kardeşler Makina ve Elektrik Sanayii " müessesesi elemanlarına ve şeker pancarı temininde gösterdikleri yakın ilgiden dolayı T.Ş.F.A.Ş. Müdür yardımcılarından Kimya Yüksek Mühendisi İsmet DOĞRU'ya, ayrıca emeği geçen tüm arkadaşlarıma ve hocalarıma da teşekkür ederim.

Ali ALTINER

Ö Z G E Ç M i Ş

1952 yılında, İçel'in Tarsus ilçesinde doğdum. İlk, orta ve lise tahsilimi, Tarsus Sadık Eliyeşil İlkokulu , Mersin Tefvik Sırrı Gür Lisesi Orta Kısmı ve Tarsus Lisesi'nde yaptım. 1970 yılında girdiğim İ.T.Ü. Kimya Fakültesi'ni 1974 yılında bitirerek, aynı fakültede Lisans üstü öğrenimi yaptım. 1976 yılında Kimya Yüksek Mühendisi olarak mezun oldum ve İ.T.Ü. Müh-Mim. Fakültesi, Kimya Bölümü, Kimya Mühendisliği Esasları Kürsüsü'ne asistan olarak girdim. Askerlik görevimi, Temmuz-1981 de kısa süreli olarak yaptım. Evli ve bir çocuk babasıyım.

Ali ALTINER

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi