



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞEKER ÜRETİM SÜRECİNDE
ŞERBETLERDEKİ ŞEKER DIŞI
MADDELERİN İLETKENLİK VE
GRAVİMETRİK YÖNTEMLE TAYİNİ

Halime ÇİMEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Eylül -2010
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Halime ÇİMEN tarafından hazırlanan tez çalışması 24/09/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Mustafa CENGİZ

.....

Danışman

Doç. Dr. Ahmet GÜLCE

.....

Üye

Y. Doç. Dr. A. Abdullah CEYHAN

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Bayram SADE
FBE Müdürü

Bu tez çalışması BAP tarafından 09201112 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Halime ÇİMEN

Tarih: 24.09.2010

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

ŞEKER ÜRETİM SÜRECİNDE ŞERBETLERDEKİ ŞEKER DIŞI MADDELERİN İLETKENLİK VE GRAVİMETRİK YÖNTEMLE TAYİNİ

Halime ÇİMEN

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Ahmet GÜLCE

2010, 54 sayfa

**Jüri: Doç. Dr. Ahmet GÜLCE
Prof. Dr. Mustafa CENGİZ
Y. Doç. Dr. A. Abdullah CEYHAN**

Bu çalışmada şeker üretim prosesi içinde oluşan şerbetlerin ve proses sonunda açığa çıkan melas ürünün içindeki kül miktarları iki farklı yöntemle incelenerek bu iki yöntem arasındaki ilişki ortaya konulmuştur. Yöntemlerden biri iletkenlik külü olan, ölçümü hızlı, uygulaması kolay ancak suda çözünmeyen kül miktarlarını ihmal ederek sonuç veren yöntemdir. Diğeri ise hem suda çözünen hem de çözünmeyen kül miktarlarını gösteren ancak analizi uzun zaman alan ve uygulaması kolay olmayan yöntem olan gravimetrik kül yöntemidir. Çalışmanın amacı daha kısa zamanda daha doğru bir sonuca, kolay ve hızlı olan iletkenlik yöntemiyle ölçülen sonucu kullanarak gravimetrik kül değerine ulaşmak olarak tanımlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: iletkenlik, gravimetrik, kül, sulu şerbet, koyu şerbet, melas.

ABSTRACT

MS THESIS

**THE ANALYSIS OF MATERIALS IN JUICES IN SUGAR PRODUCTION BY
GRAVIMETRIC AND CONDUCTOMETRIC METHODS**

Halime ÇİMEN

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN CHEMICAL ENGINEERING**

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ahmet GÜLCE

2010, 54 Pages

**Jury: Assoc. Prof. Dr. Ahmet GÜLCE
Prof. Dr. Mustafa CENGİZ
Assoc. Prof. Dr. A. Abdullah CEYHAN**

In this study, the juices are produced by the sugar production process and the molasses that is the byproduct of the same process were analyzed by two different methods. One of them is the conductometric method which is very easy and gives rapid result, the other is gravimetric method that is difficult and long way of determination the ash amount of the juice and molasses. The main aim of this study is to find a relation between the gravimetric and the conductometric analysis results. Although the conductometric ash method is very easy, the result is not certain because of the nonsoluble materials in the solutions. Also the gravimetric method is the difficult way of this analysis, its result is more confidential than the other way. So it is a necessity to find a relation between these two methods to reach the certain result by the most easier way.

Keywords: conductometric, gravimetric, ash, thin juice, thick juice, molasses.

ÖNSÖZ

Bu çalışma esnasında konu seçiminde, çalışmalarımın yönlendirilmesinde değerli katkılarını esirgemeyen, en önemlisi manevi destek ve ilgisinden dolayı sayın hocam Doç. Dr. Ahmet GÜLCE'ye sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Üniversite hayatım boyunca ve yüksek lisans çalışmalarımda vermiş oldukları desteklerinden dolayı aileme sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Yüksek lisans çalışmalarımda vermiş olduğu manevi desteğinden dolayı Konya Şeker Fabrikası Proje Müdürü Sayın Kadir ÖCAL'a saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans çalışmalarımda vermiş oldukları manevi desteklerinden dolayı Konya Şeker Fabrikası A.Ş. Kalite Kontrol Müdürü Sayın Hüseyin ÇAMALAN ve Kalite Kontrol Kimyageri Sayın Mehmet CANDAN başta olmak üzere tüm mesai arkadaşlarıma saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Halime ÇİMEN
KONYA-2010

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Şeker Pancarı ve Yapısı	2
1.2. Şeker Pancarı Pülpü ve Yapısı	3
1.2.1. Karbonhidratlar	4
1.2.1.1. Pentozan	4
1.2.1.2. Pektin	5
1.2.1.3. Selüloz	5
1.2.2. Lignin	6
1.2.3. Proteinler	6
1.3. Şeker Üretiminde Kül	7
1.4. Ham Şerbetin Tanım ve Özellikleri	8
1.4.1. Ham Şerbetin Bileşimi	8
1.4.2. Arıtım Esnasında Meydana Gelen Kimyasal Olaylar.....	9
1.4.3. Klasik Şerbet Arıtımı	10
1.5. Araştırmada Kullanılan Sulu Şerbetin Tanım ve Özellikleri	12
1.5.1. Üretilen Koyu Şerbetin Değerlendirme Parametreleri	13
1.6. Araştırmada Kullanılan Melasın Tanım ve Özellikleri.....	14
1.6.1. Rafineride Şeker Dışı maddelerin Etkisi.....	14
1.7. Melastaki Şeker Kaybı	17
1.7.1. Melas Yapıcılık Formülü	17
1.7.2. Küle Göre Melas Şekeri Formülü	19
1.8. Kül Tayin Metotları	19
1.8.1. İletkenlik Külü Metodu	19
1.8.1.1. Şekerli Ürünlerde İletkenlik Külü Ölçülmesi Metodu	21

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	22
3. MATERYAL VE METOT.....	24
3.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler	24
3.2. Kullanılan Cihazlar	24
3.3. Metot	24
3.3.1. Gravimetrik Kül Ölçüm Metodu	24
3.3.2. İletkenlik Külü Ölçüm Metodu.....	25
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	27
4.1. Sulu Şerbet analiz Sonuçları ve değerlendirilmesi.....	27
4.2. Koyu Şerbet Analiz Sonuçları ve Dğerlendirilmesi	27
4.3. Melas Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi	29
4.4. Araştırma Sonuçlarına Göre Şerbetlerin Fiziksel ve Kimyasal Karakteristikleri 33	
4.4.1. Analiz Sonuçlarına Göre Şerbet Karakteristiklerinin Değerlendirilmesi	34
4.5. Analiz Verilerinin Grafikleştirilmesi	34
4.5.1. Analiz Verilerinin Grafikleştirilmesi	35
4.5.2. Koyu Şerbet İçin İletkenlik Külü - Gravimetrik Kül İlişkisi	37
4.5.3. Melas İçin İletkenlik Külü - Gravimetrik Kül İlişkisi	38
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	40
KAYNAKLAR	42
ÖZGEÇMİŞ.....	44

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Şeker pancarının bileşimi.....	3
Şekil 1.2. L-arabinoz, D-ksiloz, D-glikoz Molekül Yapıları.....	5
Şekil 1.3. D-arabinofuranoz, d-galaktopiranoz Molekül Yapıları.....	5
Şekil 1.4. Selüloz yapısında glikopiranoz moleküllerinin 1- β -O-4 bağlantıları.....	6
Şekil 4.1. Sulu Şerbet İçin Gravimetrik Kül-İletkenlik Külü İlişkisi.....	35
Şekil 4.2. Sulu Şerbet İçin Küller Arası Fark-Kuru Madde İlişkisi.....	36
Şekil 4.3. Koyu Şerbet İçin Gravimetrik Kül-İletkenlik Külü İlişkisi.....	37
Şekil 4.4. Koyu Şerbet İçin Küller Arası Fark-Kuru Madde İlişkisi.....	38
Şekil 4.5. Melas İçin Gravimetrik Kül-İletkenlik Külü İlişkisi.....	38
Şekil 4.6. Melas İçin Küller Arası Fark-Kuru Madde İlişkisi.....	39

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Pancarın Kimyasal Bileşimi	4
Çizelge 1.2. Pancar, Melas ve Şerbetlerde Kül Bileşimi	8
Çizelge 1.3. Sıcaklığa bağlı Olarak Koyu Şerbet İçindeki Kül Artışı	13
Çizelge 1.4. Şerbet artımının kalitesinin parametre aralıkları	14
Çizelge 4.1. Sulu Şerbette Yapılan Analiz Sonuçları	27
Çizelge 4.2. Sulu Şerbet Numunelerinin Karakteristik Özelliği	29
Çizelge 4.3. Koyu Şerbette Yapılan Analiz Sonuçları	29
Çizelge 4.4. Koyu Şerbet Numunelerinin Karakteristik Özelliği	31
Çizelge 4.5. Melasta Yapılan Analiz Sonuçları	31
Çizelge 4.6. Melas Numunelerinin Karakteristik Özelliği	33
Çizelge 4.7. Araştırmada Kullanılan Numunelerin Ortalama Karakter Özellikleri ..	34
Çizelge 5.1. Analizlerin Sonuç Değerlendirmesi	40

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

S:	Kuru Madde Yüzdesi, %
P:	Polar Şeker Yüzdesi, %
Q:	Arılık, %
NA:	α -amino azotu, % pg
CaO:	Kireç tuzu, % pg
°C:	Derece Santigrat
I _Q :	Temizleme Efekti İndeksi
I _{şdm} :	Şeker dışı Madde İndeksi
I _K :	Kül indeksi
I _{Ca} :	Kireç tuzu İndeksi
Q _M :	Melas arılığı, %
Q _{KŞ} :	Koyu şerbet arılığı, g/100 Bx
C ₅ :	Şekerli çözeltinin iletkenliği, 20 °C'da $\mu\text{mho cm}^{-1}$
C _{su} :	Suyun iletkenliği, 20 °C'da $\mu\text{mho cm}^{-1}$
D:	Kuru madde konsantrasyonu, g/100 mL, (m x Bx)/100
m:	100 mL'deki kuru madde miktarı, g
Bx:	Numunenin refraktometrik kuru maddesi, %
f:	Seyreltme faktörü, 5/m

Kısaltmalar

Şdm:	Şeker dışı madde, %
Kül:	İletkenlik külü, % pg
Inv:	İnvert şeker, % pg
KŞ:	Arıtılmış şerbet (koyu şerbet)
o:	Arıtılmamış şerbet (ham şerbet)
P _M :	Melastaki polar şeker miktarı, %pg
S _M :	Melasta kuru madde miktarı, %pg
P _p :	Pancarda polar şeker, % pg
Z:	Koyu şerbete kadar toplam şeker kaybı, % pg
(Kül) _{KŞ} :	Koyu şerbette kül, g/100 Bx
(Kül) _M :	Melasta kül, g

1. GİRİŞ

Hızla gelişen bilim ve teknoloji şartlarına bağlı olarak uygulanan her şey kendi içinde değişimlere uğramak zorunda kalmıştır. İster özel hayatlarımızda olsun ister iş hayatlarımızda kazanmak ulaşılmak istenen temel hedef en kısa zamanda en etkin şekilde sonuç elde etmektir. Bu amaç doğrultusunda her yeni günde yeni bir teknolojik icat ve/veya yeni bir yöntemle karşılaşmaktayız.

Çok değil bundan 20 yıl öncesinde yapılan çalışmalar ve buluşlar incelendiğinde görülüyor ki temel amaç işi kolaylaştırarak zaman kazancı sağlamak üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak günümüz imkân ve şartları dâhilinde artık bizlere sadece bu amaç yetmemekte bununla birlikte yüksek verimlilik ve kesinlik de aramaktayız. Bu ihtiyaç kendini özellikle özel kurum ve sektörlerde göstermiştir. Bu kapsamda sahip oldukları donanım ve cihazların aktifliğini yeniden gözden geçirmeye başlamış, zamanında hızlı gelişmiş teknolojiye ayak uydurmak adına ödün verdikleri herhangi bir şeyin olup olmadığını incelemek için araştırma ve çalışmalara başlamışlardır.

Özellikle özel sektör için tahammül edilemeyecek iki kayıp zaman ve kalite kaybıdır. Rekabetin bu kadar arttığı günümüz dünyasında ne zamandan ne de kaliteden ödün vermek düşünülebilir. En kısa zamanda en kaliteli ürünlerin üretilerek verimin en yüksek olması için araştırma ve geliştirme harcamalarına büyük önem verilmektedir.

Özel sektörün gelişmesi için yadsınamaz bir ihtiyaç haline gelen AR-GE laboratuvarları onları kendi pazarlarında daha ileriye götürmek için çeşitli çalışmalar yapmaktadır. Artık ülkemiz için de öneminin kavrandığı ve neredeyse her büyük şirketin kendi bünyesinde kurduğu ar-ge bölümlerine özel yatırım yapılmaktadır. Hem şirketler içindeki hem de bağımsız olarak kurulan laboratuvarlar bu gibi ihtiyaçları göz önünde bulundurarak var olan metotların yerine daha kesin sonuçlar elde edecek, kazanımı yüksek teknikler üzerinde çalışmaktadırlar. Yeni metotların bulunması, var olanın geliştirilmesi ve yenilerinin kesinlik kazanarak sahiplenilmesi üzerinde ayrıca çalışılması ve zaman harcaması gerektiren bir konudur.

Bir kimyasal analizin değiştirilmesi ve/veya geliştirilmesine karar verilmesi için yapılan çalışmaların bazı parametreler ile takibi gerekmektedir. Hem var olan yöntem

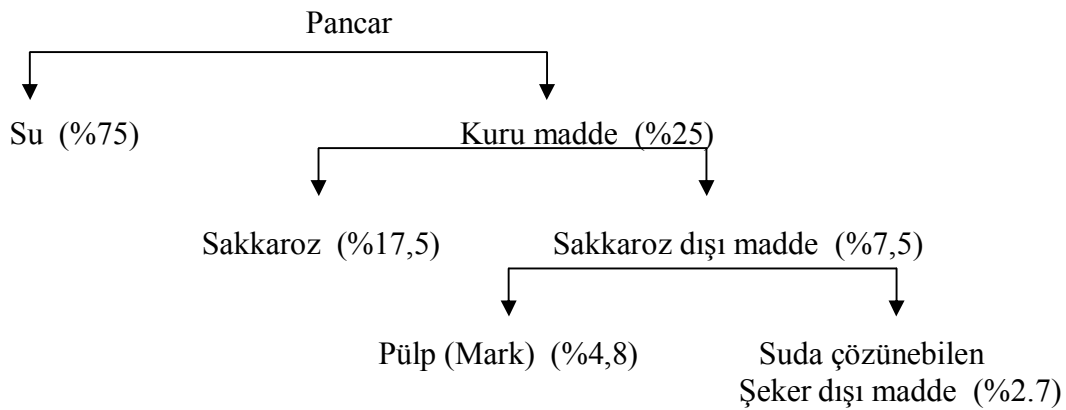
ile hem de yerine geçirilmesi düşünölen yöntem ile yapılan analiz sonuçlarının belirli bir mantık içinde aynı sonuca ulaşması beklenir. Bu bağlamda özellikle son yıllarda, analiz laboratuvarları metot validasyon teknikleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Metrolojinin görevi; bütün ölçmeler sisteminin temeli olan birimlerin (SI ve türevleri) tanımlanarak bilim ve teknolojinin kullanımına sunmak ve yapılan bütün ölçümlerin güvenilirliğini ve doğruluğunu sağlamaktır.

Çalışmanın amacı daha kısa zamanda iletkenlik yöntemiyle ölçölen sonucu kullanarak gravimetrik kül değerine ulaşmak olarak tanımlanmaktadır. Eski bir metot olan gravimetrik kül ve günlük uygulamalarında bu metodun yerine geçmiş olan iletkenlik külü metodu ile aynı numunelerde yapılan analizlerdeki sonuç farklılığı tespit edilmiş ve bu durumun üzerine gidilmiştir. Çalışma içinde bu iki metodunda doğruluğu da bilinerek iki yöntem arasında bir matematiksel bir denklem oluşturulup oluşturulamayacağını araştırma ve takibi yapılmıştır.

Şeker üretimi sırasında ara ürün olan bazı şerbetlerden (ham şerbet, sulu şerbet, koyu şerbet) ve sonrasında üretimin yan ürünü olarak tanımlanan melastan alınan numunelerde hem gravimetrik kül yöntemi ile hem de iletkenlik külü yöntemi ile analizler yapılmıştır. Bu sonuçların birbirleriyle olan ilişkisi grafikler üzerinde incelenerek, nihayetinde bir matematiksel fonksiyon ile ifade edilen denkleme ulaşılmıştır. [3,4]

1.1. Şeker Pancarı ve Yapısı

Botanikte *beta vulgaris saccharifera* adıyla bilinen şeker pancarı iki yıllık bir bitkidir. Birinci yıl, tohumdan kök ve yapraklar oluşur ve kökte besin olarak sakkaroz toplanır. Şeker üretimi için pancarın bu devresinden yararlanır. İkinci yıl ise bitki tohum verir. Şeker pancarının yaklaşık %75'i su, %25'i kuru maddeden oluşmuştur. Kuru maddenin en önemli bileşeni, pancarın yaklaşık %17,5'ini oluşturan sakkorozdur. Pancarın kapsadığı maddelerin cins ve miktarları Şekil 1.1. de verilmiştir.



Şekil 1.1. Şeker pancarının bileşimi, [2]

Sakkaroz dışındaki kuru madde, suda çözünen ve çözünmeyen olarak ikiye ayrılabilir. Suda çözünen şeker dışı maddeler pancarın ortalama olarak %2,7'ini oluştururken suda çözünmeyen şeker dışı maddeler %4,8'ini oluşturur.

Suda çözünen maddeler, şerbet üretimi sırasında şeker ile birlikte ekstrakte olduğundan şerbet arıtımını etkileyen en önemli faktörlerdir.

Suda çözünen şeker dışı maddeler inorganik ve organik olarak iki kısımda incelenebilir.

İnorganik şeker dışı maddeler toplam olarak pancarın %0,6'sını oluşturur. Bunlar pancarda K_2O , Na_2O , CaO , MgO , P_2O_5 , SO_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 ve Cl olarak bulunabilir.

Organik şeker dışı maddeler, azotlu ve azotsuz olarak iki ayrı gruba ayrılabilir. Azotlu organik bileşikler, pancarın %1,2 sini oluşturur. Fabrikasyonda azotlu bileşiklerin rolü çok fazladır. Bunlar pancarda protein, amonyak, amit, betain ve amino asit şeklinde bulunabilmektedir.

Suda çözünmeyen şeker dışı maddelere küspe (mark) adı verilir. [2,3,4]

1.2. Şeker Pancarı Pülpü ve Yapısı

Suda çözünmeyen şeker dışı maddelere küspe (pülp) veya mark adı verilir. Mark, şerbet üretimi sırasında küspe adı verilen, şekeri ve çözünen bileşenleri ekstrakte edilerek alınmış pancar atığında toplanır. Küspe fabrikasyonun bir yan ürünüdür ve genel olarak hayvan yemi olarak kullanılmaktadır.

Yani; pülp (mark), pancarın belirli miktarda kaynar haldeki su ile belirli zamanda ekstrakte edilmesinden sonra geriye kalan çözünmemiş kısma denir. Olgun bir pancarın ortalama pülp kapsamı %4–5 arasında olup, bu oran çeşitli tarımsal faktörlere göre değişmektedir. Pancar pülpünün kimyasal bileşimi Çizelge 1.1.'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Pancar pülpünün kimyasal bileşimi [1]

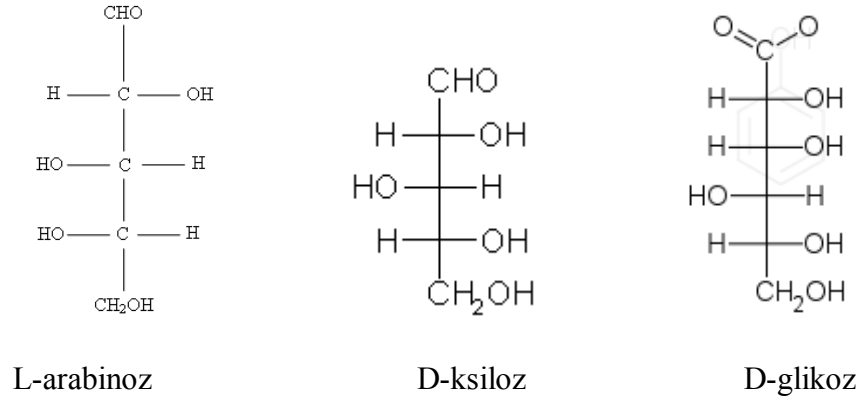
Bileşenler	En sık rastlanan değerler %	Aşırı değerler %
Karbonhidratlar		
Pentozan	24-32	16-40
Pektin	24-32	21-41
Selüloz	22-30	14-36
Lignin	3-6	2-7,4
Proteinler	5	2-7,4
Yerleşmiş kül	4-4,5	2-6,6

1.2.1. Karbonhidratlar

Genel formülü $C_nH_{2n}O_n$ şeklinde olan polihidroksi aldehit ve polihidroksi ketonlara ‘‘karbonhidratlar’’ denir.

1.2.1.1. Pentozan

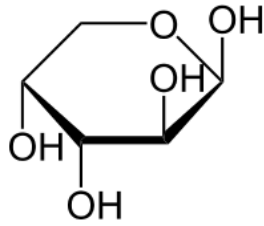
Pentozanlar bitkilerdeki nişasta ve selüloz dışındaki polisakkaritleri tanımlar. Bileşimlerinde basit şekerlerin dışında proteinler ya da fenolik maddeler de bulunabilir, farklı kompozisyonlarda farklı özelliklerde olabilirler. Bazıları suda çözünebilirken bazıları çözünemez. L-arabinoz, D-ksiloz, ve D-glikoz içeren pentozanlar suda çözünmez. Suda çözünmeyen pentozanlar yüksek dallanma gösterirler ve genellikle yapılarında protein de içerirler. Pentozanlar yüksek viskoziteli çözeltiler oluştururlar ancak jelatinize olmazlar. Isıtıldıklarında denatüre olmazlar.



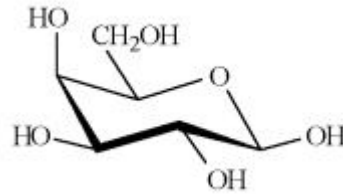
Şekil 1.2. L-arabinoz, D-ksiloz, D-glikoz Molekül Yapıları

1.2.1.2. Pektin

Bir bitkisel polimer olan pektin, genelde bir heteropolimerdir ve bileşiminde D-arabinofuranoz, D-galaktopiranoz, D-galakturonik asit monomer birimleri bulunur. Bağlanmalar 1 β -O-4 şeklindedir. Meyve ve sebzelerin kabuklarında bulunurlar. Pektin suda çözünmez, asitle hidrolizlenebilir.



D-arabinofuranoz



D-galaktopiranoz

Şekil 1.3. D-arabinofuranoz, d-galaktopiranoz Molekül Yapıları

1.2.1.3. Selüloz

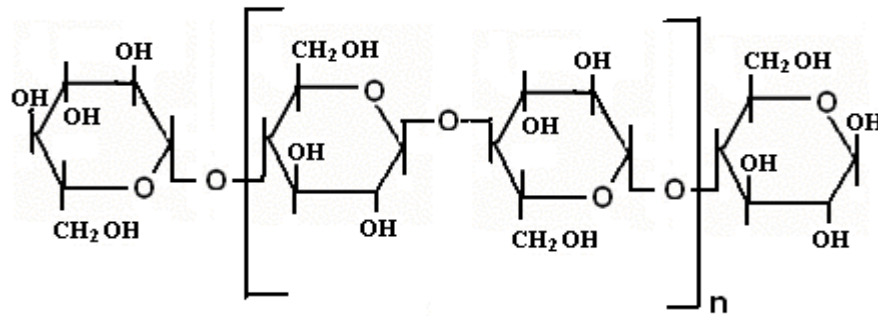
Bitkisel hücre zarlarının temel bileşeni ve formülü $(C_6H_{10}O_5)_n$ olan ve hidrokarbon yapısında bulunan maddeye selüloz denir.

Selüloz elyaf halindedir. Bu liflerin her biri birbiriyle az çok düzgün bir şekilde birleşmiş telcik veya misellerden meydana gelir. Her misel uzayın iki doğrultusuna göre düzgün ve paralel bir şekilde sıralanmış çok sayıdaki çizgisel molekülden oluşur. Moleküller hidrojen bağlantıları sayesinde yerlerini korur. Yapısı, D-Glikopiranoz

birimlerinin 1-β-O-4 şeklinde düzgün olarak suyunu kaybetmiş çok sayıda (2000-3000) glikoz moleküllerinin birleşmesiyle meydana gelir.

Bitkilerde bulunduğu kısma ve kısmının olgunluk derecesine göre selüloz değişik şekillerde görülür.

Selüloz geleneksel çözücülerin hiç birinde çözünmez. Sadece Schweitzer çözeltisinde (Bakır oksidin amonyak içindeki eriyiği) çözünür. Selüloz bu eriyiğe asit katılarak yeniden çökeltilir. Saf selüloz beyaz renkte, lezzetsiz ve kokusuzdur. Yoğunluğu ise 1,55 gr/L'dir.



Şekil 1.4. Selüloz yapısında glikopiranoz moleküllerinin 1-β-O-4 bağlantıları

1.2.2. Lignin

Kendisi bir karbonhidrat olmamasına karşın doğada daha çok selüloz ve hemiselüloz ile bir arada bulunduğundan karbonhidratlar içinde incelenir. Temel yapıtaşı fenilpropan bileşiği olan sinapin ve koniferil alkollerdir. Vejetasyon esnasında polisakkarit hücre membranı ve hücreler arası oda dolgusu olarak depolanır. Genç bitkide selüloz fazla iken, bitki yaşlanıp kartlaştığında lignin miktarı artar.

1.2.3. Proteinler

Bir aminoasidin karboksil grubu başka bir aminoasidin amino grubuyla bir mol su açığa çıkararak birleşirler ve peptid zinciri oluştururlar. Peptidler, peptid zincirinde yer alan aminoasit sayısına göre mono, di, tri gibi ön ekler verilerek isimlendirilirler. Genel bir kural olarak yapısında 10 kadar aminoasit içeren peptid zincirleri oligopeptid, daha uzun zincirli peptidler ise polipeptid olarak adlandırılırlar. [6,7]

1.3. Şeker Üretiminde Kül

Kül, pancarın, fabrikasyon ürünlerinin ve beyaz şekerin kapsadığı inorganik maddelerin bütünüdür.

Pancarın ortalama kül miktarı % 0.6-0.7 arasındadır. Pancarın kapsadığı kül miktarı ve külün bileşimi pancarın cinsine, iklime, toprağa ve kullanılan gübreye bağlı olarak değişmektedir. Eski değerlerle kıyaslandığında pancar ıslahı ilerledikçe kül miktarının azaldığı görülür.

Şeker pancarında bulunan külün bir kısmı suda çözünürken bir kısmı da çözünmez. Çözünen kısmına 'çözünabilen kül' denir. Pancarın mark kapsamında bulunan ve külün pancara göre % 0.2'si kadarını içeren kısmı ise 'çözünmeyen kül' olarak adlandırılır.

Pancarda ve şeker fabrikası ürünlerinde inorganik madde olarak külü oluşturan katyonlardan en çok potasyum bulunur. Sodyum, kalsiyum, magnezyum da fazla bulunan katyonlardır. Pancarda bulunan potasyum ve sodyumun % 80'i, magnezyumun % 50'si ve kalsiyumun % 10'u difüzörlerde şerbete geçer. Ham şerbete geçen sodyum ve potasyum miktarı değişmeden melasta toplanır. Magnezyum ve kalsiyumun % 95'ten fazlası arıtımda uzaklaştırılır, fakat potasyum ve sodyum, kantitatif olarak, arıtılmış şerbete geçer. Bu nedenle pancarla birlikte fabrikaya giren potasyum ve sodyum pancarın teknolojik değerini doğrudan belirlemektedir.

Bu katyonlardan başka birçok eser elementin varlığı da tespit edilmiştir. Pancarda inorganik anyonlar çoğunluktadır; en çok fosfat olmak üzere klorür ve sülfat anyonları bulunur, organik asit anyonları da önemli yer tutar. Ham şerbette organik asit anyonları daha fazladır. Pancar melasında inorganik anyonların miktarı azdır, katyonların ancak 1/3'ü inorganik anyonlara bağlıdır, kalanı organik asitlerin tuzları halindedir.

Şeker fabrikasyonunda teknik ve ekonomik açıdan külün önemi büyüktür. Alkali kül kuvvetli melas yapıcı özelliğinden dolayı melas şekerinin artmasına neden olur. Kalsiyum ve magnezyum gibi kül bileşenleri buharlaştırıcılarda taş oluşturur. Ayrıca şerbetlerin doğal alkalitesini de etkiler.

Külü oluşturan inorganik katyon ve anyonlar rafineride azotlu şeker dışı maddelerin bazıları ile birlikte sakkarozun çözünürlüğünü artırarak ve kristalleşmesine engel olarak sakkarozu melasa sürükler. Şekil 1.2.'de pancar ve melasın ortalama kül

bileşimi görülmektedir. Şerbetlerde külü oluşturan başlıca maddelerin yüzdeleri de aynı şekilde verilmiştir. [1,2,3,4,5]

Çizelge 1.2. Pancar, melas ve şerbetlerde kül ve bileşimi [1]

Kül Bileşimi	Pancar		Melas		Şerbetlerde külü oluşturan başlıca maddeler, %
	%	100 kuru maddede	%	100 kuru maddede	
K ₂ O	0.25	1.06	5.50	7.05	22-60
Na ₂ O	0.04	0.17	1.10	1.41	2-18
CaO	0.06	0.25	0.15	0.19	2-17
MgO	0.06	0.25	0.10	0.13	5-15
P ₂ O ₅	0.08	0.34	0.05	0.07	2-20
SO ₃	0.03	0.13	0.40	0.51	-
Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	-	-	-	-	1-5
Cl	-	-	-	-	1-12
SiO ₂	-	-	-	-	0-2

1.4. Ham Şerbetin Tanım ve Özellikleri

Kıyılmış pancarlar difüzör adı verilen tesislerde sıcak su ile ters akım prensibine uyum olarak işlenir ve ham şerbet elde edilir. Buradaki işlem katı bir madde olan pancarın içindeki şekerin sulu faza geçmesi yani ekstraksiyonudur.

Ham şerbet siyah renkli, köpüklü bir çözelti şeklindedir. Bu şerbetin içinde şekerle birlikte pancarda bulunan ve suda çözünebilen çok sayıda organik ve inorganik bileşik bulunur.

Pancar kıyımlarından ham şerbet üretimi aşamasında, şekerin olabildiğince ekstrakte edilmesi istenirken şeker dışı maddelerin ekstraksiyonunun da olabildiğince engellenmesi gerekir. Difüzörde mikrobiyolojik faaliyet, kademelerin ve prese suyunun pH ve nitriti saptanarak, küspenin içinde kalan şekerin miktarı ise sıkılmış küspenin kuru maddesi ve polar şekeri tayin edilerek kontrol edilir.

Difüzörde üretilen ham şerbetin pH, kuru madde, polarizasyon değerleri ile kül, invert, nitrit, kırıntı ve koloidal maddelerin miktarları tayin edilir.

1.4.1. Ham Şerbetin Bileşimi

Ham şerbet bileşimi pancarın bileşimine ve şerbet üretim koşullarına bağlıdır. İyonlardan iri parçacıklara kadar değişen geniş bir madde dağılımı vardır. Şerbetteki iri parçacıklar toprak ve pancar kırıntılarıdır (pülp) ve arıtım öncesi şerbetten

uzaklaştırılmaları gerekir. Pancar kırıntıları kireçlemede pektik madde miktarını artırarak filtrasyon ve kristalizasyonda sorunlar yaratır. Toprak ise pompalarda mekanik sorunlar çıkmasına neden olur. Toprak genellikle siklonlar kullanılarak pülp ise filtre edilerek şerbette uzaklaştırılır.

Şerbetteki kolloidler temelde protein, pektin, saponin ve renk maddeleridir. Bu kolloidal maddelerin bir kısmı pancardan şerbete geçer. Bir kısmı ise şeker dışı maddeler arasındaki reaksiyonlar veya mikroorganizmaların faaliyetleri sonucu oluşur. Ham şerbetteki şeker dışı maddelerin yaklaşık %20'si kolloidal maddelerdir. Kolloidlerin miktarı ve türü pancar kalitesine ve şerbet üretim şartlarına bağlıdır. Özellikle ekstraksiyon sıcaklığı yüksek ise ham şerbette pektin kapsamı %0,25-0,30 düzeyine kadar yükselebilir.

Ham şerbetteki inorganik madde kapsamı kül olarak isimlendirilir. Kül miktarı pancar kalitesine bağlıdır ve pancardaki külün yaklaşık % 61'i ham şerbete geçer. Bütün sodyum ve potasyumun pancardan şerbete geçerken magnezyumun %50'si, kalsiyumun ise %10 kadarı şerbete geçer. Arıtım için kullanılan kirecin şerbette kalan kısım ile karşılaştırıldığında, şerbetteki kül kapsamı düşüktür. Bu nedenle şerbet arıtımında kül kapsamına gösterilen ilgi azdır. Ancak normal arıtım koşullarında uzaklaştırılmayan sodyum ve potasyum kuvvetli melas yapıcılarıdır.

Ham şerbetin kireçle arıtımında proteinler, saponin ve renk maddelerinin büyük kısmı uzaklaştırılır. Pektik maddelerden sadece poligalakturonik asit, çözünürlüğü düşük tuzlar oluşturarak şerbette uzaklaştırılabilir. Kirecin etkisi ile invert şekerin parçalanması ise yeni kolloidal maddeler oluşumuna neden olur. Kireç ve karbondioksit ile yapılan klasik arıtımda şeker dışı maddelerin en fazla %40'ı uzaklaştırılabilir. Ancak bu oran işlenebilir şerbetter elde edilmesi için yeterlidir. [9, 10]

1.4.2. Arıtım esnasında meydana gelen kimyasal olaylar

Kireç ve karbondioksit kullanarak yapılan şerbet arıtımı birtakım kimyasal reaksiyonlara bölünebilir. Bu reaksiyonlar şeker veriminin artırılması, şeker kalitesinin yükseltilmesi gibi ana hedefleri çok büyük ölçüde etkiler.

Şerbet arıtımı esnasında meydana gelen önemli reaksiyonlar şunlardır:

- Pektin, hemiselüloz, protein, araban, galaktan ve renk maddeleri gibi kolloidlerin çökmesi.
- Fosfat, sitrat, malat, okzalit gibi kireçle çözünmeyen veya kısmen çözünen kireç

tuzları oluşturan anyonların çökmesi.

- İvert şeker ve amidlerin alkali şartlarda organik asitlere parçalanması. Bu reaksiyonların gerçekleşmesi ile ısıya dayanıklı şerbet elde edilir. Böylece buharlaştırıcılarda (tephirlerde) pH düşmesi yanında buharlaştırıcı ve vakum kazanlarında renk oluşumunu önlemek veya sınırlamak mümkün olur.

Eğer invert şekerin alkali parçalanması arıtım esnasında sağlanamazsa, elde edilen şerbet, buharlaştırma ve pişirim esnasında ısıya dayanıksız olur. Böyle şerbetlerin pH değeri sabit kalmaz ve ısıya dayanıklı şerbetlere göre daha fazla renk oluşur.

Şeker pancarı şerbetleri için uygulanan arıtım sistemlerinde amaç invert şekerin tamamen parçalanmasıdır. Şeker kamışı şerbetlerinde ise invert kapsamı tamamen parçalanamayacak kadar yüksektir. Bu şerbetlerde invert şekerin tamamen parçalanması o kadar çok yeni maddelerin oluşumuna neden olur ki, invert şekeri parçalamak yerine, olduğu gibi muhafaza etmeyi amaçlayan şerbet arıtım yöntemleri seçilir.

- Kalsiyum dışındaki diğer katyonların çökmesi; Bu katyonların en önemlisi magnezyumdur. İkinci kireçlemede çökelti oluşturur ve birinci karbonatlama şerbetinin filtrasyonu esnasında magnezyum hidroksit şeklinde uzaklaştırılır. Katyon kapsamının azalması, ikinci karbonatlamadaki karbonat / bikarbonat kapsamının da azalmasına neden olur ve sonuçta şerbette kireç tuzu kapsamı artarken, ısıya dayanıklılığı da azalır.
- Katyon oluşumu; En önemlisi amidlerin saponifikasyonu ile oluşan amonyaktır. İkinci karbonatlama pH ve sıcaklığında oluşan amonyağın yaklaşık % 20' si (NH_4^+ vs) şeklindedir.
- Bazı şerbet bileşenlerinin çökelti üzerine adsorplanarak şerbetten uzaklaşması.
- Şerbet arıtımı ve sonraki üretim basamaklarında kimyasal ve mikrobiyolojik sakaroz kayıplarının dezenfektasyon vs. ile önlenmesi.
- Sakarozun alkali parçalanması: Birinci kireçleme, ikinci kireçleme ve karbonatlamalarda sıcaklık ve bekleme sürelerinin optimize edilmesiyle alkali parçalanma kayıpları minimuma indirilmelidir. [11]
-

1.4.3 Klasik Şerbet Arıtımı

Ham şerbet arıtım yöntemleri konusunda son 150 yıldır yoğun çalışma yapılmıştır. Çalışmaların büyük kısmı değişik metotların uygulandığı kireç ve karbondioksit ile

şerbet arıtımına yöneliktir. Farklı şartlarda, kireç ve karbondioksit farklı fiziksel ve kimyasal özellikler gösterir. Kireç ve karbondioksitin şeker dışı maddelerle verdiği tepkimelerin hızı ve miktarı bu fiziksel ve kimyasal özelliklere göre değişir. Arıtımda uygulanan değişik metotlar bu özelliklerden yararlanmayı amaçlar. Ancak, hangi metot uygulanırsa uygulansın kireç, karbondioksit, sakaroz, su ve şeker dışı maddeler arasındaki temel tepkimeler uygulanan metodun detaylarına bağlı olmaksızın her zaman aynıdır.

Klasik şerbet arıtımı; sırasıyla birinci kireçleme, ikinci kireçleme, birinci karbonatlama, çökeltinin ayrılması, ikinci karbonatlama, çökeltinin ayrılması basamaklarından oluşur.

Birinci kireçleme kireç ve şeker dışı maddelerin çözünen veya çözünmeyen ürünler oluşturdukları ilk basamaktır. Temel amaç kireç ile çözünmeyen tuzlar oluşturan şeker dışı maddelerin olabildiğince fazla çökelti oluşturmasını sağlamaktır. Şerbete göre %0,2-0,3 CaO yeterlidir ve 10,8-11,2 pH aralığını sağlar. Birinci kireçleme süresi ve sıcaklığı uygulanan metot ve fabrikasyon şartlarına bağlı olarak 10–20 dakika ve 40-65 °C dir.

İkinci kireçleme arıtımda ikinci basamaktır. Burada invert şeker parçalanması ve amidlerin saponifikasyonu gerçekleşir. Bu reaksiyonların hızları kireç konsantrasyonu ve sıcaklığa bağlıdır. Pancara göre %1,8-2,2 CaO reaksiyonların tamamlanmasını sağladığı gibi sonraki arıtım basamaklarında filtrasyona da yardımcı olur. İkinci kireçleme sıcaklığı 70-88 °C ve süresi sıcaklığa bağlı olarak 10-30 dakika arasında olabilir.

Pratikte şerbet arıtımı ikinci kireçleme sonunda tamamlanır. Reaksiyon ürünlerinin ve kirecin fazlasının uzaklaştırılması üçüncü arıtım basamağı olan birinci karbonatlama ile sağlanır. Kirecin fazlası karbondioksit ile kalsiyum karbonat olarak çöktürülür. Birinci karbonatlamada pH 10,8-11,2 arasında tutulduğunda CaO oranı %0,06-0,12 arasında olur. Çökeltilebilir CaCO_3 ve CaCO_3 kristalleri tarafından adsorplanan şeker dışı maddeler şerbetten dekantasyon ve filtrasyon ile veya sadece filtrasyon ile uzaklaştırılır.

Son arıtım basamağı ikinci karbonatlamadır. İkinci karbonatlamamanın amacı kireç tuzlarının olabilen en az miktara düşürülmesidir. Şerbet pH değeri genellikle 9,0-9,2 civarındadır. Bu pH değerinde şerbet alkalitesi %0,015-0,025 CaO arasında olur. Oluşan CaCO_3 kristalleri filtrasyonla uzaklaştırılarak sulu şerbet elde edilir.

Klasik arıtım uygulanan ham şerbette şeker dışı maddelerin %30-40 kadarı

uzaklaştırılır. Elde edilen sulu şerbet koyulaştırma ve kristalizasyon işlemlerinden geçirilebilecek niteliktedir. Ancak pancar kalitesinde ortalama değerlerden sapma olduğunda filtrasyon ve şerbet koyulaştırmasında sorunlar çıkar. Bu sorunların çözümünde uygun yöntemler seçilmelidir. [11, 12,13]

1.5. Araştırmada Kullanılan Sulu Şerbetin Tanım ve Özellikleri

Ham şerbet içindeki şeker dışı maddelerin uzaklaştırılması için yapılan işlemlere ‘Şerbet arıtımı’ denir. Bu işlemler; kireçleme, karbonatlama, çökelen katı maddelerin ayrılması işlemlerini kapsar.

Ham şerbetin içine kireç sütü eklenerek şerbet içindeki koloidal maddeler pıhtılaştırılıp çökeltilir (koagülasyon). Bir kısım organik asitler de kalsiyum tuzları haline dönüşür, amidler ve invert şeker parçalanır. Daha sonra kullanılan kirecin fazlası CO₂ verilerek CaCO₃ halinde çöktürülerek ayrılır. Arıtım ile elde edilen şerbete ‘Sulu şerbet’ adı verilir.

Arıtım işlemlerinden sonra elde edilen sulu şerbetin suyu buharlaştırıcılarda uzaklaştırılır ve kuru maddesi 68 Bx olan bu yeni şerbete ‘koyu şerbet’ denir. Buharlaştırıcılarda buharlaştırma sırasında şerbette bazı değişiklikler meydana gelir. Bu olaylar şerbet alkalitesinin değişmesi, sakaroz parçalanması, renk oluşması ve bazı şeker dışı maddelerin çökmesi olarak sınıflandırılır.

Şerbet arıtımı amitlerin tamamı parçalanmamış ise bunlar buharlaştırıcılarda parçalanmaya devam eder. Oluşan amonyak ortamdan uzaklaştığı için pH düşüşü olur. Ayrıca buharlaştırıcılarda pH, sıcaklık ve süre ile bağlantılı olarak şeker parçalanarak invert şeker oluşmaktadır.

Yüksek sıcaklık ve bu sıcaklıkta kalma süresine bağlı olarak sistemde sakaroz parçalanması olmaktadır ve bu reaksiyonlar sonucu kül miktarı artarak değişmektedir.

Çizelge 1.3. Sıcaklığa bağlı olarak koyu şerbet içindeki kül artışı [1]

Sıcaklık (°C)	% Kül artışı
100	0.114
110	0.163
115	0.175
120	0.280
125	0.530
130	2.050

Görüldüğü gibi özellikle 125 °C ‘ın üzerinde parçalanma hızı çok artmaktadır. Bu nedenle işletmede özellikle 1. buharlaştırıcı sıcaklığının 125°C’ın üzerine çıkmasından kaçınılması gerekmektedir.

Buharlaştırıcılarda oluşan bu küle bağlı olarak gözlenen bir başka değişim de renk artışıdır. Bu nedenle buharlaştırıcılarda renk artışının önlenmesi için önceki kademelerde arıtımın iyi yapılması, invert şeker ve amitlerin iyi parçalanması, invert şeker oluşumu ve pH düşüşünden kaçınılması gerekmektedir.

1.5.1. Üretilen Koyu Şerbetin Değerlendirme Parametreleri

Şerbet üretimi ve arıtımını değerlendirmek için, ham şerbet ve arıtılmış şerbetin (genellikle koyu şerbet) özelliklerinden gidilerek çeşitli şerbet arıtım ve üretim indeksleri hesaplanır. Bu değerlerin büyüklüğüne göre üretim ve arıtımın etkinliği hesaplanır. Bunlar temizleme efekt, şeker dışı madde, kül miktarı, v invert indeksidir.

Şerbetlerin, arılık değerine oranla daha hassas olarak tayini mümkün olan önemli üç şeker dışı madde bileşeni, kül, invert şeker ve α -amino azot miktarıdır. Bu miktarsal değerler kullanılarak şeker dışı madde indeksi hesaplanır.

$$\text{Şeker dışı madde indeksi, } I_{\text{şdm}} = \text{Ş}_{\text{dmKŞ}} / (\text{Kül} + \text{Inv}_o + 6,25 \text{ NA}_o) \quad (1)$$

Kül indeksi arıtımda uzaklaştırılan alkali külü miktarının ölçüsüdür.

$$\text{Kül indeksi, } IK = (\text{Kül}_{\text{KŞ}} - 1,8 \text{ CaO}_{\text{KŞ}}) / \text{Kül}_o \quad (2)$$

Kireç tuzu indeksi değerleri, arıtılmış şerbette kalsiyum ve magnezyum iyonlarının karşısında bulunan anyon miktarının ölçüsüdür.

$$\text{Kireç tuzu indeksi, } I_{\text{Ca}} = (\text{CaO}_{\text{KŞ}} / 28) / (\text{Inv}/125 + \text{NA}_o/14) \quad (3)$$

Şerbet arıtımı değerlendirme indeksleri için istenen değerler ve normalin altında olup kötü bir şerbet arıtımını gösteren değerler aşağıdaki verilmektedir.

Çizelge 1.4. Şerbet artımının kalitesinin parametre aralıkları [1]

	İstenen değer	İstenmeyen değer
Temizleme Efektİ İndeksi, I_Q	>35	<30
Şeker dışı Madde İndeksi, $I_{şdm}$	<1,3	>1,7
Kül indeksi, I_K	<0,75	>0,85
Kireçtuzu İndeksi, I_{Ca}	<0,10	>0,30

1.6. Araştırmada Kullanılan Melasın Tanım ve Özellikleri

Rafineriye gelen koyu şerbet içindeki şekerin tümünün tek bir işlemle kristallendirilmesi olanaksızdır. Bir kademedede ayrılacak ana şurupta fazla miktarda kristallenebilecek şeker kalır. Bu nedenle, pratikte kristallendirme işlemi birkaç kademedede yapılır ve her kademededen sonra kristallerinden ayrılan şurup tekrar pişirilir. Bu işlemler sonunda da ‘melas’ denilen süzüntü elde edilir.

1.6.1. Rafineride Şeker Dışı maddelerin Etkisi

Koyu şerbetteki şeker dışı maddelerin rafineride şekerin pişirimi ve kristalizasyonuna etkileri şu şekilde özetlenebilir.

Şerbetin koyulaştırılması sırasında oluşan reaksiyonlar, daha küçük ölçüde de olsa rafineride devam eder; sakarozun hidrolizi ve hidroliz ürünlerinin parçalanması amitlerin parçalanması, renk artışı gibi. Rafinerideki asit oluşumu ya şeker parçalanması açısından koyu şerbetin pH değeri, kapsadığı invert şeker ve amino azot miktarları büyük önem taşır. Bu üç değer birbiri ile sıkı sıkıya bağlantılıdır. Aşırı derecede yüksek invert şeker ve α -amino azot kapsayan koyu şerbetlerle çalışıldığında özellikle kristalizasyonu büyük ölçüde güçleştiren asit oluşumu, büyük ölçüde renk artışı, köpürme ve viskozite artışı gözlenir.

Şeker dışı maddelerin büyük bir kısmı, belirli bir şeker dışı madde/su oranı değerinin üstünde sakarozun çözünürlüğünü etkiler. Şeker dışı maddelerin sakarozun çözünürlüğüne etkileri değişiktir.

Yapılan araştırmalara göre şeker dışı maddelerden sadece fruktoz sakarozun çözünürlüğünü etkilemez. Bir kısım şeker dışı madde suyu kendisine bağlar ve sakarozun çözümlenmeden ayrılmasını sağlar yani çözünürlüğünü azaltır. İnvirt şeker, glikoz, rafinoz, magnezyum sülfat, kalsiyum asetat bu sınıftadır. Potasyum karbonat, potasyum asetat, potasyum ve sodyum formiyat gibi bir kısım şeker dışı madde ise sakarozun çözünürlüğünü artırır.

Şeker dışı maddelerin büyük bir kısmı ise düşük konsantrasyonda çözünürlüğü azaltır, yüksek konsantrasyonda ise çözünürlüğü artırıcı etki gösterir. Bu gruptaki şeker dışı maddeler, aşağıda verilen çözünürlük denkleminde önemli bir sabit olan m_1 'in değerine göre kuvvetli, orta ve zayıf melas yapıcılar olarak sınıflandırılır.

$$C = m_1 \times A_w + b + (1-b) \times e^{-cA_w} \quad (4)$$

Bu denklemde m_1 , b ve c şeker dışı madde veya madde grubunu tanımlayan sabitlerdir. A_w ise gram olarak şeker dışı madde/su oranını göstermektedir. Oransal katsayı m_1 değerine göre;

$m_1 > 0,45$ = kuvvetli melas yapıcılar; sodyum asetat, sodyum karbonat

$0,2 < m_1 < 0,45$ = orta melas yapıcılar; potasyum malat, normal pancar melaslarında bulunan tuz karışımları

$m_1 < 0,2$ = zayıf melas yapıcılar kalsiyum laktat, betain, pirolidon karbon asidi, gibi azotlu bileşiklerdir.

Pratikte ise şeker dışı maddeler, sakarozun çözünürlüğünü büyük ölçüde artıran alkali külü ve çözünen sakaroz miktarını ancak normal ölçüde artıran diğer şeker dışı maddeler olarak gruplandırılır.

Pişirim ve kristalizasyon sırasında şeker kristallerinin yakın çevresindeki madde taşınması, sakarozun kristallenme hızını büyük ölçüde etkiler. Madde taşınmasının hızı ise çözeltinin viskozitesi ile direkt ilgilidir. Viskozitenin direkt artması, ayrıca ısı iletiminin azalması nedeni ile şeker pişiriminin ve refrijerantlardaki kristallenmenin zorlaşmasına neden olur. Lapaların akışkanlığı azalır, santrifüjleme zorlaşır.

Şeker dışı maddelerin, lapa ve şurupların ve özellikle melasın viskozitesine olan etkileri üzerinde çok çalışılmıştır. Kalsiyum, magnezyum tuzları, anyonlardan karbonat, asetat ve laktat viskoziteyi büyük ölçüde artırır. Bu anyonların tuzları hidroliz nedeniyle viskoziteyi artırır. Kükürtleme yapılarak alkalite ve viskozite düşürülür. Oluşan sülfat ve sülfat viskozitenin düşmesine neden olur.

İnvert şeker, parçalanma ürünleri olan laktat ve asetat nedeni ile doymuş çözeltilerin viskozitesini artırır.

Şuruplarda biriken kolloid maddeler ve pektin fraksiyonları da viskozite artırıcı maddeleridir. Şekerin kristalizasyonunda sakaroz moleküllerinin yüzeye yerleşmesi sırasında şeker dışı maddelerin ya doğrudan doğruya kristal kafesine girmesi veya kısa süreli adsorpsiyonu nedeniyle kristal yüzeyinin gelişmesi bozulur. Bu etki bütün kristal yüzeylerinde aynı kuvvetle olursa, kristal büyümesi bütün kristal eksenleri yönünde

yavaşlar, ancak kristal biçimi değişmez. Şeker dışı madde büyüme çeşitli yüzeylerde farklı biçimde yavaşlatırsa kristal biçimi de değişir.

İnorganik tuzlar, azot bileşikleri (amino asitler, betain) sıcaklıkla bağıntılı olarak kristal büyümesini bir miktar önler, ancak kristal biçimi değişmez.

İnvert şeker, özellikle yüksek konsantrasyonlardaki kristal büyüme hızını yavaşlatır, kristal kafesine girmediği halde yüzeyleri farklı etkilediğinden kristal biçimi yassılaştır.

Rafinoz, büyümesini önemli ölçüde bozar ve kristallerin ince uzun şekil almasına neden olur, ayrıca kristal kafesine de yerleşir.

Karamel ve melanoidin gibi renk maddelerinin de kristal büyümesini önleyici etkileri vardır.

Polisakkaritler ve özellikle dekstran kristal büyüme hızını önemli ölçüde yavaşlatır ve kristal habiti de değişir.

Saponinler, kristal yüzeyinde önemli ölçüde adsorbe edilirler, ancak bunların kristal büyümesini önleyici etkileri yalnız nötr ve hafif asitli çözeltilerde görülür.

Elde edilen beyaz şekerin kalitesi, kristal kafesine hapsedilen veya kristal yüzeyinde ve kristal içi boşluklarda bulunan şeker dışı maddelerin miktarına ve bileşimine bağlı olur:

Şeker dışı maddelerden alkali klorürler ve laktatlar yıkama ile uzaklaştırılmayan ve kristal yüzeyinde kalan şurup tabakasında bulunur.

Şerbet üretimi sırasında mikrobiyolojik nedenlerle oluşan nitrit sulu şerbetin kükürtlenmesi durumunda şerbette kalan SO₂ ile alkali imido sülfonat [NH(SO₃K)₂₂] oluşturarak kristal yüzeyinde birikir ve şekerin kül miktarını artırır.

Peptitler kristal yüzeyine birikerek silolanmış şekerin renginin artmasına neden olurlar, ayrıca köpük yapıcıdır. Melanoidinler kristal yüzeyinde birikir, yüksek moleküllü fraksiyonları kristal kafesine de yerleşir.

Saponinler de kristal yüzeyinde büyük ölçüde birikerek köpürmeye ve flok oluşmasına neden olurlar. Peptit ve saponinleri renk giderici reçinelerle veya aktif kömürle sistemden uzaklaştırmak mümkündür. [5]

Rafinoz kristal kafesine yerleşir. Rafinoz kapsayan polar şekerin değeri gerçek sakaroz değerinin çok üstünde çıkar ve yanıltıcı sonuç vermiş olur.

1.7. Melastaki Şeker Kaybı

Pancardan şeker üretimi sırasında içindeki şekerin ekonomik olarak değerlendirilemeyen kısmı yani melas, fabrikanın bir yan ürünü olarak çıkar. Melas bir yan ürünü olarak değerlendirilmese bile sonuçta içerdiği şeker beyaz şekerle dönüştürülemediği için bir şeker kaybı söz konusu olmaktadır. Melasta şeker kaybının hesaplanabilmesi için melas miktarının ve melasta polar şeker değerinin tespit edilmesi gereklidir.

Melas polar şeker, şeker fabrikası laboratuvarlarında sürekli olarak tespit edilmektedir. Melas miktarı da işletme tarafından saptanmaktadır. İşletmenin kontrolü için yapılan analizler sonucu hesaplanan teorik melas miktarı ile işletmede bulunan pratik melas miktarı karşılaştırılmalıdır.

Melas miktarı ve melas şekeri tahmini için kullanılan çeşitli formüller bulunmaktadır. Bunlar koyu şerbetteki şeker dışı maddelerin (arılık ve melas yapıcılık formülleri) ve külün (kül formülü) tamamının melasta toplanacağı varsayımı ile elde edilmiş formüllerdir. Ayrıca fabrikasyona giren betainin melasta toplandığı düşüncesiyle de melas şekeri tahmini ayrıca yapılabilmektedir. Türkiye Şeker Fabrikalarında tercih edilen melas şekeri hesaplama yöntemi ise küle göre melas şekeri hesaplama yöntemidir. Bu nedenle doğru ve net analiz edilmiş kül değeri son derece önemlidir. [6,7]

1. Melas Yapıcılık Formülü

Rafineriye giren koyu şerbetin pişirilmesi sonucu elde edilen atık ürün olarak tanımlanan melas için biraz daha farklı analizler yapılır. Bu çalışmada üretim sırasında melasın polarizasyon, briks, kül ve invert şeker gibi özelliklerinin analizleri yapılarak kalite kontrolü sağlanmıştır. Pancar melasının içinde %50 kadar şeker olmasına karşın şeker dışı maddelerin fazlalığı nedeniyle ($\text{\$dm, \%} = \sim 40$) bu şekerin kristallendirilmesi olanaksızdır. Melasta kalan şeker ise fabrikasyon kaybı olarak kabul edilir.

Melas çeşitli yöntemlerle değerlendirilir. Kimyasal yöntemlerle sakarozun çöktürülerek eldesi gibi. Pancara göre melas miktarı, %4-5 ve melastaki şeker miktarı, %2 civarında olmalıdır. Optimal şartlarda üretilmiş bir melas için olması gereken değerler şu şekildedir; kuru madde 85 Bx, polar şeker %50, arılık %58-59, şeker dışı madde oranı %41 şeker dışı madde/100 Bx, azotlu şeker dışı madde %14 azotsuz şeker dışı madde %16 ve kül %11'dir.

Azotlu şeker dışı maddeler içinde en fazla miktarda bulunan (~ %5) betaindir, sonra glutamin ve hidroliz ürünleri, pirolidon karbon asidi ve glutamik asit gelir. Diğer amino asitlerde önemli bir miktar oluşturur. Bunların yanında purin, pirimizin bazları ve organik azot cinsleri nitrat ve nitrit bulunmaktadır.

Azotsuz şeker dışı maddelerin büyük bir kısmı invert şeker, rafinoz ve kestozdur. Rafinoz kampanya başında %0,5 iken, kampanya sonunda özellikle silolanmış pancarlardan elde edilen melasta %2'ye kadar çıkar. Kestoz miktarı ise, pancarın silolanması sırasında ve fabrikasyonda mikroorganizmaların etkisi ile miktarı gittikçe artarak, kampanya sonunda melasta %2-3'e ulaşır.

Melasın önemli bir karakteristiği, her kg şeker dışı madde için melasın kapsadığı sakaroz miktarını gösteren melas yapıcılık katsayısıdır. Bu değer şeker dışı maddelerin melasa taşıdığı sakarozun ölçüsü olur.

Fabrikasyonda uzaklaştırılamayan şeker dışı maddelerin koyu şerbetteki ve melastaki miktarlarından gidilerek fabrikadan beklenen melas miktarları hesaplanır.

Bu formül içinde melas yapıcılık katsayısı (m) tanımlanmıştır. Bu katsayı melastaki ‘ şeker /şeker dışı madde’ oranıdır. Bir başka deyişle;

$$m = (\text{Şeker})_M / (\text{Şeker Dışı Madde})_M = P_M / (S_M - P_M) = Q_M / 100 - (Q_M) \quad (5)$$

Eğer koyu şerbetteki şeker dışı maddenin melastaki şeker dışı maddeye eşit olduğu kabul edilecek olursa;

$$P_M : (S_M - P_M) \times m \text{ yerine}$$

$$P_M : (S_{KŞ} - P_{KŞ}) \times m \text{ yazılabilir.}$$

$S_{KŞ}$: Koyu şerbette kuru madde miktarı, % pg

$P_{KŞ}$: Koyu şerbette polar şeker, % pg

Bu şekilde melas yapıcılık katsayısının bilinmesi halinde koyu şerbetin polar şeker ve kuru madde değerlerinden melas şekeri hesaplanabilmektedir. Melas yapıcılık katsayısı ya fabrikanın melas arılığından ya da normal kabul edilebilecek bir melas arılığından hesaplanabilir. [8]

1.7.2. Küle Göre Melas Şekeri Formülü

Bu formül, beyaz şekerdeki kül miktarının ihmal edilebilecek kadar az olması nedeniyle, koyu şerbetteki kül miktarının tamamının melasta toplanacağı varsayımına dayanılarak çıkarılmıştır.

$$P_M = (P_P - Z) [(Kül)_{KŞ} \times Q_M] / [Q_{KŞ} \times (Kül)_M] \quad (6)$$

1.8. Kül Tayin Metotları

Şeker fabrikasyonu ürünlerinde külün tayini için çeşitli analitik metotları kullanılır. Şekerli ürünler herhangi bir madde ilave edilmeksizin yakıldığında elde edilen küle "Ham Kül" denir. Ham kül tayini metodu oldukça zaman alıcı bir metot olduğundan daha kolay ve çözeltilere uygulanabilir bir metot olan 'Sülfat Külü' tayini metodu geliştirilmiştir. Sülfat külü, şekerli ürünlerin sülfürik asit ile ısıtılması yolu ile elde edilir. Bu iki metot da gravimetrik kül tayini metodu olarak adlandırılır.

Ürünün sülfat külü değerini ham kül değerine çevirmek için; sülfat külü, 0.8 katsayısıyla çarpılır.

Sülfat külünün gerçek külü daha iyi temsil ettiği ve daha güvenilir sonuçlar verdiği bilinmektedir. Bugün gravimetrik kül denilince sülfat külü anlaşılmaktadır.

Şeker fabrikasyonunda günlük analizlerde kullandığımız iletkenlik külü (Kondüktometrik kül), şeker ve şekerli ürünlerin sulu çözeltilerinin elektrik iletkenliklerinin ölçülmesi esasına dayanır.

Gravimetrik kül çözünen ve çözünmeyen küllerin toplamıdır. İletkenlik külü ise suda çözünen küllerin bir ölçüsü olur. Bu durum, gravimetrik ve Kondüktometrik küllerin arasındaki farkın başlıca nedenidir. Bu fark aralık azaldıkça artar. Şeker fabrikasyonu ürünlerinde kullanılan iletkenlik külü tayini metodu, gerçek kül değerini göstermiyor olsa da kısa zamanda sonuç alınması nedeniyle rutin analizler için tercih edilen metot olmak durumunda kalmıştır.

1.8.1. İletkenlik Külü Metodu

Saf olmayan bir şeker çözeltilisinin elektrik iletkenliği, çözeltide bulunan iyonize tuzların konsantrasyonunun ölçüsü olarak alınabilir. Şeker elektrolit bir madde değildir. Saf su ve saf şeker çözeltileri çok düşük elektriksel iletkenlik gösterir. Saf olmayan şekerli ürünlerin kapsadığı organik ve inorganik şeker dışı maddeler ise çözeltide elektrik yüklü parçacıklar halinde çözünmüş bulunurlar ve böyle bir çözeltilinin elektriksel iletkenliği mevcut iyonların miktarına bağlı olur.

Çözücü ve çözünen maddenin yapısına göre maddeler az veya çok iyonlaşmış olarak bulunur. Buna göre çözeltiler kuvvetli ve zayıf elektrolitler olarak sınıflandırılır. Şekerin suda çözünmesi için bazı çözünmelerde iyon oluşmaz. Bu çözeltilere de elektrolit olmayan çözeltiler denir.

Elektrolit bir çözeltiliye batırılan iki aynı tür elektrot bir elektrik üreticisine bağlanırsa, elektrotlar arasındaki akım, uygulanan gerilime ve elektrotlar arasındaki elektrolitin direncine bağlıdır. Bu ilişki Ohm yasası olarak bilinir.

Elektrolitik bir çözelti seyreltilecek olursa her mL çözeltideki iyonların sayısı azalacağından öz iletkenliğinde azalması beklenir. Fakat bazı durumlarda seyrelme ile iletkenliğin arttığı görülebilir. Bu durum, kuvvetli elektrolitlerde iyonlar arası etkileşmenin azalması şeklinde, zayıf elektrolitlerde ise seyrelme ile iyonlaşmanın artması şeklinde açıklanabilir.

Birbirlerinden 1 cm uzaklıkta olan ve elektrolitik çözeltinin tümünü içine alabilecek biçimde iki elektrotun bulunduğu bir çözelti içinde 1 eşdeğer gram madde varsa bu çözeltinin gösterdiği iletkenlik, eşdeğer iletkenlik (\wedge) olarak tanımlanır. Başka bir deyişle eşdeğer iletkenlik, özgül iletkenlikle 1 eşdeğer gram madde içeren cm^3 cinsinden hacminin çarpımına eşittir.

$$\wedge = (1000 / N) k \quad (7)$$

Burada N, çözeltinin normalitesidir. Bu eşitlik k'nın ölçülmesi ve N'nin bilinmesi yoluyla eşdeğer iletkenliğin hesaplanabileceğini göstermektedir. Bu değer geometrik olarak ölçülerek de bulunabilirse de, genellikle iletkenliği bilinen bir madde ile yapılan ölçümler sonu saptanır. Bu amaçla genellikle konsantrasyonu belli KCl çözeltileri kullanılır.

Elektrolitik iletkenlik alternatif akıma göre düzenlenmiş Wheatstone köprüsü ile ölçülür. Bu ölçümlerde 60-1000 frekanslı alternatif akım kullanılır. Doğru akım elektrotlarda oluşan elektrolitik olaylar nedeniyle akımın azalmasına ya da çoğalmasına dolayısıyla iletkenlik değişmesine neden olacağından kullanılmaz.

İletkenlik ölçümleri çeşitli amaçlarla kullanılır. Bunlardan bazıları, güç çözünen tuzların çözünürlüklerinin saptanması, asitlerin ayrışma sabitinin bulunması, iletkenlik ölçümü ile yapılan nötralleşme, kompleks oluşumu ve çöktürme titrasyonları ve çeşitli kalitelerdeki suların tuzluluğunun saptanmasıdır.

Şeker sanayiinde iletkenlik, şekerli çözeltinin içerdiği inorganik safsızlıkların bir ölçüsü olması nedeni ile kül ölçümü amacıyla kullanılır. [12, 13, 14

1.8.1.1. Şekerli Ürünlerde İletkenlik Külü Ölçülmesi Metodu

Ürünün belli konsantrasyondaki çözeltisinde ölçülen iletkenlik, çözeltinin hazırlanmasında kullanılan suyun iletkenliği için düzeltme yapıldıktan sonra kullanılan konsantrasyona göre bir faktör (C-oranı) ile çarpılarak, ürünün iletkenlik külü hesaplanır.

Şekerli ürünlerin iletkenlik külünün ölçülmesinde iki ayrı konsantrasyon kullanılır. Beyaz şeker gibi çok az kül kapsayan ürünler için 28 Bx konsantrasyonu ve diğer bütün şekerli ürünler için 5 g ürün/100 mL konsantrasyonu kullanılır.

Ölçülen iletkenlikten külün hesaplanmasında kullanılan C-oranı sadece şeker ve şekerli ürünler için kullanılabilir.

C-oranı şekerli ürünlerde seri halde yapılan gravimetrik kül (sülfat külü) ve iletkenlik ölçümleri değerlendirilerek her ürün için veya aralık değerlerine göre gruplandırılarak tespit edilir.

$$C\text{-oranı} = (\text{Sülfat külü, \%}) / (\text{İletkenlik, } \mu\text{mho cm}^{-1}) \quad (8)$$

Bu oran, 28 Bx metodu için 6×10^{-4} , 5 g ürün için/100 mL metodu için $(16,2 + 0,36D) \times 10^{-4}$ olarak belirlenmiştir. [12, 13, 14]

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Dronnet ve çalışma arkadaşları (1998); metal katyonlarının şeker pancarı pülpüne bağlanma çalışmaları yapmışlardır. pH metre metodu kullanılarak bağlanma izotermeleri karşılaştırılmıştır. Substrata bağlanan metal miktar potansiyometre ile tayin edilmiştir. Başlangıç pH sınırı, şekerpancarı pülpü ve metal katyon miktarının etkileri çalışılmıştır.

Harel ve çalışma arkadaşları (1998); şeker pancarı pektinlerinin içindeki kolloidal maddeleri kullanarak sulu çözeltilerinde iyonların tutulmalarını sağlamışlardır. Polisakkaritlerin, atık sulardaki ağır metallerin tutulma kapasiteleri incelemişlerdir. Daha sonra viskozite ölçümleri yapılarak sonuçlarını fizikokimyasal hesaplamalarla değerlendirmişlerdir.

Sun ve çalışma arkadaşı (1998); şeker pancar pülpünün bünyesindeki selüloz hemiselülozun bazı kimyasal işlemlere maruz bırakarak küçük ekstraksiyonlarla fizikokimyasal karakterlerini incelemişlerdir. Bu çalışmaları ile şeker pancarı pülpünü modifiye etmişlerdir.

Gerente ve çalışma arkadaşları (2000); düşük maliyetli doğal polisakkaritlerin sulu çözeltilerinde metal iyonlarının ayrışmasını incelemişlerdir. Bu çalışmalarında; şeker pancarı pülpünde iyonlarının tutulmalarını ve iyon değişimini incelemişlerdir. Sonuç olarak; optimal adsorban parça büyüklüğünü, optimal pH değerlerini belirlemişlerdir.

Dorrit Baunsgaard, Claus A. Andersson, Allan Arndal ve Lars Munck (2000) şeker fabrikası içindeki işlenmiş şeker çözeltilerindeki safsızlıkları incelemişlerdir. Dört farklı flüoresan bileşen teşhis ederek bunların şeker renk kalitesi üzerindeki etkilerini ortaya koymuşlardır. Bu maddelerden ikisinin tyrosine, tryptophan olduğunu ve Maillard reaksiyonu sonucunda oluştuklarını gözlemlemişlerdir. Çalışmaları sırasında HPLC cihazını kullanmışlardır.

LF Van Staden ve arkadaşı M. Govender (2001), şeker prosesi atık ürünü olan melas içindeki safsızlıkları incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda gravimetrik ve iletkenlik kül arasında bir ilişki olabileceğini savunmuş ve çalışmaları sonucunda $R^2 = 0,93$ değeri olan bir denklem tanımlamışlardır.

Renard ve çalışma arkadaşları (2002); modifiye edilmiş şeker pancarı pülpüne iki değerlikli metal katyonlarının bağlanması ve metal katyonlarının şeker pancarı pülpüne

bağlanma kapasitesinin artırılması üzerine çalışmışlardır. Şeker pancarı pülpü epiklorhidrin ile reaksiyona sokularak modifiye edilmiştir.

Müjde ve çalışma arkadaşı (2003); şeker pancarı sulu çözeltilerinden iyonlarının adsorpsiyonu çalışmalarını yapmışlardır. Bu çalışmalarında; değişik şartlarda elde edilen şeker pancarı pülpü karbonizasyon ürününü sıcaklık, süre, pH olarak incelemişler ve Langmuir ve Freundlich izotermine uygulamışlardır.

Parawira ve çalışma arkadaşları (2004); şeker pancarından şeker üretim prosesindeki sulu çözeltileri ile kombinasyonlarında sadece atıklarında anaerobik yığılmaları incelemişlerdir. Farklı konsantrasyonlarda ölçümler yapılarak sonuçlar tablo halinde incelemişlerdir

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Deneyde kullanılan kimyasal maddeler ve bu maddelerin ticari markaları aşağıda verilmiştir.

Şeker Pancarı Sulu Şerbeti, Koyu Şerbeti, Melası (Konya Şeker Fabrikası)

H₂SO₄ (Merck)

HCl (Merck)

3.2. Kullanılan Cihazlar

Kullanılan cihazlar aşağıda verilmiştir.

pH-metre (İnolab)

Analitik Terazî (0,000 hassasiyette)

Manyetik Karıştırıcı (Chiltern hotplate magnetic stirrer HS 31)

Su Trompu

Refraktometre

Polarimetre

Kül Fırını

Desikatör

Kum Soğutucu

3.3. Metot

3.3.1. Gravimetrik Kül Ölçüm Metodu

Yaklaşık 50 ml'lik bir platin kapsül, 1:5 oranında seyreltilmiş ve kaynama noktasına kadar ısıtılmış hidroklorik asit çözeltisi ile yıkanır. 550 °C'da tutulan bir fırında kurutulur, desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulur, ± 0,2 mg duyarlılıkta tartılır (m₀).

Sülfat külü tayin edilecek numuneler aşağıda belirtilen şekilde analize hazırlanır:

Melas ve şuruplarda homojen çözelti elde etmek için numune önce 1:1 sulandırılır, iyice karıştırılır. Su banyosunda 60°C'da tutulur, karıştırılır. Bu işlem buharlaşmayla su kaybının önlemek için kapalı bir kaptadır ve kaybolan su, soğutulduktan sonra tamamlanır. Bu çözeltilerden 10 g ± 10 mg (m₁) yukarıda hazırlanan platin kapsüle tartılır ve 1:3 oranında seyreltilerek elde edilen sülfirik asit çözeltisinden 2 mL katılır.

Şerbetlerde 30 g numune platin kapsüle tartılır (m₁) ve şurup kıvamına gelene kadar buharlaştırılır, 2 mL sülfirik asit çözeltisi (1:3 seyreltilmiş) ilave edilir.

İçinde numune bulunan platin kapsül bir ısıtıcı üzerinde özenle ısıtılır ve deney numunesinin tamamen kömürleşmesi sağlanır. Kömürleşme işlemi tamamlandıktan sonra platin kapsül fırında 550°C'da 2 saat tutulur, soğutulur ve 2 mL sülfirik asit çözeltisi konur, bir ısıtıcı üzerinde buharlaştırılır ve 650°C fırında sabit ağırlığa gelinceye kadar tutulur. Desikatörde soğutulur. ± m duyarlıkla tartılır (m₂).

Platin kapsüldeki kül ağırlığının orijinal numune ağırlığına oranı sülfat külü % si olarak verilir.

$$\text{Sülfat Külü, \%} = [(m_2 - m_0) / m_1] \times 100 \quad (9)$$

Elde edilen sonuca, numunenin 1:1 seyreltilip seyreltilmemesi göz önünde bulundurularak gerekli düzeltme yapılır.

3.3.2. İletkenlik Külü Ölçüm Metodu

1984 yılına kadar Türkiye Şeker Fabrikalarında, usare, şerbetler, klere ve melasta iletkenlik külü, 5 g kuru madde / 100 mL konsantrasyonu ve

Kül, % = $18 \times 10^{-4} (C_5 - 0,9 \times C_{su} - C_{ilave \text{ şeker}})$ formülü kullanılarak hesaplanmakta idi.

Burada 5 olarak alınan ürünün kuru maddesi rafine şekerle 5 g'a tamamlanırdı.

ICUMSA'nın 1982 toplantısında, rafine şekerle 5g kuru maddeye tamamlamadan doğrudan 5 g ürün/100 mL ile analiz yapılması önerileri doğrultusunda 1983 kampanyasında Türkiye Şeker Fabrikalarında bir dizi çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmalar TŞFAŞ Şeker endüstrisi tarafından değerlendirilmiş ve 5 g kuru madde/100 mL konsantrasyonu yerine 5 g ürün/100 mL konsantrasyonunun kullanılması için aşağıdaki formül oluşturularak 1984 kampanyasında Türkiye Şeker fabrikalarında uygulanmaya başlanmıştır.

$$\text{Kül, \%} = (16,1 + 0,38 D) \times 10^{-4} \times (C_5 - C_{su}) \times f \quad (10)$$

Dünyada yapılan çalışmalar sonucu, ICUMSA aşağıdaki formülün kullanılmasını resmi olarak kabul etmiştir.

$$\text{Kül, \%} = (16,2 + 0,36D) \times 10^{-4} \times (C_5 - C_{su}) \times f \quad (11)$$

Tüm dünya şeker sanayi ile birlik sağlanması ve ICUMSA'nın resmi metodu olması nedeni ile 2000 kampanyasından itibaren TŞFAŞ Şeker Fabrikaları'nda da bu formül kullanılmaktadır.

5 g numune, ± 0.1 g duyarlıkla tartılır. 100mL'lik ölçülü balona alınır, damıtık su ile 20 °C'da 100mL'ye tamamlanır. Hazırlanan çözeltinin 20 \pm 2°C'da iletkenlik ölçerle iletkenliği ölçülür. Ürünün kül yüzdesi yukarıda verilen formül kullanılarak hesaplanır.

Melasın kül yüzdesi bulunurken 2.5 \pm 0.1g melas tartılır, litrelik ölçülü balona alınır, 20°C'da litreye tamamlanır. Bu çözeltinin iletkenliği g-ölçerde okunur. D ve f değerleri 0.25g melas/100 mL konsantrasyonuna göre hesaplanır ve kül yüzdesi bulunur.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu çalışma Çumra Şeker Fabrikası Kalite Kontrol Laboratuvarı'nda 2008-2009 yılı kampanya döneminde yapılarak sonuçlandırılmıştır. Yapılan çalışmada ham şerbet, sulu şerbet, koyu şerbet ve melastan alınan saatlik numuneler her 12 saat sonunda homojen olarak karıştırılmış ve bu karışımın kuru madde, polarizasyon ve safiyet özellikleri kayıt altına alınarak her birinde iletkenlik külü ve gravimetrik kül analizleri yapılmıştır.

4.1. Sulu Şerbet Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Çizelge 4.1. Sulu Şerbette Yapılan Analiz Sonuçları

Gravimetrik kül, %	İletkenlik Külü, %	Küller Arası Fark	S, %	P, %	Q, %
0,449	0,429	0,020	15,88	14,64	92,19
0,451	0,431	0,020	15,92	14,78	92,84
0,484	0,464	0,020	15,57	14,55	93,45
0,449	0,43	0,019	15,18	13,95	91,90
0,462	0,443	0,019	15,43	14,15	91,70
0,456	0,437	0,019	15,46	14,19	91,79
0,422	0,403	0,019	16,02	14,88	92,88
0,546	0,527	0,019	15,77	14,1	89,41
0,473	0,453	0,020	15,49	14,2	91,67
0,448	0,429	0,019	16,59	15,32	92,34
0,505	0,486	0,019	16	14,85	92,81
0,508	0,488	0,020	15,72	14,44	91,86
0,458	0,439	0,019	15,41	14,27	92,60
0,474	0,455	0,019	16,43	15,13	92,09
0,475	0,455	0,020	14,5	13,31	91,79
0,453	0,433	0,020	15,77	14,58	92,45
0,485	0,466	0,019	14,74	13,33	90,43
0,478	0,46	0,018	14,22	13,01	91,49
0,486	0,468	0,018	14,78	13,39	90,60
0,462	0,458	0,004	15,84	14,42	91,04
0,507	0,453	0,0541	15	13,69	91,27

Çizelge 4.1'in Devamı

Gravimetrik kül, %	İletkenlik Külü, %	Küller Arası Fark	S, %	P, %	Q, %
0,503	0,483	0,020	15,69	14,44	92,03
0,465	0,445	0,020	15,46	14,22	91,98
0,498	0,478	0,020	15,47	14,27	92,24
0,469	0,449	0,020	15,85	14,6	92,11
0,488	0,468	0,020	15,68	14,45	92,16
0,496	0,476	0,020	15,66	14,32	91,44
0,500	0,48	0,020	16,15	14,85	91,95
0,493	0,473	0,020	15,53	14,2	91,44
0,513	0,493	0,020	16,24	14,99	92,30
0,508	0,49	0,018	14,5	13,31	91,79
0,541	0,522	0,019	14,61	13,42	91,85
0,468	0,448	0,020	16,04	14,67	91,46
0,464	0,444	0,020	16,09	14,92	92,73
0,461	0,441	0,020	15,97	14,71	92,11
0,461	0,441	0,020	16,01	14,82	92,57

Şeker sanayinde sulu şerbetin fiziksel ve kimyasal karakter özelliklerini tayin edebilmek için refraktometrik kuru madde, polar şeker, arılık, pH, kireç tuzu, renk, kül ve invert şeker analizleri yapılmaktadır. Sulu şerbette bu analizler için Türk Şeker Enstitüsü tarafından belirlenen optimal değerler şu şekildedir. En uygun işletme şartlarının sağlanması durumunda sulu şerbet kuru madde oranı 15-16 Bx, polar şeker % 14-15, arılık % 90-91, pH 9.2-9.4, kireç tuzu 0,045, renk 1500-2000 Ext / 100 Bx, kül 2,5 ve invert şeker 0,020 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Sulu Şerbet Numunelerinin Karakteristik Özelliği

Dönem	Refraktometrik Kuru Madde, Bx	Polar Şeker, %	Arılık, %	pH	Kireç Tuzu, g CaO/100 Bx	Renk, Ext / 100 Bx	Kül, %	İnvert Şeker, g/100 Pol
11.10.2008	14,99	13,78	91,93	9,2	0,067	1665	3,06	0,015
21.10.2008	15,65	14,46	92,40	9,2	0,042	1488	2,92	0,007
01.11.2008	15,88	14,67	92,38	9,2	0,043	1349	2,88	0,020
11.11. 2008	15,76	14,56	92,39	9,2	0,052	1419	2,89	0,013
21. 11.2008	16,27	15,09	92,75	9,2	0,040	1389	2,79	0,013
01.12.2008	15,85	14,59	92,05	9,2	0,070	1916	2,85	0,036
11.12.2008	15,78	14,47	91,70	9,3	0,088	2056	2,88	0,027
21.12.2008	15,68	14,40	91,84	9,3	0,082	2394	3,00	0,085
01.01.2009	15,76	14,52	92,13	9,2	0,041	2765	2,85	0,028
11.01.2009	15,76	14,50	91,99	9,1	0,068	2901	2,88	0,014
21.01.2009	15,79	14,44	91,44	9,0	0,117	3118	2,95	0,029
01.02.2009	15,33	13,85	90,36	9,1	0,199	4562	3,31	0,047
17.02.2009	14,78	12,85	86,93	8,9	0,558	7166	4,08	0,061

4.2. Koyu Şerbet Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Çizelge 4.3. Koyu Şerbette Yapılan Analiz Sonuçları

Gravimetrik kül, %	İletkenlik Külü, %	Küller Arası Fark	S, %	P, %	Q, %
2,325	2,144	0,191	65,54	60,78	92,74
2,311	2,117	0,194	70,14	64,16	91,47
2,036	1,846	0,190	68,6	63,82	93,03
2,007	1,814	0,193	70,16	65,70	93,64
1,919	1,729	0,190	67,48	62,56	92,71
1,952	1,761	0,191	67,54	62,14	92,00
1,966	1,773	0,193	69,82	64,48	92,35
2,296	2,101	0,195	71,96	65,12	90,49
2,188	1,996	0,192	69,18	63,80	92,22
2,052	1,862	0,190	67,96	63,40	93,29
2,201	2,008	0,193	69,94	64,66	92,45
2,014	1,823	0,191	68,86	64,10	93,09
2,001	1,811	0,191	68,98	63,86	92,58
2,044	1,853	0,191	68,24	62,60	91,74
2,068	1,877	0,191	68,52	62,90	91,80
1,872	1,689	0,193	66,52	61,60	92,60
1,871	1,676	0,195	70,56	65,62	93,00
1,719	1,524	0,195	70,94	66,30	93,46
1,715	1,531	0,184	67,3	62,82	93,34
2,269	2,089	0,180	65,54	60,78	92,74
2,004	1,821	0,183	66,16	60,94	92,11
2,072	1,880	0,192	69,90	64,84	92,76
1,971	1,780	0,191	68,94	63,82	92,57
2,098	1,907	0,191	67,96	63,10	92,85
1,931	1,739	0,192	69,74	64,62	92,66
1,975	1,784	0,191	69,58	64,64	92,90
2,037	1,842	0,192	71,06	65,68	92,43
1,999	1,803	0,192	71,30	66,00	92,57
1,954	1,762	0,192	69,44	63,98	92,14
2,224	2,029	0,195	70,32	65,38	92,97
2,172	1,997	0,175	62,32	57,64	92,49

Çizelge 4.3'ün Devamı

2,037	1,842	0,192	71,06	65,68	92,43
,1,999	1,803	0,192	71,30	66,00	92,57
1,954	1,762	0,192	69,44	63,98	92,14
2,224	2,029	0,195	70,32	65,38	92,97
2,172	1,997	0,175	62,32	57,64	92,49

Koyu şerbet için yapılan analizler ise yine aynı şekilde refraktometrik kuru madde, polar şeker, arılık, pH, kireç tuzu renk, kül, invert şeker, teorik koyu şerbet arılığdır. Bu analizler için koyu şerbet numunesinde belirlenen optimal şartlar şöyledir; kuru madde oranı 68-69 Bx, polar şeker % 63-64, arılık % 92-93, pH 8.5-9.0, kireç tuzu 0,025, renk 2000-2500 Ext / 100 Bx, kül 2,65 ve invert şeker 0,025 'dir.

Çizelge 4.4. Koyu Şerbet Numunelerinin Karakteristik Özelliği

Dönem	Refraktometrik Kuru Madde, Bx	Polar Şeker %	Arılık %	pH	Kireç Tuzu, g CaO/100 Bx	Renk, Ext / 100 Bx	Kül, %	İnvert Şeker, g/100 Pol
11.10.2008	68,51	63,52	92,72	9,0	0,037	1944	2,79	0,047
21.10.2008	68,93	64,24	93,20	9,2	0,025	1823	2,59	0,021
01.11.2008	67,85	63,19	93,13	9,2	0,025	1723	2,53	0,053
11.11. 2008	68,38	63,64	93,07	9,1	0,029	1905	2,61	0,052
21. 11.2008	70,06	65,44	93,41	9,3	0,023	1859	2,54	0,037
01.12.2008	68,26	63,28	92,70	8,8	0,052	2452	2,61	0,157
11.12.2008	69,33	64,03	92,36	8,7	0,063	2619	2,63	0,126
21.12.2008	68,65	63,45	92,43	8,7	0,064	3017	2,70	0,138
01.01.2009	69,51	64,49	92,78	8,7	0,032	3216	2,58	0,086
11.01.2009	69,41	64,32	92,66	8,6	0,056	3310	2,56	0,143
21.01.2009	69,85	64,39	92,18	8,4	0,101	3566	2,69	0,155
01.02.2009	68,56	62,36	90,97	8,5	0,166	5101	3,02	0,189
17.02.2009	68,26	59,86	87,69	8,3	0,468	7713	3,68	0,196

4.3. Melas Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Çizelge 4.5. Melasta Yapılan Analiz Sonuçları

Gravimetrik kül	İletkenlik külü	Küller Arası Fark	S	P	Q
13,160	11,812	1,348	85,10	53,30	62,63
12,604	11,325	1,279	84,74	52,67	62,15
13,859	12,618	1,241	84,62	51,20	60,51
13,695	12,421	1,274	83,42	49,54	59,39
12,863	11,546	1,317	85,10	52,10	61,22

Çizelge 4.5'in Devamı

Gravimetrik kül	İletkenlik külü	Küller Arası Fark	S	P	Q
12,561	11,246	1,315	86,90	52,90	60,87
12,681	11,331	1,355	85,54	53,76	62,85
12,772	11,439	1,333	85,44	53,76	62,92
13,835	12,502	1,333	85,12	52,66	61,87
12,621	11,274	1,347	85,06	51,90	61,02
12,994	11,684	1,310	84,98	52,50	61,78
12,732	11,414	1,318	83,74	52,10	62,22
12,882	11,583	1,299	84,32	52,52	62,29
12,298	10,991	1,307	83,12	51,90	62,44
12,139	10,831	1,308	84,78	54,04	63,74
13,195	11,848	1,347	85,34	54,00	63,28
12,496	11,192	1,304	84,62	53,52	63,25
12,602	11,352	1,250	83,00	51,64	62,22
12,703	11,409	1,294	84,56	52,74	62,37
12,176	10,861	1,315	84,96	52,57	62,05
13,036	11,697	1,339	85,16	52,53	62,02
12,949	11,638	1,18	83,12	52,52	62,02
12,687	11,38	1,307	84,86	52,59	62,09
12,637	11,322	1,315	84,76	52,75	62,24
13,720	12,425	1,238	83,66	52,78	62,29
12,360	11,035	1,325	84,94	52,78	62,37
12,538	11,207	1,331	85,18	52,73	62,34
12,688	11,38	1,308	84,70	52,67	62,31
12,117	10,803	1,314	84,84	52,67	62,33
12,522	11,207	1,315	85,18	52,71	62,40
13,858	12,532	1,326	85,22	52,72	62,43
12,783	11,438	1,345	85,72	52,76	62,45
13,291	11,985	1,306	84,84	52,77	62,45
12,828	11,524	1,300	85,74	52,81	62,46
11,396	10,112	1,284	84,48	52,75	62,39
12,435	11,12	1,315	84,74	52,68	62,34

Çizelge 4.6. Melas Numunelerinin Karakteristik Özelliği

Dönem	Refraktometrik Kuru Madde, Bx	Polar Şeker, %	Arılık, %	Kül, %	İnvert Şeker, g/100 Pol	Şdm /su	Yoğunluk g/cm ³
11.10.2008	85,54	52,35	61,20	12,23	0,045	2,3	1,280
21.10.2008	84,89	52,94	62,36	12,38	0,017	2,1	1,177
01.11.2008	85,40	53,52	62,67	11,70	0,055	2,2	1,209
11.11.2008	85,19	53,58	62,89	11,39	0,062	2,1	1,205
21.11.2008	85,40	53,74	62,93	11,89	0,051	2,2	1,223
01.12.2008	84,89	52,42	61,75	11,69	0,206	2,1	1,231
11.12.2008	85,13	52,40	61,55	11,06	0,170	2,2	1,230
21.12.2008	84,48	52,95	62,68	10,61	0,170	2,0	1,228
01.01.2009	85,11	53,40	62,74	11,41	0,105	2,1	1,226
11.01.2009	84,82	52,99	62,47	11,56	0,168	2,1	1,191
21.01.2009	84,37	52,31	62,00	11,93	0,207	2,1	1,216
01.02.2009	83,68	52,11	62,27	11,78	0,237	1,9	1,229
17.02.2009	84,33	50,01	59,30	11,84	0,238	2,2	1,183

4.4. Araştırma Sonuçlarına Göre Şerbetlerin Fiziksel ve Kimyasal Karakteristikleri

Kampanya süresince, araştırmada kullanılacak tüm şerbet ve melas numuneleri karakteristik değerleri genel işletme değerlerine uygunluğunun kontrolü sebebiyle aynı laboratuvar planda olduğu gibi çeşitli spesifik analizlere tabi tutulmuştur.

Şeker fabrikaları kampanyası süresince pancar fiziksel ve kimyasal durumunun sık sık değişiklik göstermesi sebebiyle geneli ifade edecek olan analizler yapılan bu analizlerin on günlük ortalamaları alınarak yorumlanır. Böylece her on gün işletme şartlarının ve ara ürünlerin karakterlerini yorumlamak için bir dönem olmuş olur. Bu çalışma için de alınan her numune aynı şekilde on günlük dönemlerde ortalama değerleri hesaplanarak bütüne uygunluğu açısından takip edilmiştir. Bu takipler sonucunda kampanya süresinde alınan numune değerlerinden herhangi bir farkı olmadığı gözlenmiştir.

Şeker sanayinde şerbet ve melaslarda karakter tayini için yapılan analizlerle aynı olmak üzere çalışma için kullanılan numunelerin bu analiz sonuçları aşağıdaki çizelgelerde görülmektedir.

Çizelgelerden de anlaşılacağı üzere kampanyanın 136 gün sürmesi nedeniyle 13 adet on günlük analiz sonucu bulunmaktadır.

4.4.1. Analiz Sonuçlarına Göre Şerbet Karakteristiklerinin Değerlendirilmesi

Alınan numunelerde yapılan analizlerin ortalama sonuçları aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Araştırmada kullanılan numunelerin ortalama karakter özellikleri

Numune Adı	S, %	P, %	Q, %	İletkenlik Külü, %	Gravimetrik Külü, %
Sulu Şerbet	15,57	14,31	91,90	0,459	0,479662246
Koyu Şerbet	68,95	63,84	92,59	1,844	2,036061005
Melas	84,78	52,56	62,05	11,481	12,78949493

Çizelgede de görüldüğü gibi alınan şerbet ve melas değerlerinin ortalama değerleri literatüre göre kabul edilen değerlerdir. Ancak şunu belirtmek gerekmektedir ki, kampanya sonuna doğru (1 Ocak – 15 Şubat arası) pancarın bozulması nedeniyle bu değerlerde zaman zaman dalgalanmalar gözlenmiş ancak ortalama etkileyecek boyutlarda olmamıştır.

Yine tablodan çıkarılacak başka bir sonuç ise ham şerbetten sonra sulu şerbetin kuru madde değerinin düşmesi ve polarizasyonunda çok az bir değişiklik gözlenmesidir. Daha sonra proses gereği herhangi bir ilave yapılmadan sadece suyu buharlaştırılan sulu şerbetin kuru madde değerinin 68-69 Bx civarına çıkmasıyla birlikte içindeki şekerinde buna bağlı olarak % 63-64 oranlarına ulaşmış olmasıdır. Ayrıca yan ürün olarak tanımlanan melasın içerdiği % 52-53'lük şeker oranı da alınan numunelerin son derece güvenilir ve beklenen işletme şartlarına uygunluğunu göstermiştir.

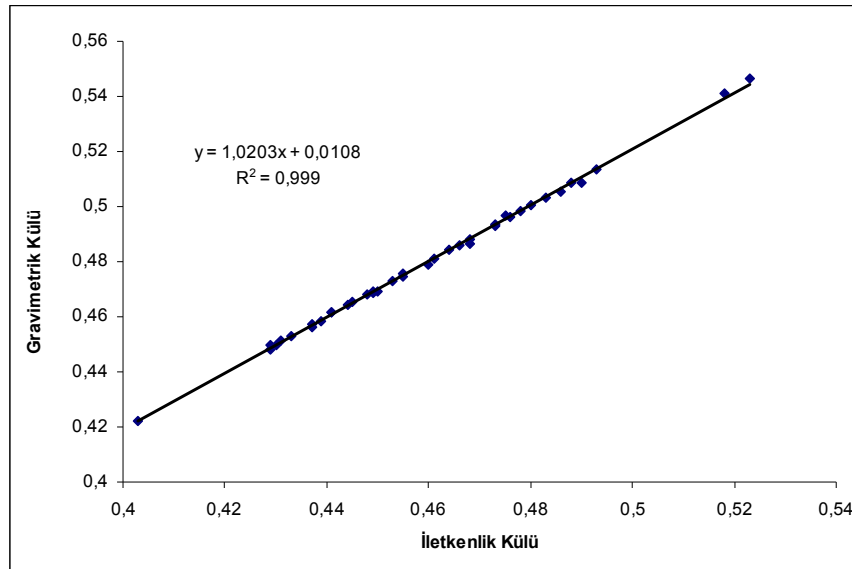
4.5. Analiz Verilerinin Grafikleştirilmesi

Daha önce de belirtildiği gibi bu çalışmanın esas amacı şerbetler ve melastaki iletkenlik kül değerleri ile gravimetrik kül değerleri arasındaki ilişkiyi bulmaya çalışmaktır. Bu amaçla yapılan çalışmalarda gerçekten böyle bir doğrusal oranlı ilişkinin olduğu gözlenmiştir. Yapılan analizler sonucu çıkan değerlerin grafiksel değerleri her bir numune için tek tek çizilerek sonuçlarına aşağıda yer verilmiştir.

Yukarıda sonuçları verilmiş sulu şerbet için yapılan analizler kül değerleri birbirleriyle kıyaslanarak grafik haline getirilmiştir. Beklendiği gibi her iki kül değerleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu bu grafiklerde de açık bir şekilde gözlenmiştir.

Yapılan analizlerden iki türlü sonuç çıkarmak mümkündür. Bunlardan ilki iki farklı yöntemle yapılmış olan kül tayin metotları arasındaki ilişkiyi gösteren grafik değerlendirmeleridir. Bu grafiklere bakıldığında her üç şerbet için de doğrusal bir ilişki görülmektedir. Ayrıca bu doğrusal ilişkileri tanımlayan formülasyonlar yine grafikler üzerinde oluşturulmuştur. Analiz sonuçlarından çıkarılan diğer bir sonuç ise şerbetler içindeki kuru madde değerlerine bağlı olarak iki farklı yöntemden elde edilen küller arası fark değerleridir.

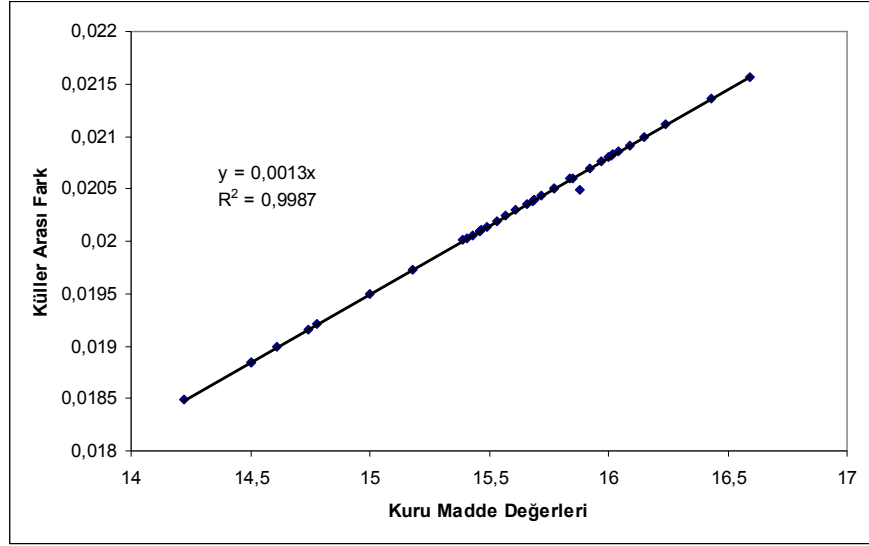
4.5.1. Sulu Şerbet İçin İletkenlik Külü - Gravimetrik Kül İlişkisi



Şekil 4.1. Sulu Şerbet İçin İletkenlik Külü - Gravimetrik Kül İlişkisi

Bu şekilde sulu şerbet numuneleri üzerinde yapılan analizler sonucunda gravimetrik kül ile iletkenlik külü arasındaki doğrusal ilişki görülmektedir. Şekil üzerinde görünen doğrusal denklige ve R^2 değerine bakacak olursak iki analiz arasındaki ilişki neredeyse tamamen uyumludur. Ancak grafik eğrisi üzerinde de belirtildiği gibi bazı değerler her ne kadar aynı eğim üzerine düşmüş olsa da ortalama değerler ile aralarında belirli bir miktar uzaklık bulunmaktadır. Bu uzaklıkların temel nedeni kampanya başında ve sonunda yapılan analizlerden kaynaklanmaktadır. Çünkü bu dönemlerdeki pancarların durumu kampanya ortasında işletmeye giren ve birbirine hemen hemen yakın özellikte olan pancarlardan farklıdır. Bilindiği üzere kampanya başında pancarın aşırı taze ve polarizasyon değerlerinin düşük olması, sonunda ise

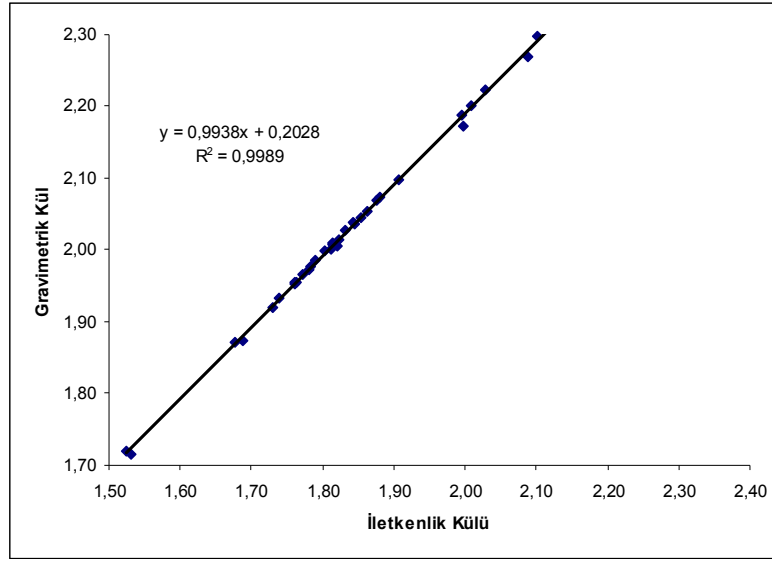
bekleme nedeniyle tazeliğini yitirmiş hatta bozulmuş pancar olması nedeniyle ortalama değerlerden sapmalar göstermektedir.



Şekil 4.2. Sulu Şerbet Küller Arası Fark-Kuru Madde İlişkisi

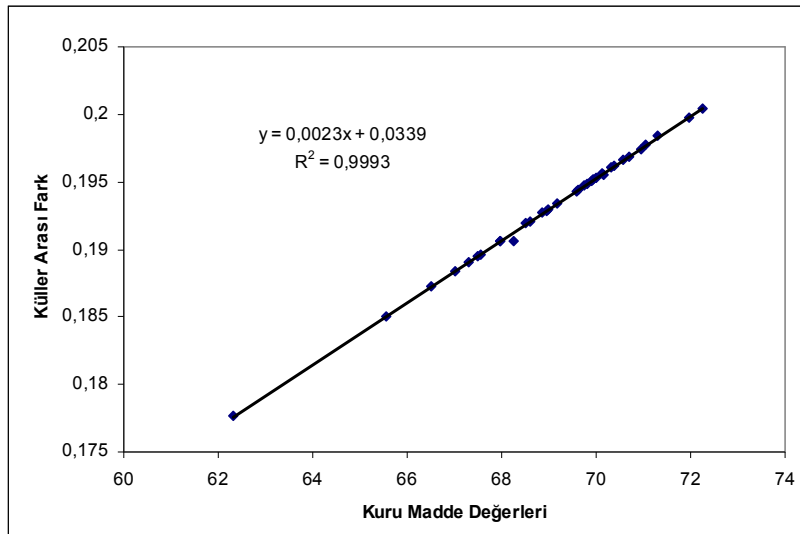
Bilindiği üzerinde gerek suda çözünen kül kısmı gerekse suda çözünmeyen kül kısmı her zaman için şerbetlerin kuru madde yüzdesinin içine dahildir. Dolayısı ile bir şerbet içindeki kuru madde oranı ne kadar artarsa kül oranları da o doğrultuda artacaktır. Eğer iki farklı yöntemle tayin edilen kül miktarları arasında yukarıdaki grafikteki gibi bir ilişkinin varlığı kesinse, o halde artan kuru maddeye bağlı olarak bu iki kül miktarları arasındaki farkında doğrusal bir değişim göstermesi beklenecektir. Yapılan kül analiz sonuçları arasındaki fark ile karşılık geldikleri kuru madde değişimleri bir grafik üzerine aktarıldığında görülüyor ki gerçekten böyle bir doğrusal ilişki vardır. Böylece bu durum, gravimetrik kül ile iletkenlik külü arasındaki oransal değişimin başka türlü bir açıklaması olmaktadır.

4.5.2. Koyu Şerbet İçin İletkenlik Külü - Gravimetrik Kül İlişkisi



Şekil 4.3. Koyu Şerbet İçin İletkenlik Külü - Gravimetrik Kül İlişkisi

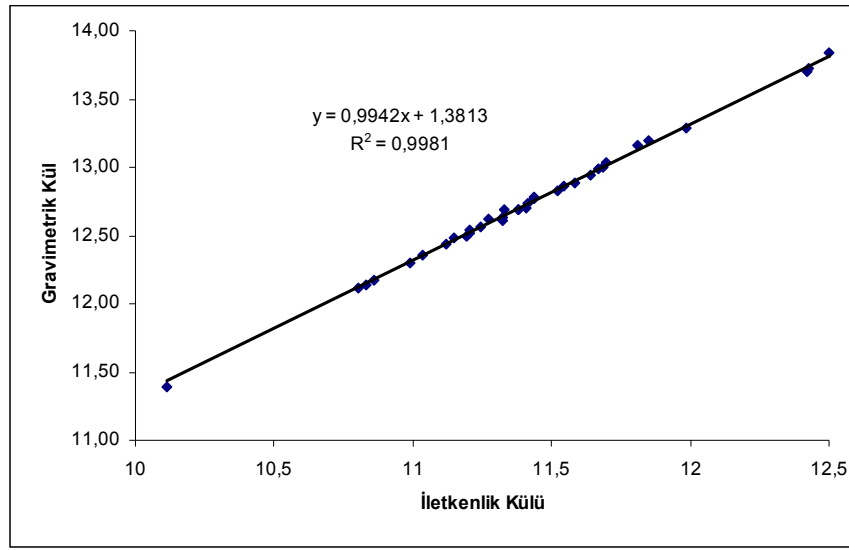
Sulu şerbet numunelerinden yapılan analiz sonuçlarını kullanarak çıkarılmış grafiklerde olduğu gibi koyu şerbet için de aynı şeyleri söylemek mümkündür. Kuru madde yoğunluğu daha fazla olduğu içindeki yüzde kül oranı da fazla görülmektedir. Sulu şerbetin evaporasyon ünitesine girerek koyu şerbet olması sırasında yüksek sıcaklıklar nedeniyle bir miktar da olsa şekerin karamelizasyonu gerçekleşir. Bu nedenle ortam içinde pek çok farklı türevlerde şeker molekülü oluşur. Görüldüğü gibi bu oluşumlar nedeniyle gravimetrik kül ve iletkenlik kül arasındaki sapma sulu şerbete göre biraz daha fazla çıkmaktadır.



Şekil 4.4. Koyu Şerbet İçin Küller Arası fark-Kuru Madde İlişkisi

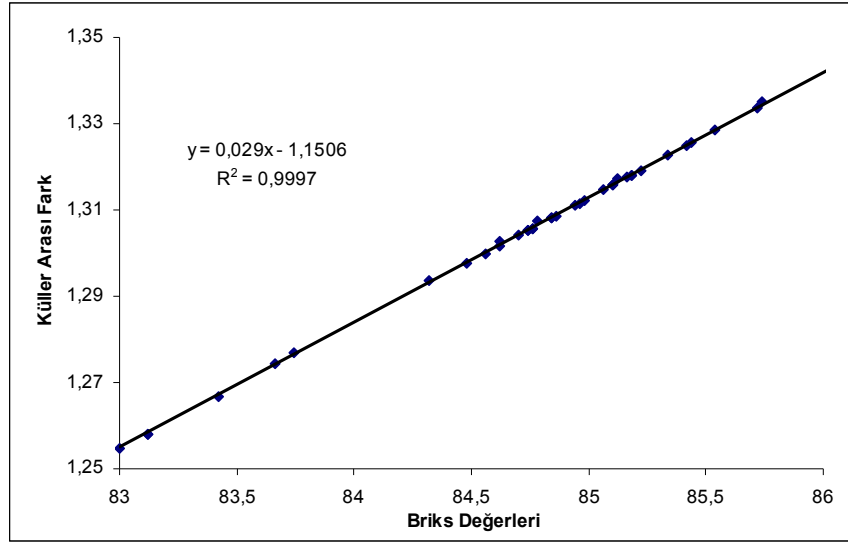
Yukarıdaki grafikte kuru madde değerlerine bağlı olarak iki farklı yöntem arasındaki kül farkları görülmektedir. Bu grafikten çıkaracağımız sonuç bir önceki grafikte de bahsettiğimiz gibi kuru madde artışlarına bağlı olarak küller arası fark değerleri açılmaktadır. Bu doğrultuda R^2 değerinde sulu şerbete göre bir miktar azalma görülmektedir.

4.5.3. Melas İçin İletkenlik Külü - Gravimetrik Kül İlişkisi



Şekil 4.5. Melas İçin İletkenlik Külü - Gravimetrik Kül İlişkisi

Sulu şerbet ve koyu şerbette olduğu gibi aynı türden analizlerin yapıldığı melas için de iki farklı kül değerleri grafiğe aktarılmıştır. Diğer şerbetlerde olduğu gibi yine beklenen doğrusal ilişki bulunmuştur. R^2 değerinin diğer şerbetlerde yapılan çalışmalara oranla daha düşük çıkmasını ise melasın içindeki safsızlık yüzdesinin yani şeker dışı madde miktarlarının yüksek oranda olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.6. Melas İçin külle Arası Fark-Kuru Madde İlişkisi

Bu grafikten de anlaşılacağı gibi artan kuru madde değerlerine bağlı olarak iletkenlik külü ve gravimetrik külü arasındaki fark artmaktadır. Bu sonuç sulu şerbet ve koyu şerbet analizlerinden elde edilen veri ve grafiklerle de tutarlıdır. R^2 değeri sulu şerbette daha düşük, koyu şerbette buna göre daha yüksek, melasta ise en fazla değerindedir. Bazı değerlerin birbirinden uzaklık göstermesi ise yine pancarın fiziksel durumuna bağlı olarak değişik kuru madde ve kül değerlerinden kaynaklanmaktadır. Artan kuru maddelere karşılık gelen külleler arası fark ise birbirinden çok uzak sapmalar göstermemiş ve yaklaşık 1,25 -1,34 aralığında değer almıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma sonucunda gerek çizelgelerde gerekse şekillerde görüldüğü gibi çalışılan her üç ayrı türden numune için de neticeler birbirleriyle uyumlu bulunmuştur. Bu numuneler sırasıyla sulu şerbet, koyu şerbet ve melastır. İşletme içine de bu üç numune aynı sıra ile çıkmaktadır. Bu nedenle sonuçlar arasındaki uyumluluk son derece önemlidir. Her üç çalışma için de ortaya çıkmış denklem ve bu denklemlerin regülasyon katsayısı (R^2) değerleri aşağıdaki çizelgelerde gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Analizlerin Sonuç Değerlendirmesi

Gravimetrik Kül-İletkenlik Külü İlişkisi İçin			
	Sulu Şerbet	Koyu Şerbet	Melas
Denklem	$y=1,0203x+0,0108$	$y=0,9938x+0,2028$	$y=0,9942x+1,3813$
R^2 Değeri	0,9990	0,9989	0,9981
Küller Arası Fark-Kuru Madde İlişkisi İçin			
	Sulu Şerbet	Koyu Şerbet	Melas
Denklem	$y=0,0013x$	$y=0,0023x+0,0339$	$y=0,029x-1,1506$
R^2 Değeri	0,9987	0,9993	0,9997

İlk olarak sulu şerbet numunesinin grafiklerinde elde edilen sonuçlar yorumlanacaktır. Sulu şerbet numunelerinin gravimetrik kül ve iletkenlik kül değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafikte aradaki doğrusallığın gerçekliğini ifade eden R^2 değerine bakılacak olursa, bu değer 0,9990 olarak çıkmıştır. Giriş bölümünde de detaylı olarak verildiği üzere; sulu şerbet içinde safsızlıkların birbirine en çok benzerlikte olduğu şerbet türüdür. Dolayısıyla iki kül arasındaki en yakın fark değerleri sulu şerbet içinde olmalıdır. Doğrulama amaçlı yapılmış olan diğer grafikte de bu durum bir kez daha ortaya konulmaktadır. Küller arası fark değerleri kuru maddeye doğrusal olarak bağlı olmakla birlikte, en düşük kuru madde miktarını içeren sulu şerbette diğer numunelere göre daha düşük bulunmuştur. R^2 değeri 0,9987'dir.

Koyu şerbet numuneleri ile ilgili verileri incelemeden önce şerbetin karakteristik sonuçlarına bağlı olarak beklenen durum şu şekilde olmalıdır. Bu şerbet çok yüksek sıcaklıklara maruz kalması nedeniyle sahip olduğu kül miktarlarına ilave olarak şekerin

sıcaklıkla parçalanması sebebiyle bir miktar daha fazla safsızlık içermektedir. Bu durumun sonucunda ise koyu şerbet için kül değerleri arasındaki ilişkinin doğrusallığını bozmadan bir miktar sapma gösterme ihtimalidir. Şekillere bakıldığında beklenen ile gerçekleşen sonuçlar uyumlu görünmektedir. İki kül arasındaki farkı temsil eden grafikteki R^2 değeri 0,9989 olarak çıkmıştır. Bu sonuç sulu şerbet grafiğindeki farka göre görüldüğü gibi biraz daha sapma göstermektedir. Diğer bir yolla ifade etmek gerekirse koyu şerbet için çizilen kuru maddeye bağlı olarak küller arasındaki ilişki grafiğinde de görüldüğü gibi R^2 değeri 0,9993 bulunmuştur, bu durum açıkça göstermektedir ki artan kuru madde küller arasındaki fark üzerinde doğrudan etkilidir.

En son ürün olan melası incelendiğinde görülmektedir ki benzer durum ve yorum bu ürün içinde söz konusudur. Melas için yapılan iki kül değeri arasındaki farkın R^2 değeri iki şerbete göre daha düşük çıkmıştır. Bu artık yan ürün olan ve safsızlıkların hepsini bünyesinde toplayan melas için beklenen bir durumdur. Aynı şekilde bu durum küller arasındaki farkın kuru maddeye olan bağlılığını gösteren grafiğin R^2 değerini de göstermektedir. İlk grafik için 0,9981 olan ve sulu şerbet ile koyu şerbete kıyasla daha düşük değerdeki R^2 değeri diğer grafikte beklenen ile uyumlu şekilde 0,9997 ile yani diğer iki şerbete göre daha yüksek olarak sonuçların tutarlılığını göstermiştir.

Bu sonuçlar göz önüne alındığında anlaşılıyor ki gravimetrik kül ile iletkenlik kül arasında doğrusal bir ilişki mevcuttur ve iletkenlik külüne göre daha doğru sonuç elde etmek ve zaman kaybından kaçınmak için bulunan denklemleri kullanmak geçekten yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] M.F. Kavas, J. Leblebici, Şerbet Üretimi ve arıtımın Analitik yönden İncelenmesi ve İlgili Analizler, Şerbet Üretimi ve Arıtım, İşletme Mühendisleri Seminer Notu, Şeker Enstitüsü, 1999.
- [2] British Sugar Corp., Chemical Control Service Handbook, England, 2007.
- [3] J. C. Chen, Cane Sugar Handbook, 1985.
- [4] Perry and Chilon, Chemical Engineers Handbook, Mc Graw Hill International Book Company, 1973.
- [5] P. W. Van der Poel, H. Schwieck, T. Schwarz, Sugar Technology, Bartens, Berlin, 1998.
- [6] Dronnet V.M., Axelos M.A.V., Renard C.M.G.C., Thibault J.F., (1998). Improvement of the binding capacity of metal cations by sugar beet pulp. 2. Binding of divalent metal cations by modified sugar beet pulp. Carbohydrate Polymers, 35, 239-247.
- [7] Sun R., Hughes S.,(1998). Fractional extraction and physico-chemical characterization of hemicelluloses and cellulose from sugar beet pulp. Carbohydrate Polymers, 36, 293-299.
- [8] C.A. Browne and F. W. Zebran, Physical and Chemical Methods of Sugar Analysis, 1996.
- [9] ICUMSA Methods Book, ICUMSA Publ. Dept., 1994, 1998.
- [10] ICUMSA Proceedings, ICUMSA Publ. Dept., England, 1970, 1974, 1978, 1982, 1986, 1994.

[11] Kalite ve İşletme Kontrol Şefleri Sempozyum Notları, 1980, 1982, 1983, 1984, 1985, 1992, 1994, 1997.

[12] Türk, Codex ve ASTM Standartları.

[13] Laboratuar Mühendisleri seminer Notları, Şeker Enstitüsü, 2007.

[14] The Analysis of Molasses, United Molasses Trading Co., 1971.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Halime ÇİMEN
Uyruğu : TC
Doğum Yeri ve Tarihi : Konya / 14.11.1982
Telefon : (0332) 320 66 06
Faks : -
e-mail : halime.cimen@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Selçuklu Anadolu Lisesi, Selçuklu, Konya	2001
Üniversite	: Hacettepe Üniversitesi, Çankaya, Ankara	2007
Yüksek Lisans :		
Doktora :		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2007-2010	Konya Şeker Fabrikası	Ar-ge Mühendisi

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR