



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**ŞEKER FABRİKALARINDA KOKU
KAYNAKLARININ BELİRLENMESİ VE
ATIKSU KAYNAKLI KOKUNUN
GİDERİLMESİ İÇİN PROSES ARAŞTIRMASI**

Ali Müslim AKPINAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

**Ocak-2022
KONYA**

Her Hakkı Saklıdır
TEZ KABUL VE ONAYI

Ali Müslim AKPINAR tarafından hazırlanan “ŞEKER FABRİKALARINDA KOKU KAYNAKLARININ BELİRLENMESİ VE ATIKSU KAYNAKLI KOKUNUN GİDERİLMESİ İÇİN PROSES ARAŞTIRMASI” adlı tez çalışması 15/02/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Muhammed Kamil ÖDEN

.....

Danışman

Doç. Dr. Fatma BEDÜK

.....

Üye

Prof. Dr. Senar AYDIN

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. İbrahim KALAYCI
FBE Müdürü

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.

İmza

Ali Müslim AKPINAR

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞEKER FABRİKALARINDA KOKU KAYNAKLARININ BELİRLENMESİ VE ATIKSU KAYNAKLI KOKUNUN GİDERİLMESİ İÇİN PROSES ARAŞTIRMASI

Ali Müslim AKPINAR

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fatma BEDÜK

2022, 52 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Senar AYDIN
Doç. Dr. Muhammed Kamil ÖDEN
Doç. Dr. Fatma BEDÜK

Koku emisyonlarını oluşturan bileşenler önemli hava kirletici parametreler konumundadır. Bu emisyonlar insanları rahatsız edici ve hayat standartlarını etkileyici özelliktedir. Koku emisyonları endüstriyel prosesler, depolama ve transfer işlemleri, atık bertaraf prosesleri, durgun su kütleleri, doğal çürüme olayları gibi kaynaklar tarafından oluşmaktadır. Oluşan kokular şikayetlere sebep olduğu için 2013 yılında Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik yürürlüğe girmiştir.

Bu çalışmada amaç, şeker endüstrisinin önemli bir sorunu olan koku probleminin kaynaklarının belirlenmesi, koku kaynaklarından biri olan pancar yıkama suyunda koku yapan kimyasalların tanımlanması ve pancar yıkama suyunda koku yapan kimyasalların arıtımı için ozon bazlı oksidasyon proseslerinin etkinliğinin araştırılmasıdır. Konya Bölgesi'nde pancardan şeker üretimi yapan örnek fabrikadan pancar yıkama suyu numuneleri alınmıştır. Atıksu numuneleri 2020/2021 kampanya dönemi, Ekim-Kasım sezonuna aittir. Koku kaynağı bileşenlerin numunelerden ayrılmasında ultrasonik ekstraksiyon tekniği uygulanmış ve bileşenler HPLC/UV'de belirlenmiştir. Atıksu örneklerinde kokudan en çok sorumlu tutulan üç bileşen olan asetik asit, butirik asit ve propiyonik asit analizleri yapılmıştır. Pancar yıkama suyu numunelerinde aynı zamanda pH ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) analizleri yapılmıştır. Oksidasyon proses veriminin değerlendirilmesi amacıyla Toplam Organik Karbon (TOK) analizleri yapılmıştır. Oksidasyon prosesi için öncelikle 1 mg/L ozon tek başına kullanılmıştır. Daha sonra O_3/H_2O_2 , Fenton, Fenton/ O_3 prosesleri değerlendirilmiştir.

Pancar yıkama suyundan Ekim-Kasım 2021 tarihleri arasında alınan 61 adet atıksu numunesinde KOİ yükü sıfırdan 8980 mg/L'ye çıkmıştır. Sezon başında 7,25 olarak ölçülen pH değeri sezon sonunda 6 olarak ölçülmüştür. Sezon başlangıcında ölçülemeyen organik asitlerin konsantrasyonu zamanla yükselerek asetik asit için 0,0036 mg/L; butirik asit için 0,0060 mg/L ve propiyonik asit için 0,0043 mg/L seviyesine ulaşmıştır. Organik asitlerdeki artış KOİ artışı ile paralel olarak gerçekleşmiştir. Organik asit miktarındaki artış atıksudaki pH değerinin de düşmesine neden olmuştur. Alınan 8 örnekte pH değeri 7,25'ten 5,8'e düşerek asidik şartlar oluşmuştur. O_3 ve O_3/H_2O_2 birleşik sistemi ile yapılan arıtım sonucunda yalnız %5 TOK giderimi sağlanabilmiştir. Fenton ve Fenton/ O_3 birleşik sistemi ile yapılan arıtım sonucunda ise yaklaşık %20 TOK giderimi sağlanabilmiştir. Yüksek organik kirlilik yükü nedeniyle oksidasyon yöntemleri ile başarılı organik madde giderimi elde edilememiştir.

Anahtar Kelimeler: Arıtım, asetik asit, atıksu, butirik asit, ileri oksidasyon, koku, propiyonik asit, şeker endüstrisi.

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINATION OF ODOR SOURCES IN SUGAR FACTORIES AND PROCESS RESEARCH FOR REMOVAL OF ODOR FROM WASTEWATER

Ali Müslim AKPINAR

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN ENVIROMENTAL ENGINEERING

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Fatma BEDÜK

2022, 52 Pages

Jury

Prof. Dr. Senar AYDIN

Assoc. Prof. Dr. Muhammed Kamil ÖDEN

Assoc. Prof. Dr. Fatma BEDÜK

Components that make up odor emissions are among important air pollutant parameters. These emissions disturb people and affect living standards. Odor emissions are generated by sources such as industrial processes, storage and transfer processes, waste disposal processes, stagnant water bodies, natural decay events. Since the odors cause complaints, the Regulation on the Control of Odor-Creating Emissions entered into force in 2013.

The aim of this study is to determine the sources of the odor problem, which is an important problem of the sugar industry, to identify the chemicals that cause odor in beet washing water, which is one of the odor sources, and to investigate the effectiveness of ozone-based oxidation processes for the treatment of odor-causing chemicals in beet washing water. Beet washing water samples were taken from the sample factory that produces sugar from beet in Konya Region. Wastewater samples belong to the 2020/2021 campaign period, October-November season. Ultrasonic extraction technique was applied to separate the odor source components from the samples and the components were determined by HPLC/UV. Acetic acid, butyric acid and propionic acid, which are the three components most responsible for odor in wastewater samples, were analyzed. At the same time, pH and Chemical Oxygen Demand (COD) analyzes were made for beet washing water samples. In order to evaluate the oxidation process efficiency, Total Organic Carbon (TOC) analyzes were carried out. For the oxidation process, first of all, 1 mg/L O₃ was used alone. Then, O₃/H₂O₂, Fenton, Fenton/O₃ processes were evaluated.

The COD load increased from zero to 8980 mg/L, in 61 wastewater samples taken between October and November 2021 from the beet washing water. The pH value, which was measured as 7.25 at the beginning of the season, was measured as 6 at the end of the season. The concentration of organic acids that could not be measured at the beginning of the season, increased to 0.0036 mg/L for acetic acid; reached 0.0060 mg/L for butyric acid and 0.0043 mg/L for propionic acid, over time. The increase in organic acids occurred in parallel with the increase in COD. The increase in the amount of organic acid caused a decrease in the pH value of the wastewater. The pH value decreased from 7.25 to 5.8, resulting in acidic conditions, in 8 samples taken for organic acid analysis. Only 5% TOC removal was achieved, as a result of the treatment carried out with the O₃ and O₃/H₂O₂ combined system. Approximately 20% TOC removal was achieved as a result of the treatment carried out with Fenton and Fenton/O₃ combined systems. Due to the high organic pollution load, successful organic matter removal by oxidation methods could not be obtained.

Keywords: Acetic acid, advanced oxidation, butyric acid, odor, propionic acid, sugar industry, treatment, wastewater,

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Doç. Dr. Fatma BEDÜK yönetiminde hazırlanarak, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne Yüksek Lisans Tezi olarak sunulmuştur. Yüksek lisans hayatımda her durumda derdimizi dinleyen, yol gösterme gayretinde olan; tez yazım sürecimde ise her aşamada tecrübesi ve bilgisi ile destek olan saygıdeğer danışmanım Doç. Dr. Fatma BEDÜK'e, numune alınmasında ve bilgi paylaşımında destek veren şeker fabrikası çalışanlarına,

Sevgili eşime, çok teşekkür ederim.

Ali Müslim AKPINAR
KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	4
ABSTRACT	5
ÖNSÖZ	6
İÇİNDEKİLER	7
ŞEKİLLER DİZİNİ	9
ÇİZELGE DİZİNİ	10
1. GİRİŞ	11
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	12
2. 1. Şekerin Tarihçesi	12
2.2. Şeker Üretim Prosesi	12
2.3. Koku Tanımı.....	21
2.3.1. Koku Paratmetresi.....	22
2.3.2. Koku Konsatrasyonu.....	22
2.3.3. Koku Yoğunluğu.....	22
2.3.4. Kokunun Hendonik Tonu	23
2.3.5. Kokunun Karakteri.....	23
2.4. Koku Ölçüm Metotları.....	24
2.4.1. Elektronik Sensörler.....	25
2.4.2. Analitik Yöntem.....	25
2.4.3. Olfaktometre	26
2.5. Şeker Fabrikasında Kötü Kokuya Sebep Olan Maddeler	29
2.6. Şeker Fabrikasında Pancar Yıkama Prosesi	31
2.7. Şeker Fabrikasında Pancar Yıkama Proses Atıksuları İçin Mevzuat	33
2.8. Koku İle İlgili Yasal Mevzuat	33
2.8.1. Avrupa’da Yasal Düzenleme	34
2.8.2. Amerika’da Yasal Düzenleme	34
2.8.3. Türkiye’de Yasal Düzenleme.....	34
3. METARYAL VE METOD	36
3.1. Numune Alma.....	36
3.2. Kullanılan Kimyasallar ve Reaktifler	36
3.3. Analizi Yapılan Parametreler	36
3.3.1. Organik Asitlerin Analizi.....	37
3.3.2. KOİ Analizi.....	38
3.3.3. TOK Analizi.....	38

3.4. Oksidasyon Prosesi.....	39
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	41
4.1. Organik Asitlere Ait Kromatogramlar.....	41
4.2. Organik Asitlere Ait Kalibrasyon Grafikleri	42
4.3. Pancar Yıkama Suyunda Organik Madde ve pH Değişimi	43
4.4. Pancar Yıkama Suyunda Organik Asit Konsantrasyonları.....	44
4.5. Oksidasyon Proses Sonuçları.....	46
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	49
6. KAYNAKÇA	51



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Pancarların boşaltılması ve silolanması	13
Şekil 2.2. Pancarın temizlenmesi.....	14
Şekil 2.3. Pancar bıçakları, haşlama teknesi.....	15
Şekil 2.4. Difüzyon.....	16
Şekil 2.5. Kireç ocağı	17
Şekil 2.6. Kireçleme ünitesi	18
Şekil 2.7. Şerbetin koyulaşması.....	18
Şekil 2.8 Kristal şekerin rafineri işlemleri.....	19
Şekil 2.9 Şeker kurutma ünitesi.....	20
Şekil 2.10 Pancar giriş iş akım şeması	32
Şekil 3.1. Thermo dionex ultimate 3000, HPLC/UV	38
Şekil 3.2. Shimadzu TOC-L analizör	39
Şekil 3.3. OZ-10G ozon jeneratörü ve oksidasyon sistemi	40
Şekil 4.1. Thermo Dionex Ultimate 3000, HPLC/UV sisteminde asetik asit için elde edilen standart kromatogram	41
Şekil 4.2. Thermo Dionex Ultimate 3000, HPLC/UV sisteminde butirik asit için elde edilen standart kromatogram	41
Şekil 4.3. Thermo Dionex Ultimate 3000, HPLC/UV sisteminde propiyonik asit için elde edilen standart kromatogram.....	42
Şekil 4.4. Asetik asit kalibrasyon grafiği.....	42
Şekil 4.5. Butirik asit kalibrasyon grafiği.....	43
Şekil 4.6. Propiyonik asit kalibrasyon grafiği	43
Şekil 4.7. Pancar yıkama suyu numunelerinde KOİ ve pH değişimi (2021 yılı-Ekim Kasım Sezonu) 44	
Şekil 4.8. Asetik asit ve KOİ konsantrasyon değişimi (2021 yılı-Ekim Kasım sezonu).....	45
Şekil 4.9. Butirik asit ve KOİ konsantrasyon değişimi (2021 yılı-Ekim Kasım sezonu).....	45
Şekil 4.10. Propiyonik asit ve KOİ konsantrasyon değişimi (2021 yılı-Ekim Kasım sezonu).....	46
Şekil 4.11. Organik asit konsantrasyon ve pH değişimi (2021 yılı-Ekim Kasım sezonu)	46
Şekil 4.12. Oksidasyon proseslerinin TOK giderim verimine etkisi (C0=3145 mg/L, süre: 30 dk)	47
Şekil 4.13. O ₃ /H ₂ O ₂ prosesinin numune bulanıklığına etkisi	48

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 2.1. Koku yapan bazı kimyasallar (Kaynak Yuwono ve Lammers, 2004).....	24
Çizelge 2.2. Şeker üretim sanayi atıksu deşarj limitleri (SKKY, 2004, Tablo 5.11.a).....	33
Çizelge 3.1 Tez çalışmasında kullanılan kimyasal maddeler	36
Çizelge 3.2. Organik asitlerin fizikokimyasal özellikleri (Kim ve ark., 2017)	38



1. GİRİŞ

Şeker üretim prosesi karakteristik kokusuyla bilinmektedir. Kokunun şeker kalitesi üzerinde ve çevreye olumsuz etkisi olmaktadır. Türkiye’de bulunan şeker fabrikaları şehirleşmenin ortasında kalmıştır. Örneğin; Konya, Eskişehir, Ankara Şeker Fabrikaları şehirlerin merkezindedir. Bu sebeple şeker fabrikaları kaynaklı kötü koku çevreye rahatsızlık vermektedir. Kötü koku kaynaklı problemlerin çözülmesi için kokunun yapısı ve kaynağının bilinmesi gerekmektedir. Pancar kalitesi, pancar sevkiyat şartları, pancarın fiziksel şartları, mikroorganizma faaliyetleri, fabrika proses aşamasından kaynaklı birçok kötü koku faktörü bulunmaktadır. Kötü koku yapısına bakıldığında; toprak, ot, çürümüş ve ekşi olarak ifade edilmektedir (Duffault ve ark., 2004).

Dünyada şeker farklı hammaddelerden elde edilmektedir. Pancar ve kamıştan üretildiği gibi genetiği değiştirilmiş organizma (GDO) ürünlerinin bir parçası olan mısırdan da şurup elde edilmektedir. Türkiye’de üretilen şekerin %20’si direkt olarak tüketilmekte, %80’i içeceklerde, şekerleme grubunda, unlu mamullerde, gıda ürünlerinde ve gıda dışı ürünlerde kullanılmaktadır (TUİK, 2020).

Kötü koku kaynakları üzerinde yapılan çalışmalarda farklı bileşiklerden (geosmin, uçucu yağ asit, aldehit, metil izoborneol ve pirazin vb.) bahsedilmektedir. Ayrıca bileşenlerin dışında emisyon kaynaklı kötü kokular da oluşmaktadır. Pancar yıkama suları defalarca kullanıldığı için zamanla kötü kokuya sebep vermektedir. Yıkama suları kötü kokuya sebep verdiği gibi ürünün pH, mikrobiyoloji gibi unsurlarını etkilemektedir. Bununla beraber proses kaynaklı kokular da etken sebeplerdendir. Küspe kurutma ünitesinde ürünün kurutulması esnasında da koku oluşumu söz konusudur.

Kokuyu belirlemek için farklı analiz yöntemleri mevcuttur. Bunlar; elektronik sensörler, Analitik (GC (Gaz Kromatografisi) /MS (Kütle Spektrometresi), HPLC/UV gibi), olfaktometre analizleridir. Türkiye’de kabul gören analiz yöntemi olfaktometredir.

Literatürde pancar şekerinden kaynaklı kokuların belirlenmesi ve giderilmesine ilişkin az sayıda çalışma bulunmaktadır. Fabrika sahasında bulunan ya da farklı lokasyonlarda pancar yığın halinde depolanmaktadır. Bu yığma hava verilerek sirkülasyon sağlandığında yığmada içinde çürüme olmayacağı için kötü koku oluşmayacağı ön görülmektedir. Yöntem olarak gözenekli emici adsorbent veya aktif karbon kullanılması kokuyu gidermektedir (Duffault ve ark., 2004).

SPRI (Sugar Processing Research Institute), şeker sektöründe ozon (O₃) uygulamaları üzerine araştırmalar ve denemeler yapmaktadır. O₃'ün FDA (Food and Drug Administration) tarafından, GRAS (Generally Recognized As Safe) olarak kategorize edilmesi gıda sanayinde kullanılmasının sağlamıştır.

Dünya'da pancar şekerini üretiminde proses kaynaklı kötü kokuyu gidermek için yapılmış çalışmalar laboratuvar ölçeklidir. Yapılan literatür araştırmasında gerçek ölçekli bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma üç temel adımda gerçekleştirilmiştir. İlk adımda pancardan şeker üreten ve pilot olarak seçilen fabrikada kokuya sebep olan kaynaklar tanımlanmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında kokuya neden olan faktörlerden biri olan pancar yıkama suyunda koku yapan bazı kimyasallar belirlenmiştir. Üçüncü aşamada pancar yıkama suyunun arıtımı için O₃ bazlı oksidasyon yöntemlerinin etkinliği araştırılmıştır. Oksidasyon yönteminden önce suyun pH, KOİ ve TOK ölçümleri yapılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Şekerin Tarihi

Türkiye'de şeker sanayisinin temeli Osmanlı döneminde atılmıştır. Cumhuriyet döneminde ise Uşaklı Molla Ömeroğlu Nuri tarafından devam etmiştir. 1923 yılında 600 bin lira toplayan Uşaklı Nuri Efendi Uşak Terakki Ziraat A.Ş.'yi arkadaşlarıyla kurmuştur. 1925 yılında Uşak Terakki Ziraat A.Ş. şimdiki ismiyle Uşak Şeker üretime başlamıştır ve bu üretimle ülkemizdeki ilk şeker fabrikası unvanını almıştır. 1925 yılında banka, resmi daire ve özel şahıslarla İstanbul ve Trakya Şeker Fabrikaları kurulmuştur. Akabinde 1933 yılında Eskişehir Şeker Fabrikası, 1934 yılında Turhal'da Şeker Fabrikaları kurulmuştur. 1934 yılında kurulan Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. faaliyet gösteren dört fabrika için teknik ve mali dayanışma amacıyla kurulmuştur.

Ülkemizin şeker ihtiyacını temin etmek için 1977'de Afyon, 1982'de Muş ve Ilgın, 1983'te Bor, 1984'te Ağrı ve 1985 yılında da Elbistan Şeker devreye alınmıştır. 1989 yılında Erciş, Ereğli ve Çarşamba Şeker Fabrikaları, 1991 yılında Çorum, 1993 yılında Kars, 1998 yılında Yozgat ve 2001 yılında ise Kırşehir Şeker Fabrikaları açılmıştır (Türk Şeker, 2019).

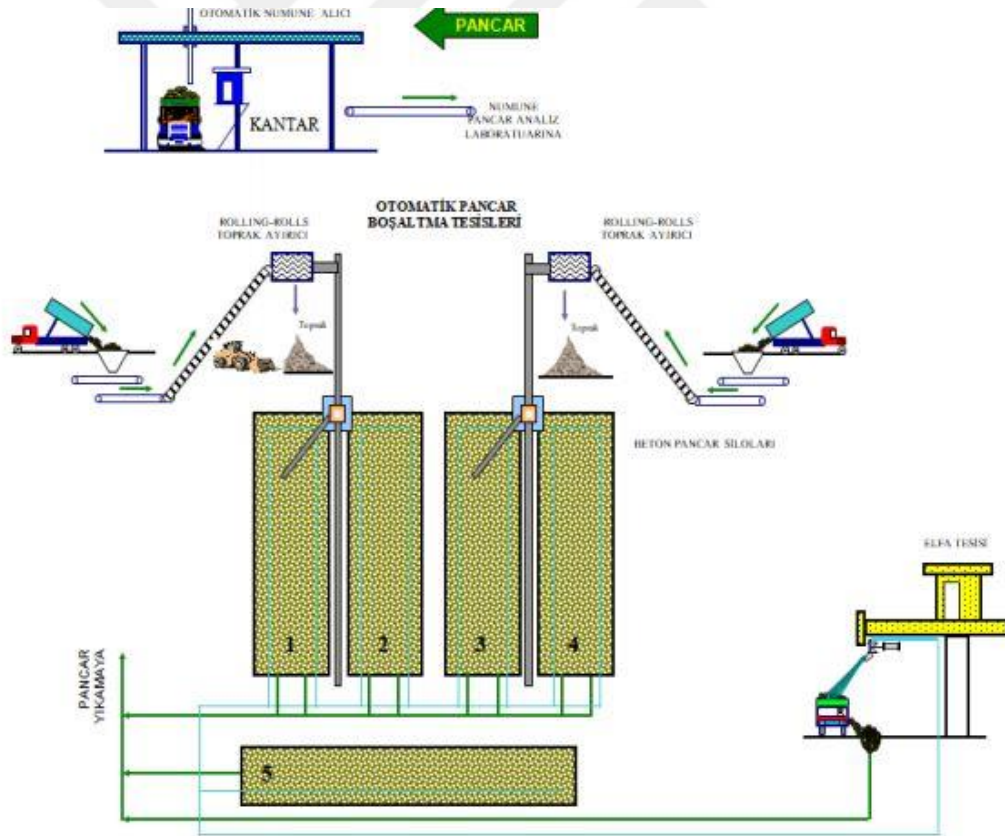
2.2. Şeker Üretim Prosesi

Mart sonu ekilen şeker pancarı, yılın belli aylarında sökülür. Pancar sökümü sözleşmeli ekim yapan çiftçilere fabrika tarafından yönlendirilerek gerçekleşir. Söküm genellikle Eylül-Kasım ayları arasında yapılır. Söküm yapılan pancar işletme tarafından

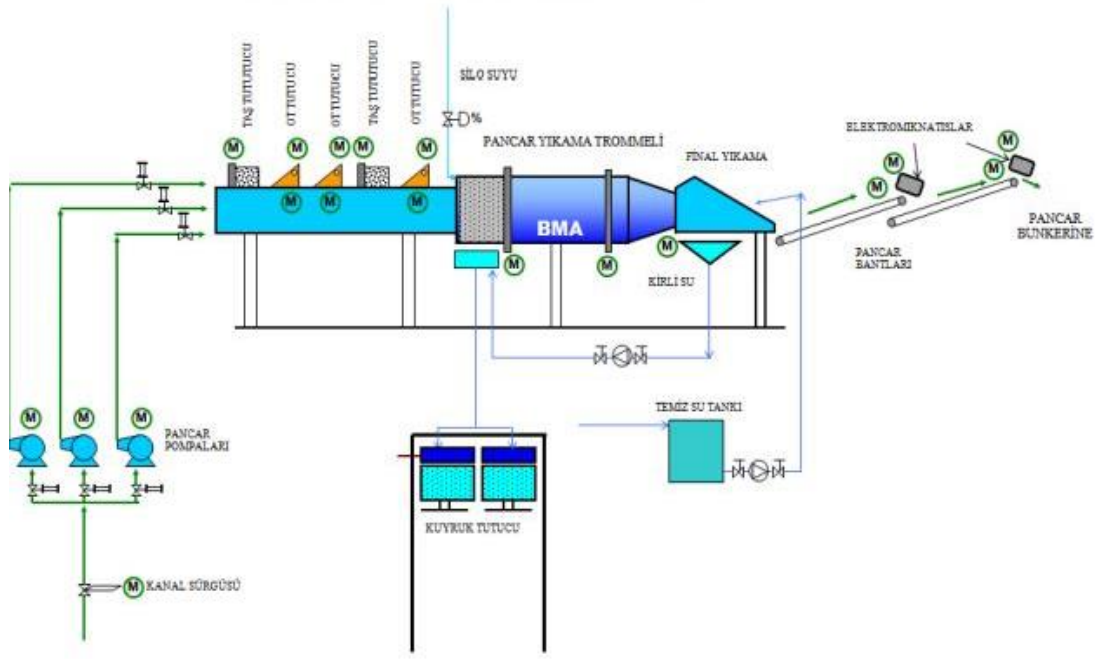
yapılan organizasyona göre fabrikaya, ya da belirli noktalarda bulunan boşaltma istasyonlarına gönderilerek silo yapılması sağlanır.

Fabrikaya gönderilen pancarlar işlenmek üzere çeşitli vasıtalarla taşınır. Fabrikaya ulaşan araçlar ilk önce kantar daha sonra analiz laboratuvarına numune vermek için sıraya girer. Buradan çıkan araçlar meydan biriminin yönlendirmesi doğrultusunda Şekil 2.1’de gösterildiği gibi günlük işletmeye veya fabrikada bulunan silolara pancarın boşaltılması gerçekleşir.

Günlük işletmeye yönlendirilen pancarlar fabrika sahasındaki konveyör yardımıyla pancarın yüzeyinde bulunan toprakların alınması için toprak ayırıcı sisteminden geçirilir. Daha sonra pancar yıkama bölümüne gönderilir. Yıkama bölümünde pancar, Şekil 2.2’de görüldüğü üzere sırasıyla taş-ot-ot-taş-ot tutuculardan geçirilerek taştan ve ottan temizlenir.

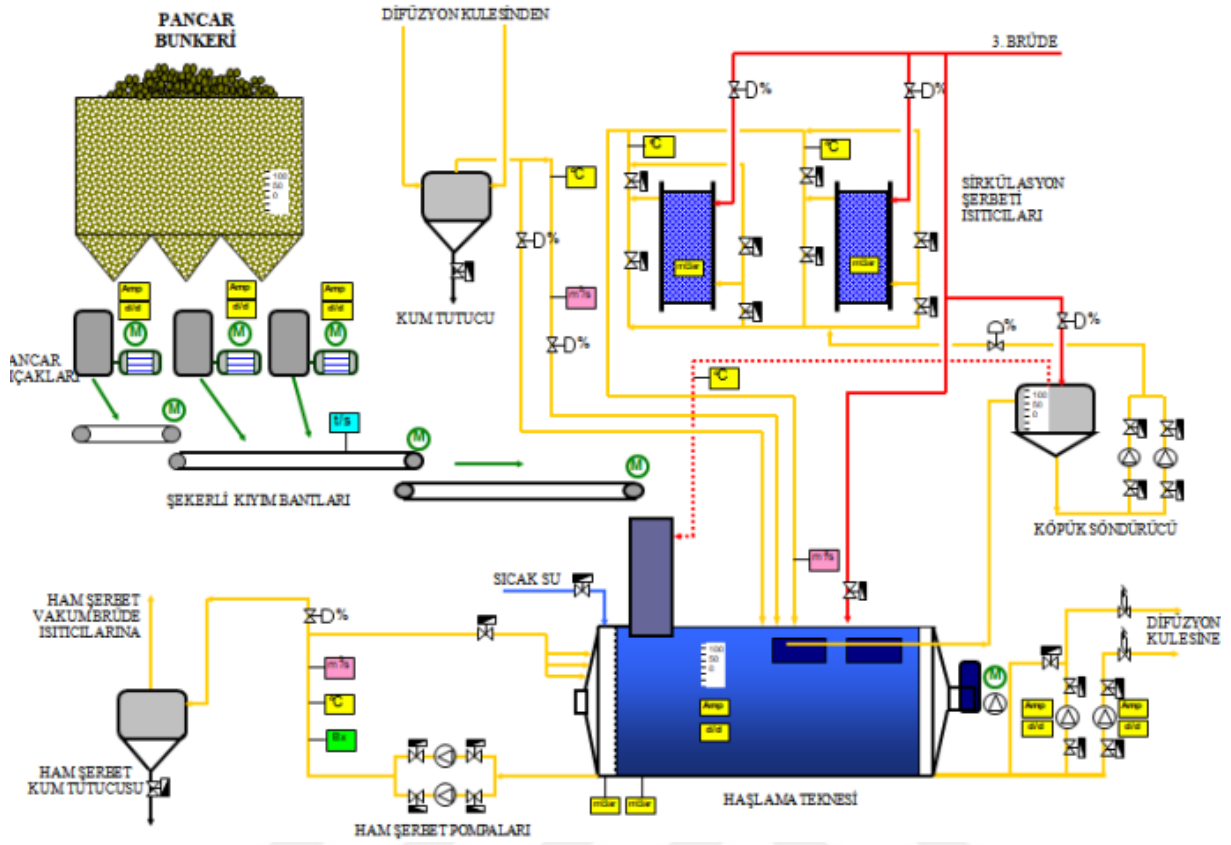


Şekil 2.1. Pancar meydan işleri



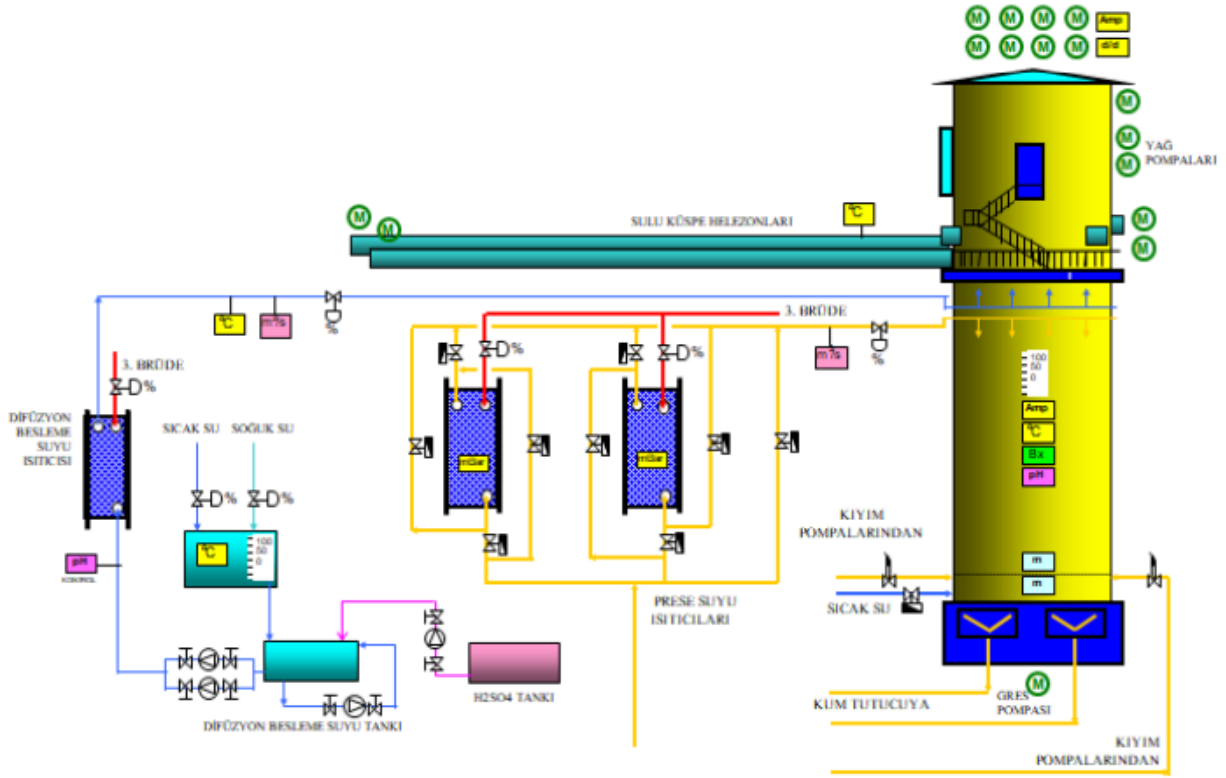
Şekil 2.2. Pancarın temizlenmesi

Taş ve kısmen topraktan ayrılan pancar; kalan toprağı temizlemek için döner tromelde 15 dakika yıkanır. Tromelde bulunan dubalar çamur, kum ve yabancı maddelerin daha iyi temizlenmesini sağlar. Tromelden çıkan pancarlar sarsak elekten geçirilerek kırılan pancarların bıçaklara gitmesi engellenir ve pancarın durulanması sağlanır. Yıkama işlemi; ön yıkama, esas yıkama ve durulamayı içerir. Pancar ve yıkama suyu ayrıldıktan sonra yıkama suyu içerisinde bulunan kumların tutulması için kum tutuculardan geçer. Böylece kullanılan ekipmanların ve boru hattının zarar görmesi engellenir. Daha sonra yıkama suyu seperatörlerden geçirilir. Buradaki amaç yıkama suyuna kaçan pancar kırıntılarının tutulmasıdır. Bu işlemden sonra yıkama suyu çöktürme havuzuna gönderilir. Şekil 2.3'te pancar bıçakları ve haşlama teknesi görülmektedir.



Şekil 2.3. Pancar bıçakları, haşlama teknesi

Temizlenen pancar konveyör bantlar yardımıyla bunkere aktarılır. Bantların üzerinde bulunan mıknatıslar metal gibi yabancı maddelerin ayrıştırılması görevini görmektedir. Pancar bunkere gelen pancarlar tırtıklı çips şeklinde kıyılır. Daha sonra Şekil 2.3'te yer alan haşlama teknesine aktarılır.

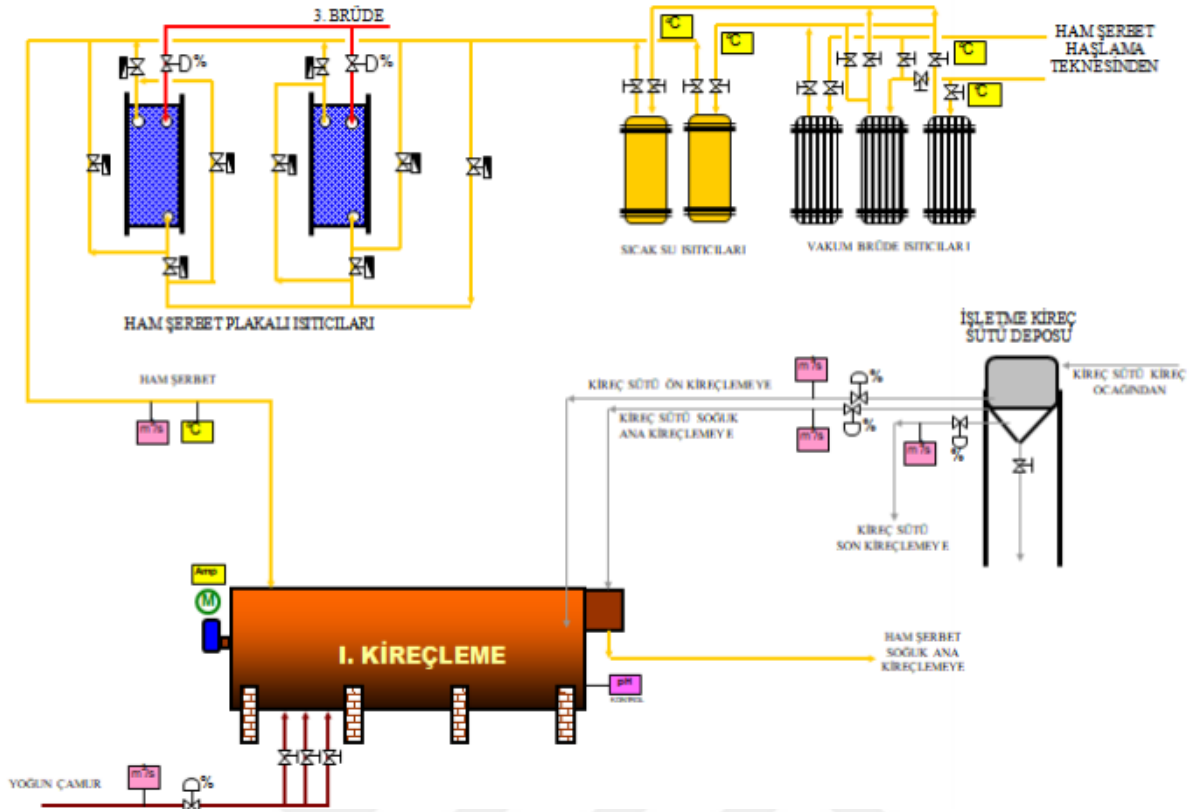


Şekil 2.4. Difüzyon

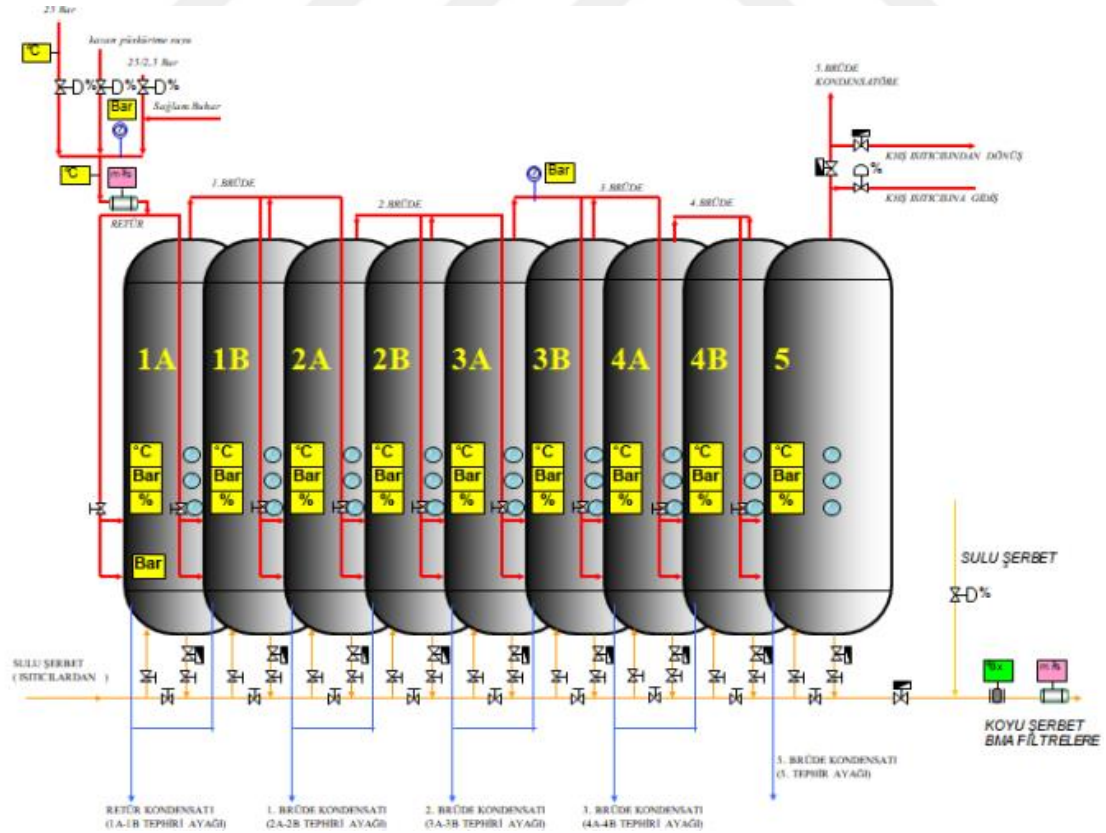
Pancar bıçaklarından geçen cipsler silindirik bir kazan olan haşlama teknesine aktarılır. Burada pancar cipsleri karıştırılır ve ısıtılır. Bu proste amaç kule içindeki sıcaklığın optimal difüzyon sıcaklığı olan 70-72 °C'ye çıkartılması, pancar cipslerin hücrelerinin parçalanması ve bu sayede pompalar vasıtasıyla basılmasını sağlamaktır.

Haşlama bölümünden işlem gören pancar, pompalar vasıtasıyla kule difüzyon bölümüne basılmaktadır. Kule fabrikaların kapasitesine göre 15-25 m yükseklik ve 3,30-5,20 m çaplı dikey silindirik bir yapıya sahip bir sistemdir (Şekil 2.4).

Şeker üretim prosesinde şeker pancarından ham şerbet elde etmek için difüzörler ters akım prensibine göre çalışmaktadır. Kullanılan su 70-80°C civarında sıcaklıkta olmalıdır ki bu hücre içinde yer alan kofulların denatüre olmasını sağlayarak difüzyon hızını artırmalıdır. En önemli faktör ise difüzörün içerisindeki pH'dır. En uygun çalışma pH'sı 5-6 civarındadır. Difüzörlerde ters akım prensibine bağlı olarak su ile şeker ekstraksiyonu bu aşamada gerçekleşir. Ekstraksiyon işlemi gerçekleşen sulu şerbet ve dönen kanatlar aracılığıyla pancar kıyımları kulenin alt kısmından tepesine doğru, ham şerbet ise kulenin alt bölümlerine doğru ilerler. Kulenin üst kısmından artık şekeri alınan posa helezonlar aracılığı ile preslere gönderilir. Bu işlem yaklaşık 60 ila 75 dakika sürmektedir.



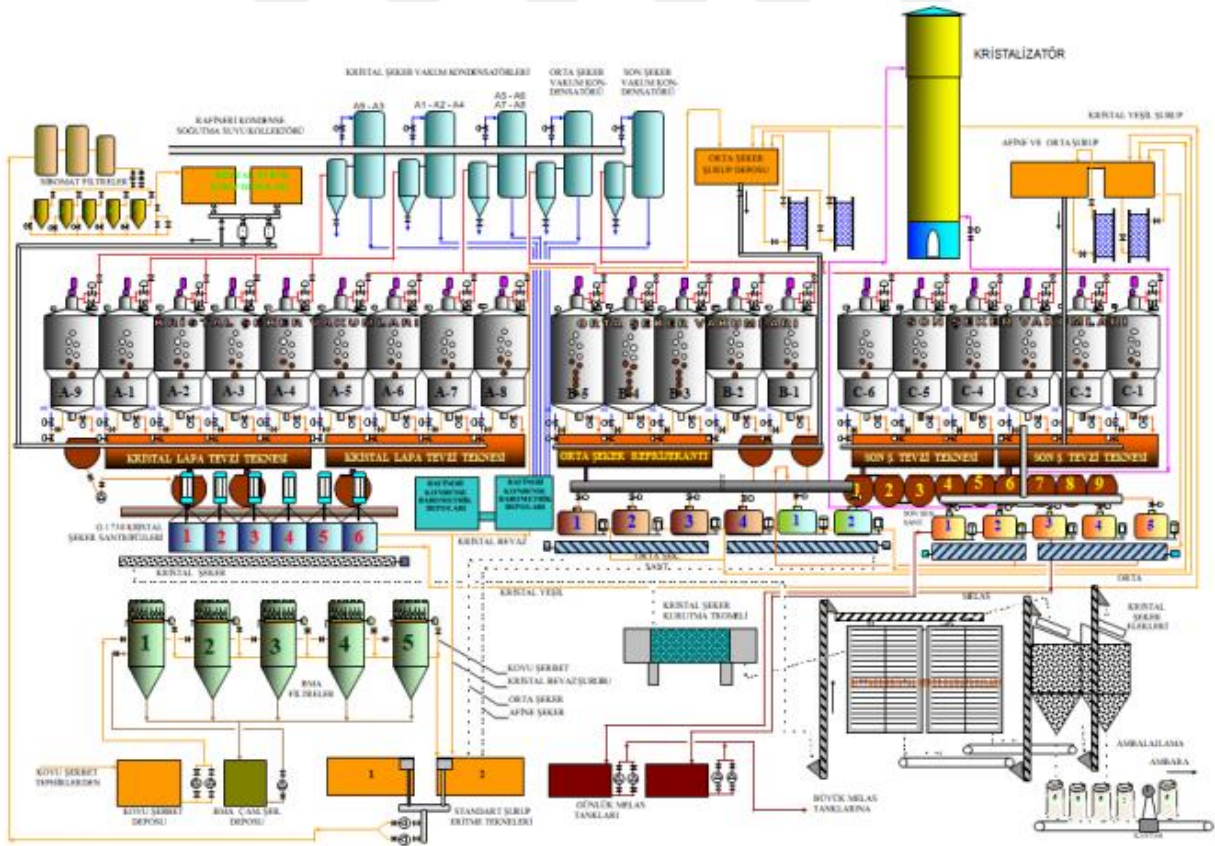
Şekil 2.6. Kireçleme ünitesi



Şekil 2.7. Şerbetin koyulaşması

Sulu şerbet arıtım işlemlerinden sonra buharlaştırıcıya alttan girer, buhar kamarası içinden geçerek kademli buharlaştırıcılara ile koyu şerbet halini alana kadar buharlı ısıtma işlemi yapılır (Şekil 2.7). Koyu şerbetin süzülmesi ve pişirilmesi sonucunda doygun bir çözelti elde edilir bu çözeltiye brix denilmektedir. Koyu şerbetin brix %60-65, koyu sarı, yoğun bir şeker çözeltisidir. Bu aşamadan sonra rafineri birimine gönderilir.

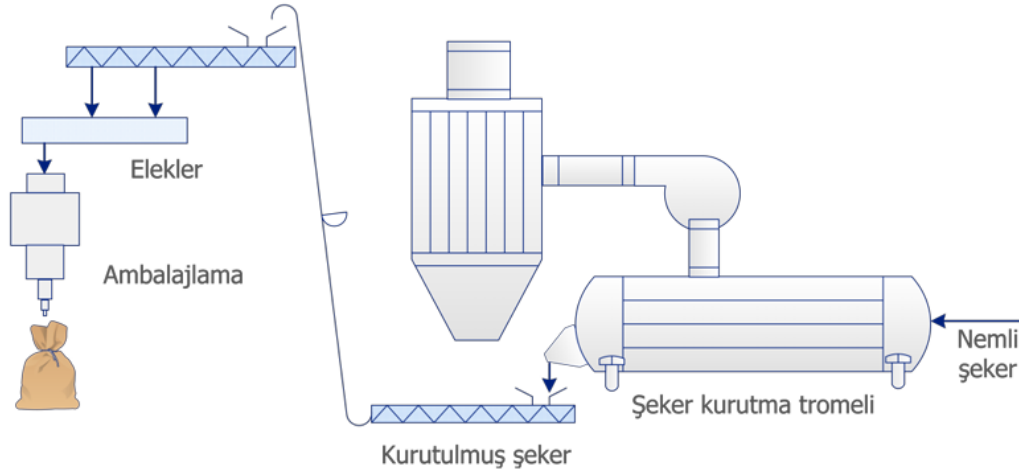
Koyu şerbet basınçlı filtreler kullanılmaktadır. Filtrenin amacı basınç altında temiz ve kirli şerbet olarak ayrılmasıdır. Ayrılan şerbet daha sonra kristalizasyon işlemine tabi tutulur. Kristalizasyon işlemi; vakum altında çalışan ve bir buharla ısıtılan, dikey kazanlarda yapılır. Burdaki amaç şerbeti brixine göre koyulaştırmaktır. Koyulaşan şuruba şeker mayası verilir. Mayanın verilme amacı kristal tanelerin oluşması ve koyulaştırmaya devam edilerek bu taneler büyütülmesidir. Bu esnada çözeltinin bir kısmı kristallenmeye başlarken bir kısmı da çözelti halinde kalır ve bu karışıma "*lapa*" adı verilir. Uygun viskoziteye getirmek için lapa yavaş bir şekilde karıştırılarak soğutma işlemine tabi tutulur. Lapa 40-45 °C'ye gelen lapa santrifüjlerde 800-1000 dev/dk hıza sahip ekipman ile şurup ve kristal şeker formlarında birbirinden ayrılır. Şekil 2.8. rafineri birimine ait işlemler yer almaktadır.



Şekil 2.8. Kristal şekerin rafineri işlemleri

Santrifüjlerden çıkan şeker nemli olduğu için şeker kurutma ünitesine gönderilir. Trome de sıcak hava ile kurutulan şekerler bunkere gider (Şekil 2.9).

Türk Standartları Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu limitlere uygun üretilen şeker ambalajlama ünitesinde 25, 50 veya 1000 kg'lık ambalajlar ya da dökme olarak piyasaya sürülür.



Şekil 2.9. Şeker kurutma ünitesi

Şeker fabrikalarında genellikle kömürlü buhar kazanı kullanılmaktadır. Numune alınan fabrikada ise hem doğalgaz hem de kömürlü kazan kullanılmaktadır. Üretilen buhar yüksek basınçlı ve miktarlı olduğu için üretime gönderilmeden önce türbinlerden geçmektedir. Türbinlerden geçen buhar elektrik enerji üretilerek fabrikanın dışardan elektrik almasının önüne geçmektedir. Bu sayede fabrikaya kazanç sağlamış olmakta ve fabrika ihtiyacı kadar dışardan elektrik alınması engellediği için ekstra çevreye verilen karbon salınımı engellenmektedir.

Şeker fabrikalarında atık minimum seviyede çıkmaktadır. Yan ürün olarak pancar posası hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Posanın iki tür satışı yapılmaktadır. İlki 1200 kg ambalajlar halinde verilmekte. İkincisi işe kuru küspe olarak satışı gerçekleştirilmektedir.

Kuru küspe işlemi pancar posası döner fırınlarda kurutulurken kuru madde oranı belirli bir orana getirilen küspe daha sonra peletleme ünitesine gönderilmektedir. Pelet yapıldıktan sonra belirli gramajlarda ambalajlanarak satışa hazır hale getirilmektedir. Peletlenmiş kuru küspe özellikle besin değeri yüksek olduğu için hayvancılıkta tercih edilmektedir.

2.3. Koku Tanımı

Havada çözülmüş halde farklı konsantrasyonlarda bulunan moleküller koku alma duyusuyla hissedilir. Uçucu organik asitler, sülfür bileşenleri ve azot bileşenler gibi koku alma duygusunu uyararak hissetmemize sağlar.

Koku hissiyatı, insan burnunda bulunan epitel dokuda yer alan 10 - 25 milyon sayılarında olan olfaktori hücrelerinin uyarılmasıyla oluşmaktadır. 2,5 cm²'lik bir yüzey alanı kaplayan ve burun boşluğunun üst kısmında yer alan bölgeye 'Sarı bölge' olarak adlandırılmaktadır. Burundan çekilen hava burun kılları ve burunda bulunan salgılar sayesinde hava bulunan mikrop ve toz gibi partikülleri tutmaktadır. Daha sonra hava olfaktometri hücrelerine sahip olan mikro ölçekli tüyler titretilmektedir. Bu sayede kokuyu hissetmekteyiz.

Havanın burundan geçiş hızı arttığında, olfaktori bölgeye kolay bir şekilde ulaşmaktadır. Bu da koku daha net bir şekilde algılanmaktadır. Koku miktarı, uzaklık, çevresel faktörler (sıcaklık, rüzgar gibi), moleküllerin su-yağda çözünmesi, yaş, sağlık durumu ve çevre alanlara etkisi kokuyu algılama için etkileyen faktörlerdir. Olfaktometrik sinir sistemine gelen uyarılar beyne gitmektedir. Beyinde eşik seviyesine gelmesi durumunda koku alma bölgesi uyarı verir ve koku alma durumu gerçekleşmektedir.

Kokunun algılanabilmesi için koku bölgesinde bulunan epitel yapının yüzeyindeki küçük ölçekli tüylerin uyarılmasıyla oluşmaktadır. Küçük ölçekli tüylerde bulunan mikrovililer koku konsantrasyonlarının birbirine etkileşim içine girmesi sonucu koku hücrelerinin uyarılmasıyla oluşmaktadır (Mahin, 2004).

Bileşenlerin suda ve yağda çözünür olması kokunun daha iyi algılanması sağlar. Beyinde kokunun algılandığı bölgeler limbik ve kortektir. Koku molekülleri limbik bölgede algılanır, algılanın sonucunda karakterize edilmektedir. Karakterize edilen koku korteks bölgedeki çağrışımlar sonucu algılanmaktadır. Bu şekilde kişi kokuyu tanımlayabilmektedir (Akmırza, 2012).

Koku kirliliği çevresel bir problem olarak günümüzde karşımıza çıkmaktadır. Sanayileşmenin artması ile ortaya çıkan emisyonlar, gürültü, koku gibi olumsuzlukların insanların temiz bir çevre ihtiyacının artması nedeniyle önem kazanmaktadır. Bulduğumuz veya yaşadığımız ortamın kalitesi için koku kirliliği probleminin giderilmesi gerekmektedir. Koku kirliliği probleminin giderilmesinde koku emisyonlarının dağılımı, konsantrasyonunu ve kaynağını bulmak ve azaltma yöntemlerini belirlemek gerekir.

2.3.1. Koku Parametresi

Koku tespiti subjektif ve objektif olarak yapılmaktadır. Koku yoğunluğu, koku tonu ve koku rahatsızlığı bireyler üzerinde farklı etki yaratabildiği için subjektif olarak tespit edilebilmektedir. Kokunun konsantrasyonu, kalıcılığı ve karakterinin ise objektif olarak tespiti yapılabilmektedir (Mahin, 2004; Gostelow ve ark., 2000).

2.3.2. Koku Konsantrasyonu

Koku tayini yapılan bölgede temiz hava yardımıyla koku eşik seviyesine kadar seyredilir. Daha sonra koku tayin edilmesi sonucu koku konsantrasyonu bulunmaktadır. Eşik seviyesine kadar seyredilen gaz miktarının, gazı seyreltmek için kullanılan hava miktarına oranı kokunun konsantrasyonunu göstermektedir.

Ülkemizde 2013 yılı itibariyle yürürlüğe giren “Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Yönetmeliği’ne göre ise koku konsantrasyonu; birim m³ hacimdeki koku birimi (KB) cinsinden KB/m³ olarak verilen ve standart koşullardaki 1 m³ gaz içinde kaç adet KB bulunduğunu gösteren birim olarak ifade edilmektedir (KOEKHY, 2013).

Koku birimi standart koşullarda 1 m³ hava içine buharlaştırılır daha sonra buharlaştırılan hava karıştırıldığında panelistin algılama eşiğindeki fizyolojik tepkisinin, aynı koşullarda bir birimlik Avrupa referans koku kütlesinin yine 1 m³ nötral hava içine buharlaştırılarak karıştırıldığında verdiği tepkiye eşit olması beklenir.

2.3.3. Koku Yoğunluğu

Koku yoğunluğu, duyuşal algının boyut olarak, koku hissinin algılanan gücüne veya büyüklüğüne karşılık gelmektedir. Yoğunluk, kokunun büyüklüğünü (kuvvetinin) nasıl algıladığıdır. Bir koku kişi tarafından "koku yok", "çok zayıf" ve "koku var" olarak kategori edilerek açıklanmaktadır.

Konsantrasyon ve yoğunluk birbirleriyle ilişkilidir. Hissedilen koku yoğunluğu, koku konsantrasyonunun artması ile artmaktadır.

Yoğunluk ile konsantrasyon ilişkisi Weber Fechner (2.1) ve Steven (2.2) kanunları ile açıklanmaktadır.

Weber-Fechner kanunu: $I = a \log C + b$ (2.1)

Steven's kanunu: $I = k C^n$ (2.2)

I: yoğunluk,

C: koku veren maddenin konsantrasyon,

a, b, k ve n: sabitler

Subjektif skala kullanıldığında Weber-Fechner kanunu, referans skala kullanıldığında Steven's kanunu geçerlidir. Bunun nedeni daha iyi sonuçlar alınmasıdır (Gostelow ve ark., 2001).

2.3.4. Kokunun Hedonik Tonu

Kokunun hedonik tonu, kokunun kişide yaratmış olduğu etkidir. Kişinin algılamış olduğu kokunun memnuniyet hissine bağlıdır. Kişi, memnuniyet durumuna göre kokudan rahatsızlık duyabilmektedir. Kokular hedonik tona göre; hoş ve kötü kokular olmak üzere ikiye ayrılırlar. Güzel kokular kişiye yoğun konsantrasyonda bile rahatsızlık vermezken, kötü kokular düşük konsantrasyonlarda dahi rahatsız edici etki yaratabilir. Koku hedonik tonu; kokuya maruz kalma zamanı, konumu, bireyin tecrübesi, kokunun yoğunluğu gibi birçok etkene göre değişmektedir (Mahin, 2004).

Kokunun hedonik tonu skala şeklinde belirlenmektedir. Kötü kokular için negatif değerler, güzel kokular için pozitif değerler içeren skala kullanılmaktadır. Hedonik ton skalası -4;+4 veya -3;+3 şeklindedir.

2.3.5. Kokunun Karakteri

Koku belirlenirken kokunun karakterize edilmesi de büyük önem taşımaktadır. Kokuya sebep olan maddeler hedonik tonları, rahatsızlık etkileri ve psikolojik etkilerine göre karakterize edilmektedirler (Stuetz vd., 2001).

Kişinin yaşı kokunun algılanması, tanımlanması ve karakterize edilmesinde önemlidir. Kişi yaşlandıkça kokuyu algılaması ve karakterize etmesi azalmaktadır (Bliss ve ark., 1996). Koku karakterizasyonunu etkileyen bir diğer faktör kokunun gücüdür. Kokunun zayıf veya kuvvetli olarak hissedilmesidir. Koku yapan kimyasalların koku tonları ve formülleri Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Koku yapan bazı kimyasallar (Kaynak Yuwono ve Lammers, 2004)

Kimyasal	Formül	Koku
Asetaldehit	CH ₃ CHO	Keskin kokulu, nahoş
Amonyak	NH ₃	Keskin kokulu, nahoş
Bütirik asit	CH ₃ CH ₂ CH ₂ COOH	Ekşimiş
Dietil sülfür	C ₂ H ₅ C ₅ H ₅ S	Sarımsak kokusu
Dimetil amin	CH ₃ CH ₃ NH	Balıksı
Etil merkaptan	C ₂ H ₅ SH	Çürük lahana
Formaldehit	HCHO	Keskin kokulu, nahoş
Hidrojen sülfür	H ₂ S	Çürük yumurta
Propil merkaptan	C ₃ H ₇ SH	Nahoş
Sülfür dioksit	SO ₂	Keskin kokulu/nahoş
Asetik asit	CH ₃ COOH	Keskin koku, Ekşi tat
Propiyonik asit	C ₃ H ₆ O ₂	Keskin kokulu/nahoş

2.4. Koku Ölçüm Metotları

Ortamdaki koku sorununu anlamak (kokuların kaynağı, koku seviyeleri, koku kaynaklarının yönetimi, temiz üretim ve azaltma yöntemleri dahil) koku kirliliği kontrolü için çok önemlidir (Hu ve ark., 2020). Kokuya sebep olan emisyonların nicel ve nitel karakterizasyonu doğrudan veya dolaylı yöntemlerle yapılabilmektedir.

Duyusal teknikler, ölçümlerde insanların görev aldığı ve kokunun konsantrasyonunun insanların verdiği tepkiler doğrultusunda ölçülmektedir. Kötü koku rahatsızlık verme durumuna göre insanların koku alma hissi ile doğrudan bağlantılıdır. Analitik yöntemlerde ise koku numunesinin içeriği kokuya sebep olan bileşik veya bileşikler tespit edilmektedir.

Koku düzeylerinin belirlenmesi için, insanların panelist olarak görev aldığı duyusal teknikler veya mekanik cihazlara dayanan analitik metodolojiler kullanılabilir. Duyusal teknikler dinamik olfaktometri, saha örnekleme ve bölgede yaşayan insanların görüşleri olurken, analitik teknikler ise gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS), HPLC/UV, spesifik bileşiklerin tanımlanması ve elektronik burun gibi yöntemlerdir (Conti, 2020).

Koku ölçüm yöntemleri 3 yöntemi vardır. Bunlar:

- Elektronik Sensörler
- Analitik Teknikler
- Olfaktometre

2.4.1. Elektronik Sensörler

Yapılan araştırmalarda, insandaki koku alma sistemi detaylı bir şekilde araştırılmış ve bu sistemin kopyası üretilmeye çalışılmıştır. İnsanlarda bulunan koku alma bölgesi olan burun yapılan araştırmalara örnek alınmış ve geliştirilen bu cihazlara "elektronik burun" denilmiştir. Laboratuvar ortamında geliştirilen cihaz, bir gaz sensörü dizisi, bir otomatik sıvı taşıma hattı, bir mikrodenetleyici kartı ve koku numunelerinin kalitatif ve kantitatif analizini yapmak üzere tasarlanan yazılım işleme araçlarından oluşmaktadır (Rodriguez ve ark., 2018). İnsan burnundaki koku alma bölgesinde küçük ölçekli tüylerde bulunan mikrovililer yerine, elektronik düzenek kullanılarak bir dizi kimyasal sensörler bulunmaktadır. Düzenekte bulunan sensörler her biri değişik kokuları algılayacak şekilde tasarlanmıştır.

Alicılar çevreden topladıkları sinyalleri, ikili kod haline dönüştürür ve alıcı merkezi olan bilgisayara iletir. Buradaki yazılım insan beyni gibi davranış gösterir, sensörlerden gelen bilgileri kodlayan programlar sinyalleri yorumlar.

Elektronik burun, numunedeki kokunun kimyasal analizini yapamaz ancak cihazda tanımlı olan referans veriye göre koku alma sınıfı oluşturabilir. Elektronik burunlarla ölçüm yapılacağı zaman, ortamda bulunan kokular cihaza tanıtılarak, daha sonrasında ölçüm yapılmaktadır.

Avantajları;

- Tekrarlanabilir ölçüm yapar
- Belli kokular için hassasiyeti yüksektir (tek tip koku).
- Sürekli ölçüm yapılabilir.

Dezavantajları;

- Zamanla sensörler kirlenebilir.
- Neme karşı hassastır.
- Zamanla kalibrasyon hassasiyeti azalır.
- Farklı kokular için farklı sensörler gereklidir.
- Koku hoş/nahoş olarak değerlendirilemez.

2.4.2. Analitik Teknikler

Bir gaz karışımı içindeki bulunan bileşenlerin ayrılması ve belirlenmesinde kullanılan yöntem gaz kromatografisi denir. Gaz kromatografik yöntemin prensibi, bileşenlerin, kolondaki sabit faz ile olan yakınlıklarına göre koku karışımından ayrılmasıdır (Conti ve ark., 2020). Gaz kromatografisi, özellikle uçucu organik bileşikler ile uçucu kükürt bileşiklerinin

nicel ve nitel olarak belirlenmesi için en kesin ve güçlü bir analitik araç olarak görülmektedir (Munoz ve ark., 2010).

Gaz kromatografisi yalnız emisyon ölçümlerinde değil, gıda endüstrisinde ve birçok endüstride özellikle aroma kalitesini belirlemek için kullanılmaktadır. Her molekül tipi farklı bir ilerleme hızına sahip olduğundan, analitik karışımının çeşitli bileşenleri, kolon boyunca ilerledikçe ayrılmaktadır. Alıkonma süresine göre bileşenler kalitatif olarak tanımlanmaktadır. Daha sonra kütle spektrometresi sayesinde nicel olarak belirlenmektedirler. Bu iki tekniğin birleşimi analitlerin çok düşük konsantrasyonlarda tanımlanmasına imkân sağlamaktadır. GC-MS yönteminde koku karakterize edilemese de kokunun tek bir bileşenden ya da bileşenlerden oluşan bir karışımdan kaynaklandığının farkı tespit edilebilmektedir. Cihazın gaz kromatografisi bölümünde gerçekleşen, bir maddeyi, durgun ve hareketli sıvı fazlar arasındaki dağılıma farkına dayanarak başka maddelerden ayırma işlemi olan elüsyon işleminde zayıf kromatografik ayrılma sebebiyle problem yaşanabilmektedir. Elüsyon problemi farklı tutunma özelliklerinden dolayı iki veya daha fazla bileşik, kromatografik olarak ayrılmadığında ortaya çıkar ve hareketli fazın, sabit fazın, sıcaklığın, kolon veya düzlemin uzunluğunun değiştirilmesi ile çözülebilmektedir (Conti ve ark., 2020). Ayrıca eser düzeyde konsantrasyonlarda karmaşık kimyasalların ölçümünün daha verimli olması için, kütle spektrometre dedektörü (MSD)'nün yerine alev iyonizasyon dedektörü (FID), fotoiyonizasyon dedektörü (PID) ve elektron yakalama dedektörü (ECD) gibi dedektörler de kullanılabilir (Munoz ve ark., 2010).

2.4.3. Olfaktometre

Dinamik olfaktometri insan burnunu sensör olarak kullanan, koku ölçümü için en gelişmiş ve en yaygın kullanılan tekniktir. Olfaktometri tekniği ile ölçüm, bir hava seyreltme cihazı (olfaktometre) ve kalifiye insan değerlendiricileri (panelistler) kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Hove ve ark., 2016).

Dinamik olfaktometri tekniğinde kullanılan analiz cihazı olan olfaktometre, kokulu bir hava numunesinin koku algılama eşiğini ve hedonik tonunu ölçmek için kullanılmaktadır. Koku algılama eşiği, herhangi bir koku numunesinin panelistlerin %50'si tarafından tespit edilebilecek en düşük konsantrasyonudur, hedonik ton ise bir koku maddesinin spesifik karakteristiğini ölçen bir skaladır (Capelli ve ark., 2011).

Kokulu bileşikler farklı konsantrasyonlarda eşik seviyesine ulaşmakta ve eşik seviyesine ulaşan her koku problem oluşturmaktadır. Kokunun ölçülmesi ve değerlerin tam olarak ortaya çıkarılması için olfaktometrik yöntem kullanılmaktadır. Olfaktometrik anlamı

“olfakto” yani “koklama”dır. İnsan koku alma duyusunu kullanarak koku bölgesinde yer alan dokularla konsantrasyonu belirlemektedir. Yapılan deneylerde insan burnu kullanılacaksa deneye katılan bireyin kokuya karşı tecrübesi ve hassasiyetine göre değişkenlik göstermektedir. Bireylerin hastalık, algılama ve tanımlama kabiliyetlerinin farklı olması ölçümü etkileyen faktörlerdir. Ortamda bulunan kokunun bileşenlere bağlı olarak kötü veya iyi olarak ayrılmaktadır. İyi veya kötü eşik değerlerinin belirlenmesinde sensörler çok iyi sonuçlar vermemektedir. İyi bir sonuç için olfaktometre kullanılmaktadır.

Olfaktometre numuneyi artan konsantrasyonlarda, özel bir seyreltme yöntemi ile, panelistlerin nötr referans havadan farklı olduğunu tespit ettiği bir kokuyu algılamaya başlayana kadar, seçilen bir panele sunmaktadır. Koku konsantrasyonu daha sonra her panelistin koku eşik değerlerinin geometrik ortalamasını alarak hesaplanmaktadır. Cihazın ölçüm sonucu olarak verdiği konsantrasyon kokulu gazın seyreltme seviyesini göstermektedir. Örneğin konsantrasyonun 20 KB/m³ olarak ölçülmesi, kokulu gazın tespit eşiğine ulaşmak için 20 kez seyreltildiğini göstermektedir (Diaz ve ark., 2019). Rutin bir olfaktometri analizinde ilk aşama panelistlerin kokulu numuneyi, kokusuz hava akımından ayırt edemeyeceği kadar seyreltilmesiyle başlamaktadır. Ardından, operatör tüm panelistler kokulu ve kokusuz hava akımlarını ayırt edinceye kadar seyreltme faktörünü kademeli olarak arttırmaktadır. Koku panelinin seyreltme serisine verdiği tepkiler toplanır ve koku konsantrasyonu, çeşitli ortalama ve istatistiksel yöntemler vasıtasıyla hesaplanmaktadır (Yuwono ve Lammers, 2004).

Ölçümde daha öncesinde akredite olan panelistler ile ölçümü koordine eden bir operatör görev almaktadır (Laor ve ark., 2014). En sık kullanılan olfaktometre standardı olan EN 13725:2004'e göre ölçümün hassaslığını ve doğruluğunu yükseltmek amacıyla en az 4 panelist ile ölçüm yapılması gerekmektedir. Cihazın ölçüme yaklaşımı, panelistlerin yarısının kokuyu algılayacağını, diğer yarısının algılamayacağı seyreltme faktörünü istatistiksel olarak yansıtan bir değer sağlamayı amaçlamaktadır. Kokuya karşı insan duyarlılığı bu analizin ana unsuru olduğundan, panelistlerin seçilmesi ile ilgili kurallar tüm koku standartlarının ayrılmaz bir parçasıdır. Panelistler “normal” bir nüfusun ortalama koku algısını yansıtmalıdır. Bu nedenle panelistler genellikle referans standardı olarak n-butanol'e karşı duyarlılıklarına göre seçilmektedirler. Seçilen panelistlerin kokuya karşı duyarlılığının çok yüksek veya çok düşük olmaması gerekmektedir. Genellikle kokuya karşı hassaslığı ortalama olan panelistler ile ölçümün gerçekleştirilmesi daha sağlıklı sonuçlar vermektedir (Diaz ve ark., 2019).

Olfaktometre ölçüm cihazları, farklı ölçüm metotları ile analizi gerçekleştirebilmektedir. En sık kullanılan yöntem olan evet/hayır metodu birçok ülkede

olduğu gibi ülkemizde de koku kirliliği kontrolü için yayınlanan yönetmeliğe göre kullanılması zorunlu metottur. Evet/hayır metodunda kokulu numune cihaz tarafından farklı oranlarda seyreltilerek, koklama portlarının yönetici panelist tarafından seçilen bir tanesinden paneliste sunulmaktadır. Kokulu havayı koklayan panelist cihazın belirlediği sürede koku alıp almama durumuna göre evet veya hayır seçeneklerinden birini seçmektedir. Panelistlerin verdiği cevaplara bağlı olarak kokunun konsantrasyonu belirlenmektedir. Bir diğer sık kullanılan metot olan triangular (üçlü seçim) metodunda ise kokulu numune bir porttan paneliste sunulurken, diğer iki porttan kokusuz hava sunulmaktadır. Panelist yine cihazın belirlediği sürede, bu sefer cevap olarak koku aldığı portu seçmektedir (Damuchali ve Guo, 2019).

Koku ölçümleri için öncelikli panel lideri olması gerekir. Panel liderinin görevi panelistlere komutlar verir, olfaktometriyi kontrol eder, ölçüm protokolünü ve ölçüm sonuçlarını doldurur. Ölçüm esnasında panelistlerin etkilenmemesi için konuşmaların minimum seviyede olması gerekmektedir. Panelistlerin sağlık problemi olması durumunda (grip, soğuk algınlığı gibi) koku alamayan panelistler, ölçümlerin sonucunu etkileyeceği için ölçüme alınmamalıdır. Ölçüm yapılacak ortamda mutlaka kokusuz ve nötr hava olmalıdır. Numune çeşitleri çok olduğu göz önünde bulundurulduğunda bazı numuneler sağlık açısından zararlı olacağı belirtilmelidir. Maksimum iş ortamı konsantrasyonu, eşik limit değerleri – threshold limit values rehber olarak kullanılabilir. Dikkat edilmesi gereken noktalar:

- Ölçüm planlanmasında koku alma süresi 15 dk olmalıdır. 30 dk'yı geçmemelidir. Ölçüm periyotlar arası dinlenme verilmelidir
- Uzun dinlenme aralarında panelistlerin olfaktometre odası dışında sigara içmelerine izin verilebilir.
- Yemek yendikten sonra ölçüme başlamadan önce en az 30 dk'lık bir dinlenme süresi verilmelidir.
- Mümkün olduğunca panelistlerin dış etmenler tarafından rahatsız edilmemesi sağlanmalıdır.
- Ölçümler oda sıcaklığında ve normal nem koşullarında yapılmalıdır.
- Ölçümün yapılacağı günde panelistler ve panel lideri parfüm, kokulu kozmetik ürünleri, deodorant, vb. şeyler kullanmamalıdır.

2.5. Şeker Fabrikasında Kötü Kokuya Sebep Olan Maddeler

Şeker fabrikasında kokuya sebep olan birçok faktör vardır. Bunlar; pancar kalitesi, kötü silolama koşulları, mikrobiyolojik faaliyetler, pişirmede ürünün yanması, kötü kurutma koşulları, şeker prosesinde istenmeyen bazı reaksiyonlardır (karamelizasyon reaksiyonları gibi).

Şeker fabrikalarından ve pancardan yayılan kokulara 50 farklı uçucu bileşen (organik yağ asitleri, pirazinler, aldehitler, geosmin, MIB) neden olmaktadır (Duffault ve ark. 2004).

Şeker sanayinde organik asitler mikrobiyolojik faaliyetler sonucu oluşmaktadır. Şeker fabrikasında yıkama suyunda çöktürme işlemi, pH dengesi gibi faktörlerin iyi ayarlanmaması sonucu, mikrobiyolojik faaliyetler ortaya çıkar bu da şeker kayıplarını artmasına sebep olmaktadır.

Pancar üzerinde toprak, yaprak, ot gibi prosesin istemediği şeker dışı katı maddelerle fabrikaya gelmektedir. İklim şartları, tarlada pancarın durumu gibi faktörler pancarın ot ve çamurdan iyi ayrılmamasına sebep olmaktadır. Bu durumda pancar yıkama ünitesinde pancarın daha temiz olması için ekstra çaba sarf edilmesi gerekmektedir. Pancar yıkama ünitesinde bulunan ot tutucular ve taş tutucuların pancarla beraber gelen maddeleri iyi tutması gerekmektedir. Ayrıca pancar yıkama tromeli ile pancar üzerinde kalan toprak, pancar kırıntısı vb. temizlenmektedir. Pancar/su oranı, pancarın su temas süresi gibi etkenler pancarın temizlenmesinde önemli faktörlerdir. Temizlenmiş ve yıkanmış pancar kireçleme, karbonatlama gibi kimyasal arıtım yöntemleriyle şeker dışı maddelerden temizlenmektedir. Kimyasal arıtım yapılan bölümde sıcaklık, pH ve alkalinite dengesi sağlanamazsa mikrobiyolojik faaliyetler başlar. Kimyasal arıtım yeterince yapılmaz ise mikrobiyolojik faaliyetler başlar ve mikrobiyolojik faaliyetler sonucunda pH düşer ve şeker parçalanmaya başlar.

Organik yağ asitlerinde asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asit en çok koku yapan bileşenlerdir. Çizelge 2.1'de asetik asit sirkemsi, ekşi ve asidik olarak, bütirik asit kokmuş ve ekşi olarak görülmektedir.

Türkiye'de pancar sökümleri randevu sistemine göre yapılmadığı için fabrikalarda pancar kamyonları uzun kuyruklar oluşturmaktadır. Pancarlar kamyonlarda uzun süre durduğu zaman mevsim şartlarına bağlı olarak yanmaya başlamaktadır. Yanan pancarda mikrobiyolojik faaliyetler artmaktadır. Bu durum fabrikada tarafından istenmeyen bir durumdur. Kış aylarında pancarın nakliyesinde yaşanacak sıkıntılardan dolayı şeker fabrikaları stoklu çalışmaktadır. Bu durum pancarın yanması ve bozulmasına sebep

vermektedir. Mikrobiyolojik faaliyetlerin başlaması şeker kaybına sebep verdiği gibi kokuya da yol açmaktadır.

Pancar yetiştigi bölgede yağış, toprak yapısı gibi faktörler önemlidir. Doğu bölgesinde birim kareye düşen yağış miktarı fazla olduğu için pancarın söküm işlemlerinde pancar topraklı olarak fabrikaya gelmektedir. İç Anadolu bölgesinde don olayı ve süresi uzun olduğu için toprak pancara yapışmış bir şekilde gelmektedir. Pancarın topraklı olması her ne kadar yıkama işlemi yapılsa bile mikroorganizmaların prosese girmesine neden olmaktadır. Bu durum şeker fabrikalarında melasın daha çok çıkmasına sebep vermektedir.

Pancar yıkama ünitesinde pancar yıkandıktan sonra yıkama suyunun tekrar kullanımı su tüketimini ciddi miktarda düşürmüştür. Yıkama suyu içinde kalan pancar kırıntısı, yaprak gibi maddeleri tutmak için seperatörlerden geçirilir. Seperatörden geçirilen su, brüagner havuza gönderilerek çöktürme işlemi yapılır. Çöken çamur pompa vasıtasıyla dekantörlere gönderilir. Su ise aqua-pura havuzunda dinlendirildikten sonra yıkama ünitesine gönderilir. Bu işlem devamlı yapıldığı için zaman içinde yıkama suyunda koku oluşmaktadır.

Difüzörden çıkan %1-1.2 şeker içeren sulu küspe fabrika preselerinde kuru maddesi %21-22 oranına gelinceye kadar preslenir. Sıkılmış küspe kurutma birimine gönderilir. Sıkılmış küspeye melas ilave edilir. Amaç besin değerini yükseltmek. Kurutma işlemi 800-1000 °C buhar ya da ısı kullanılır. Tromelde 1.5 saat kurutma işleminden sonra belli bir sıcaklığın altına düşmesi için soğutma işlemi yapılır. Daha sonra pelet işlemine tabi tutulduktan sonra ambalajlama ve sevkiyata hazırdır.

Şeker fabrikasında küspe kurutma ünitesinde kaynaklanan ve atmosfere salınan atık gaz kokusu sorunu yaşanmaktadır. Küspe kurutma ünitesinde küspe melas ile karıştırılarak döner fırınlarda kurutulur. Kurutma işleminde bir miktar küspe yanabilir bu da atık emisyon olarak atmosfere gider. Yanan küspe kötü kokuya sebep olur bu da fabrika etrafında yaşayan mahalle halkını rahatsız edebilir. Bacalarda ne kadar sulu filtre baca gazında bulunan katı partikülleri tutmaktadır. Ancak kokuyu engel olamamaktadır.

Şeker fabrikaları şehir merkezinde kaldığı için koku şikayetleri çok olmaktadır. Bu sebeple koku kaynağı tespit etmek ve önlem almak gerekmektedir. Koku kaynaklarından bir tanesi de kuru küspe üretim birimidir. Sistem gereği atık gazla beraber toz atılmaktadır. Tozu önlemek için sulu filtre sistemi yapılmaktadır. Her ne kadar sulu filtre toz ve diğer kirleticileri azaltmış olsa bile koku olarak ne kadar azaltmıştır.

Pancar bileşimleri (polar, azot gibi) iklim koşulları, verilen gübreler gibi etkenlerin dolaylı değişiklik gösterebilir. Şeker dışı organik bileşenlerin pancarda ne kadar çok olursa koku yapıcı bileşenlerde aynı doğrultudadır.

Pancar kokusu üzerine Andrlik ve ark. (1921) tarafından yapılan çalışmada, damıtma ile pancardan ekstrakte edilen uçucu maddeler, ‘pirol türevleri’ olarak sınıflandırılmıştır.

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte yeni analitik yöntemler ortaya çıkmıştır. 1976 yılında yapılan çalışmalarda pancar melasında 50’den fazla uçucu madde tespit edilmiştir. Yapılan araştırmalarda, pancar melasında asetik ve formik asit bileşenleri bulunmuştur. Ayrıca melasın alifatik, aromatik asitler, furan ve fenol gibi azot içeren halkalı bileşenler içerdiğini rapor edilmiştir (Poel ark., 1998).

Şeker pancarı ve ürünleri tipik topraksı tat ve kokuya sahiptir. Kendine has bu kokunun kaynağının geosmin bileşeninden olduğu tespit edilmiştir. Tjebbes ve ark.’nın (1988) çalışmalarına göre; pancar şekeri ve fabrikada işleme aşamasından kaynaklı koku oluşumunda etkili olan diğer bileşenler; saponinler, pirazinler, ve aldehitlerdir. Ancak literatür çalışmalarında pancarın silolanması, yıkanması gibi aşamalarda ortaya çıkan kokuya ilişkin herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

2.6. Şeker Fabrikasında Pancar Yıkama Prosesi

Çiftçi tarafından fabrikaya getirilen şeker pancarına ilk önce tartım işlemi yapılır ve pancar analiz laboratuvarında fire ve polar analizi gerçekleştirilir. Daha sonra pancar silolara alınır ya da boşaltma ünitesine yönlendirilir. Boşaltma ünitesinden fabrikaya alınan pancar ilk önce toprak ayırıcıdan geçer, daha sonra kanala dökülen pancar su yardımıyla taşınır. Bu sırada pancar transfer işlemi yapılırken yıkama işlemi de gerçekleşir. Transfer işlemi sırasında ilk önce taş tutucu daha sonra ot tutucudan geçer. Ot tutucudan geçen pancar tromele gelerek yıkama işlemi tamamlanır. Tromelden sonra konveyör bant yardımıyla fabrikaya gönderilir. Yıkama suyu içinde bulunan kumlar önce kum tutucudan geçer. Daha sonra seperatörden geçirilerek suyun içinde bulunan pancar kırıkları alınır.

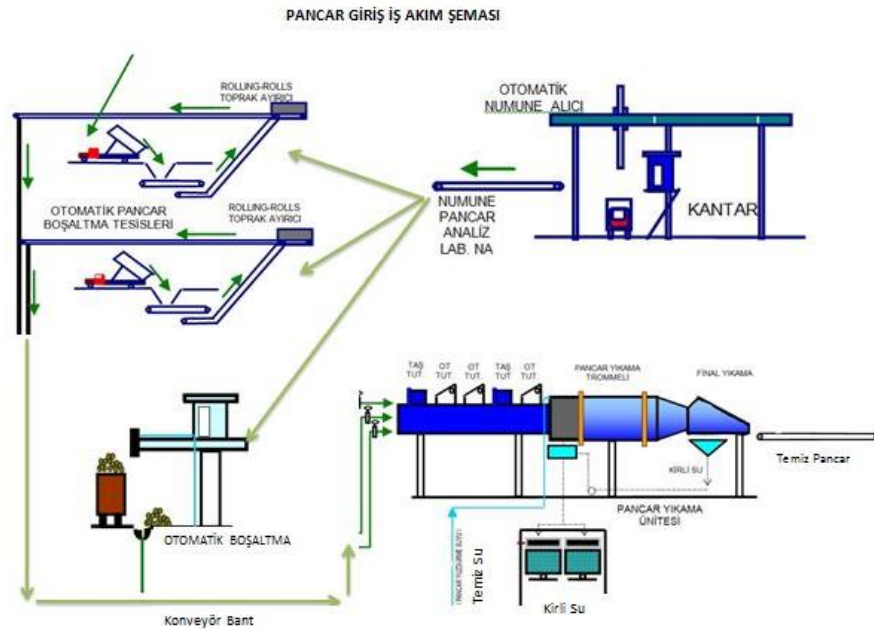
Yıkama suyu brünger havuzuna gönderilir. Çökeltme mantığıyla çalışan havuzun suyun içinde bulunan çamur çöker ve sıyrıcılarla havuzun ortasına toplanır. Çamur pompa vasıtasıyla dekantör binasına gönderilir. Katı faz toprakta iyileştirme materyal olarak kullanılmakta sıvı faz ise sezon sonunda tesiste bulunan atıksu arıtma tesisine gönderilmektedir. Fabrika içerisinde bulunan atıksu arıtma tesisi kirlilik yükü yüksek olduğu için anaerobik+aerobik olarak yapılmıştır. Burada kirlilik yükü yüksek olması anaerobik sistem için ideal olması ve anaerobik sistemde arıtım sonucu ortaya çıkan biyogazın fabrika bünyesinde yer alan kazanlarda kullanıldığı için katma değer sağlanmıştır. Nispeten temizlenen su ikinci kademe durultma havuzları olan aqua-pura havuzlarına gelir. Burada

amaç çökelmeyen ince veya kaba askıda katı maddelerin (askıda organik, inorganik gibi) yüzeyde bulunan sıyırıcılar vasıtasıyla sudan uzaklaştırılmasıdır.

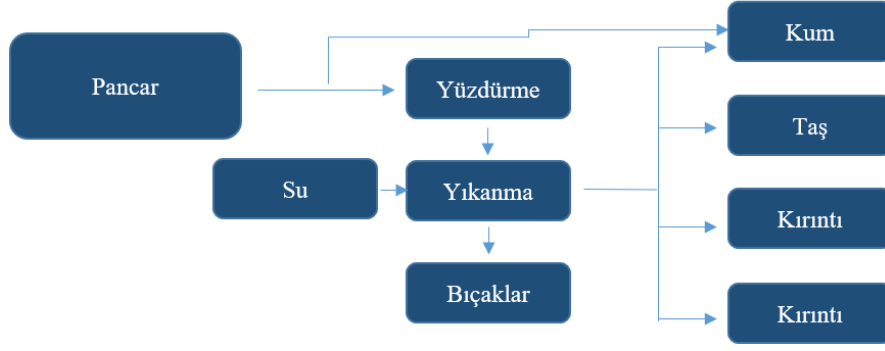
Pancar yıkama suyu döngü şeklinde tekrar kullanılmaktadır. Bu sebeple yıkama suyu belirli dönemlerde pH düşmektedir ve KOİ yükselmektedir. pH düşmesi pancar yıkama suyunda istenilmeyen bir durumdur. Asit pancarda bulunan şekerin parçalanmasına sebep vermektedir. Bu ise fabrika randımanı açısından istenmeyen bir durumdur. pH yükseltmek için yine fabrika bünyesinde bulunan kireç ocağından kireç sütü yıkama suyuna verilmektedir. Bu sayede pH yükseltilmektedir.

Pancar yıkama prosesini de içine alan pancar giriş akım şeması Şekil 2.10'da pancar giriş prosesinde su kullanım şeması Şekil 2.11'de verilmiştir.

Şeker fabrikalarında pancar yıkama suyunun arıtmadan geçmesi gerekir. Ancak yaklaşık 10 000 m³/s yıkama suyu için arıtım tesisi yapmak maliyetlidir. Bu sebeple yıkama suları brünger havuzu gibi daha basit arıtma işlemi yapılmaktadır. Yıkama suyu kirlilik yükü artıkça taze su takviyesi yapılmaktadır.



Şekil 2.10. Pancar Giriş İş Akım Şeması



Şekil 2.11. Pancar Giriş Prosesinde Su Kullanım Şeması

2.7. Şeker Fabrikasında Pancar Yıkama Proses Atıksuları İçin Mevzuat

Türkiye’de bulunan şeker fabrikalarında genel olarak arıtma tesislerinde anaerobik sistem bulunmaktadır. Bunun sebebi atıksu KOİ değerlerinin oldukça yüksek olmasıdır. Bu değerler 5.000-15.000 mg/L civarındadır. Proses sularının KOİ değerleri yüksek olduğu için arıtılmadan deşarj edilmesi mevzuat açısından yasaktır. Atıksu arıtma tesisi çıkış suyu, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY, 2004) Tablo 5.11.a kriterlerini sağlamalıdır (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Şeker üretim sanayi atıksu deşarj limitleri (SKKY, 2004, Tablo 5.11.a)

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 Saatlik	Kompozit Numune 24 Saatlik
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	500	450
Askıda Katı Madde (AKM)	mg/L	100	80
Balık Biyodeneyi (ZSF)	-	4	-

2.8. Koku İle İlgili Yasal Mevzuat

Endüstriyel kaynaklı koku birleşenleri ve emisyonları koku şikayetlerinin kaynağıdır. Gelişen teknoloji, arzların artması gibi nedenlerden dolayı artan üretim beraberinde koku şikayetlerinin artmasına sebep olmaktadır. Her ülke koku ile ilgili yasal düzenlemelere artan şikayetlerden dolayı yürürlüğe koymaktadır. Dünya üzerinde yer alan ülkelerin yasalarında ise

kokunun insan üzerinde yaratmış olduğu etkiler (psikolojik etkiler gibi) incelenmiş ve bu çerçevelerde çeşitli yasal düzenlemeler getirmiştir.

2.8.1. Avrupa’da Yasal Düzenleme

Avrupa’da koku ile ilgili ilk düzenlemeler eyaletler seviyesinde yapılmıştır. Yapılan düzenlemelerde koku kaynaklarının tespiti ve fabrikaların yerleşim yerlerinden oldukça uzak bir yerlere kurulmasıyla koku şikayetlerinin önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Ancak son zamanlarda gelişen teknoloji faaliyetleri ve hızlı bir şekilde üretim ve nüfus artışı beraberinde üretimlerin yerleşkelere yakınlaşması sonucunu doğurmuştur (Van Harreveld, 2003).

Refah seviyesinin artmasıyla beraber artan koku şikayetlerine Avrupa’nın birçok ülkesi “Rahatsızlık Yasası” yürürlüğe koymuştur. Bu yasa temel alınarak, “Dinamik Olfaktometrik Ölçüm” metodu Avrupa Birliği Standartları Birliği tarafından yetkin ölçüm metodu olarak belirlemiştir (McGinley ve Mann, 1999).

2.8.2. Amerika’da Yasal Düzenleme

Koku problemleriyle ilgili Amerika’da uygulanmakta olan yasal düzenleme Amerikan Ulusal Çevre Bakanlığı tarafından yürütülmektedir. 2021 yılında yayınlanan kozmetik kaynaklı koku çerçevesinde çevreye zararlı kokudan bahsedilmektedir. Ayrıca koku şikayetleri için eyaletlerin yasal sınırlandırmaları bulunmaktadır.

Hava Limitleri: Eyaletlerce belirlenen yasal limitler ile kirleticilerin atmosfere verilmesini sınırlamıştır.

Denetim: Bölgesel ya da yerel yetkili mercilerce koku probleminin kaynaklandığı prosesler denetlenmektedir.

Üretim Yeri Seçimi: Tesis yer seçiminde hâkim rüzgar dikkate alınarak yerleşim yerlerine yakın olmayacak şekilde inşası.

Olfaktometri: Koku ölçüm metodu olarak kullanılmaktadır. Koku probleminin olduğu yerde ölçüm yapılarak koku birimi cinsinden tespit edilerek yasal çerçevede değerlendirme ve sorunun çözümüne yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Guvener, 2004).

2.8.3. Türkiye’de Yasal Düzenleme

Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik çıkmadan önce kokuyla ilgili yasal düzenleme Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği’nde kriterler bulunmaktaydı. Ancak şikayetlerin artması ve Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü

Yönetmeliği bu şikâyetlere karşılık yetersiz kalması nedeniyle 19 Temmuz 2013 Cuma 28712 sayılı Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik yayınlanmıştır.

Koku oluşturan emisyonların kontrolü hakkında yönetmelik olfaktometre ölçümlerini esas almaktadır. Bu yöntem diğer koku ölçüm sistemleriyle karşılaştırıldığında etkin ölçüm sistemidir. Bu sebeple ölçümü ve değerlendirilmesi konusunda çok kullanılmaktadır. Panelistlerin seçiminin kriterlere uygun olması gerekmektedir. Bu durum sonuçların güvenilirliği için önem arz etmektedir.

Koku oluşturan emisyonların kontrolü hakkında yönetmelik incelendiğinde madde-9 koku ile ilgili sınır değerler yer almaktadır. Sınır değerlere bakıldığında:

- 1000 KB/m³ veya daha az ise, işletme/tesiste kaynakta koku giderimi konusunda herhangi bir işlem yapılmaz.
- 1000-10.000 KB/m³ aralığında ise, yetkili merci tarafından, işletmede koku kontrol/ek koku kontrol tedbiri alınması, alınan tedbirlerin etkinliğinin belirlenmesi için kaynak/kaynaklarda ölçüm yapılarak bu çalışmalarla ilgili raporun yetkili mercie sunulması için süre verilir.
- 10.000 KB/m³ ten büyük ise, yetkili merci tarafından 16 ncı madde kapsamında idari yaptırım uygulanır ve işletmede koku kontrol/ek koku kontrol tedbiri alınması, alınan tedbirlerin etkinliğinin belirlenmesi için kaynak/kaynaklarda ölçüm yapılarak bu çalışmalarla ilgili raporun yetkili mercie sunulması için süre verilir.

3. METARYAL VE METOD

3.1. Numune Alma

Atıksu numuneleri 2020/2021 kampanya döneminde Konya’da faaliyet gösteren şeker fabrikasının meydan birimine ait pancar yıkama suyundan alınmıştır. 2021 yılı içindeki Ekim-Kasım sezonunda KOİ-ph analizleri için örnekleme yapıldı. 01.10.2021-23.10.2021 tarihleri arasında ise organik asitler için örnekler alınmıştır. Farklı tarihlerde alınan 8 adet numunede koku yapan kimyasallar izlenmiştir. Atıksu numunelerinin pH’ı <4 ayarlanarak laboratuvara aktarılmış ve analize kadar buzdolabında 4 °C’de muhafaza edilmiştir.

3.2. Kullanılan Kimyasallar ve Reaktifler

Tez çalışmasında yıkama suyu örnekleri Konya bölgesinde bulunan şeker fabrikasından alınmıştır. Analiz esnasında kullanılan kimyasal ve markaları Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Tez çalışmasında kullanılan kimyasal maddeler

Kimyasal	Markası
Asetik asit	Sigma Aldrich, CAS Number 64-19-7 / Product Number 27225
Propiyonik asit	Sigma Aldrich, CAS Number 79-09-4 / Product Number 94425
Bütirik asit	Sigma Aldrich, CAS Number 107-92-6 / Product Number 19215
KOİ	Hach Lange
Hidroklorik asit	Merck
Sülfürik asit %95-97	Merck
Fosforik asit	Merck
Demir II sülfat	Merck Cas:7782-63-0
Hidrojen peroksit %35	Merck Cas:17-4B67D37D
Potasyum hidrojen ftalat	Merck Cas:877-24-7
Sodyum karbonat	Merck Cas:144-55-8

3.3. Analizi Yapılan Parametreler

Pancar yıkama suyu numunelerinde koku yapan organik asitlerden asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asitin analizi yapılmıştır. Organik asitler, sülfürik asit ile ekstrakte edilmiştir. Analiz için HPLC-UV metot kullanılmıştır (Kim ve ark., 2017). Kullanılan metot malik asit, sitrik asit, serbest laktik asit, asetik asit, formik asit, fumarik asit, propiyonik asit, sorbik asit ve bütirik asit analizine uygundur.

Pancar yıkama suyu numunelerinde pH ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) analizleri yapılmıştır. pH ölçümü için Hach Lange multimetre kullanılarak elektrometrik metot (SM 4500 H⁺ B) ve KOİ ölçümü için spektrofotometrik kit metot kullanılmıştır.

Oksidasyon proses veriminin değerlendirilmesi amacıyla Toplam Organik Karbon (TOK) analizleri yapılmıştır. Kullanılan metot organik formdaki karbonların yüksek sıcaklıkta platin katalizörü içeren kolonda okside olarak hassas IR (infrared) detektör ile otomatik olarak ölçülmesi prensibine dayanmaktadır (SM 5310 B).

3.3.1. Organik Asitlerin Analizi

Numunelerin analize hazırlanması amacıyla 1 g homojenize numune bir tüpte tartılmış ve üzerine 20 mL %0.4 HCl eklenmiştir. Kullanılan metod katı madde ile çalışıldığı için atıksu numunesi ile çalışmada yoğunluk dikkate alınmıştır. Karışım 20 dakika boyunca bir ultrasonik ekstraktör kullanılarak ekstrakte edilmiş, santrifüjlenmiş (3000 rpm, 10 dakika, 4°C) ve 0.45 µm-por çapındaki membran filtrelerden süzülerek %0.4 HCl ile hacmi tamamlanmıştır (Kim ve ark., 2017).

Standart çalışma çözeltileri 1000 mg/L stok asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asit çözeltilerinden 1.0, 5.0, 10.0, 50.0 ve 100.0 µg/L konsantrasyonlarında hazırlanmıştır. 10 µL standart çözelti cihaza enjekte edilerek elde edilen kromatogramlardan kalibrasyon yapılmıştır (Kim ve ark., 2017).

Organik asitlerin analizi için Thermo Dionex Ultimate 3000 kullanılmıştır (Şekil 3.1). Cihazda kullanılan kolon; Thermo Hypersil Gold 250X4,6_5µm, Mobil faz: 0,01N H₂SO₄ aq; akış: 1.000 ml/dk; dedektörler: UV (210 nm).

HPLC/UV sistemi en az 1 saat boyunca stabilize edildikten sonra asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asit standartları enjekte edilmiştir. Bu işleme tekrarlanabilirlik sinyali ve taban çizgisi elde edilene kadar devam edilmiştir.



Şekil 3.1. Thermo Dionex Ultimate 3000, HPLC/UV

Analizi yapılan asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asitin fizikokimyasal özellikleri Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Organik asitlerin fizikokimyasal özellikleri (Kim ve ark., 2017)

Bileşen İsim	Formül	Erime Sıcaklığı °C	Kaynama Sıcaklığı °C	Suda Çözünme mg/L 25 °C
Asetik Asit	CH ₃ COOH	16.6	118.1	1,000,000
Bütirik Asit	C ₄ H ₈ O ₂	-7.9	163.7	60,000
Propiyonik Asit	C ₃ H ₆ O ₂	-20.7	141.1	1000000

3.3.2. KOİ Analizi

Numunelerden 2 ml alınarak kitlelere (LCK 014- LCK 914) enjekte edilmiştir. Daha sonra 148 °C ayarlanmış termoreaktöre kitler yerleştirilmiştir. 2 saat beklendikten sonra termoreaktörlerde bulunan kitler soğuması için 15 dk oda sıcaklığında bekletildikten sonra Hach Lange marka spektrofotometre cihazında okuma yapılmıştır.

3.3.3. TOK Analizi

TOK analizleri SM 5310 B metoduna uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Çözünmüş organik karbon (ÇOK) tayini için numuneler 0,45 µm selüloz filtreden süzülmüştür. Cihaz, platin katalist içeren yüksek sıcaklıktaki fırın içerisine µL hacimde numune enjekte etmektedir. Yüksek sıcaklıktaki fırın içerisinde su buharlaşmakta ve organik karbon, karbon dioksit (CO₂) ve suya (H₂O) oksitlenmektedir. Organik ve inorganik karbonun oksidasyonu

ile açığa çıkan karbon dioksit (CO₂), taşıyıcı gaz akımı ile NDIR (nondispersive infrared) detektöre gelmekte ve TOK analizi yapılmaktadır. Analiz yapılan her seri için blank analizi ve TOK analizi için aşağıda verilen yöntemlerle hazırlanan çözeltiler kullanılmıştır;

Fosforik asit, H₃PO₄: İnorganik karbon reaktörü için %2'lik Fosforik asit çözeltisi: 23,5 mL % 85'lik Fosforik asit ultra saf su ile 1L'ye tamamlanır.

Organik Karbon stok çözeltisi (1000 ppm): 2,1254 g susuz Potasyum bifitalat, C₈H₅KO₄, ultra saf suda çözülür ve 1 L'ye tamamlanır.

İnorganik Karbon stok çözeltisi (1000 ppm): 4,4122 g susuz Sodyum Karbonat, Na₂CO₃, ultra saf suda çözülür ve 3,497 g susuz sodyum bikarbonat, NaHCO₃ eklenir ve hacim 1 L'ye tamamlanır.

Taşıyıcı gaz: Kuru hava

TOK Cihazı: Autosampler ile donatılmış Shimadzu TOC-L Analizör (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Shimadzu TOC-L analizör

3.4. Oksidasyon Prosesi

Oksidasyon deneyleri, 2,0 L etkin hacme sahip tezgâh ölçekli bir cam reaktörde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3). Cam reaktör 1000 mL atıksu numunesi ile doldurulmuştur. Ozonlama için korona deşarj tipi bir ozon jeneratörü OZ-10G (A'dan Z'ye Ozone Systems Inc., Louisville) kullanılmıştır. Jeneratör, debimetre kullanılarak önceden belirlenmiş miktarda saf O₂ ile beslenmiştir. Üretilen O₃ reaktöre difüzör sistemi ile enjekte edilerek manyetik karıştırma ile O₃ gazının kütle transferi hızlandırılmıştır. Reaktörün altına bir örnekleme portu yerleştirilmiştir. Deneyler 30 dk süre ile gerçekleştirilmiş ve istenen aralıklarda (5 dk, 10 dk, 15 dk vb.) 5 mL örnekleme yapılmıştır. Oksidasyonun istenen

zamanda durdurulması için numuneler 5 dk süreyle azot gazı ile yıkanmıştır. Numunelerde pH ve TOK analizleri gerçekleştirilmiştir.

Oksidasyon prosesi için öncelikle 1 mg/L O₃ tek başına kullanılmıştır. Daha sonra O₃/H₂O₂, Fenton, Fenton/O₃ prosesleri değerlendirilmiştir. O₃/H₂O₂ prosesinde; 40 mL/L H₂O₂ (%30'luk) ve 1 mg/L O₃ kullanılmıştır. Fenton prosesinde; 3 mL H₂SO₄ ile pH<4 ayarlanmıştır. 15 g/L FeSO₄ ve 40 mL/L H₂O₂ (%30'luk) kullanılmıştır. Fenton/O₃ prosesinde fenton proses şartlarına 1 mg/L O₃ ilave edilmiştir. Fenton/O₃ prosesi %25 seyreltik numune için tekrar edilmiştir.

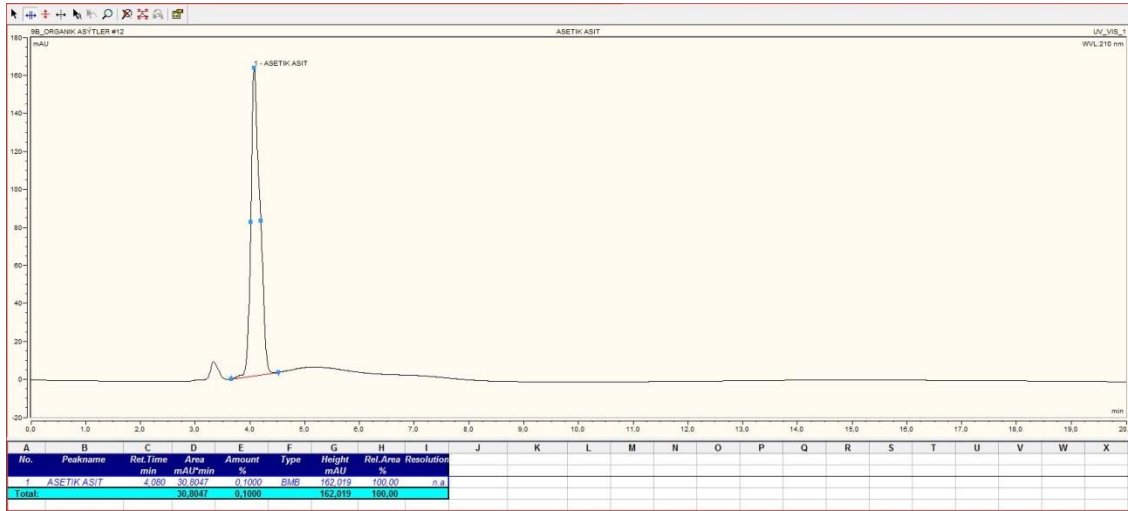


Şekil 3.3. OZ-10G Ozon jeneratörü ve oksidasyon sistemi

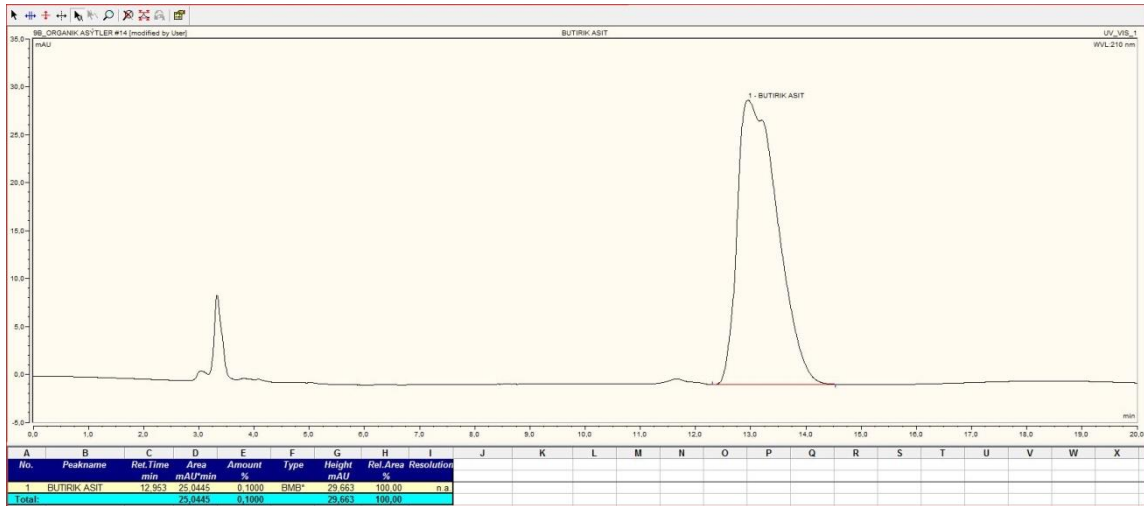
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Organik Asitlere Ait Kromatogramlar

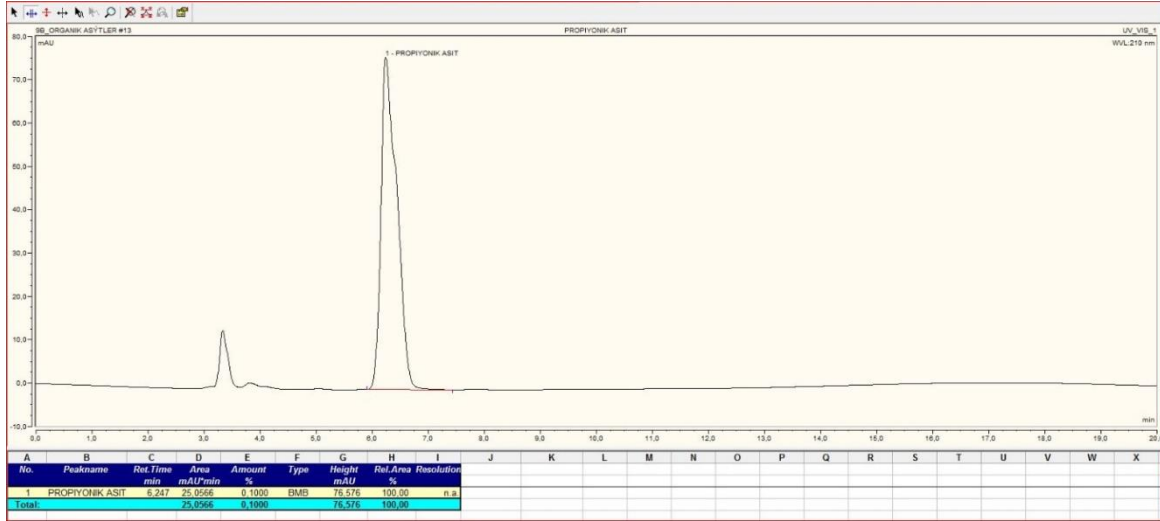
Atıksu örneklerinde analizi gerçekleştirilen organik asitlere ait kromatogramlar asetik asit, butirik asit ve propiyonik asit için sırasıyla Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te verilmiştir. Asetik asit için alıkonma zamanı (Retention Time: RT) 4.2 dk; butirik asit için alıkonma zamanı 13 dk. ve propiyonik asit için alıkonma zamanı 6.2 dk olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Thermo Dionex Ultimate 3000, HPLC/UV sisteminde asetik asit için elde edilen standart kromatogram



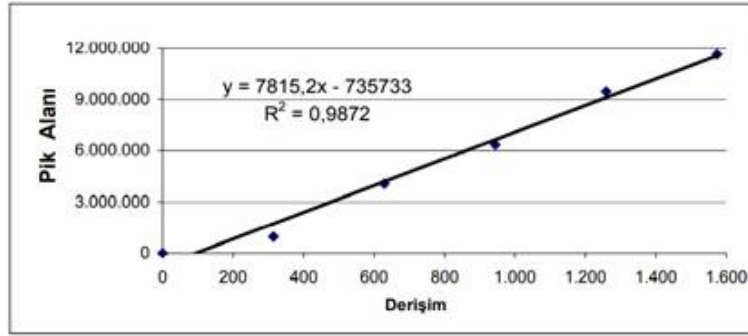
Şekil 4.2. Thermo Dionex Ultimate 3000, HPLC/UV sisteminde Butirik Asit için elde edilen standart kromatogram



Şekil 4.3. Thermo Dionex Ultimate 3000, HPLC/UV sisteminde Propiyonik Asit için elde edilen standart kromatogram

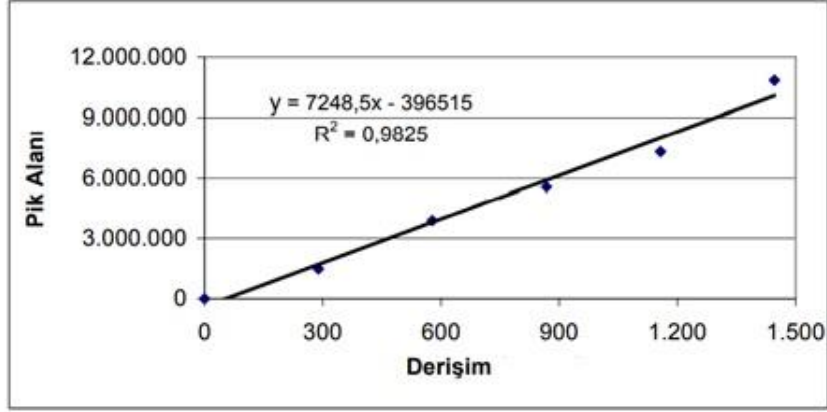
4.2. Organik Asitlere Ait Kalibrasyon Grafikleri

Asetik asit kalibrasyon grafiğinin hazırlanmasında Sigma Aldrich, CAS Number 64-19-7 / Product Number 27225 analitik standart kullanılmıştır. Sigma Aldrich'in kimyasal güvenlik bilgi formlarında asetik asit yoğunluğu 1,049 g/ml olarak verilmiştir. Asetik asit için elde edilen kalibrasyon grafiği Şekil 4.4'te verilmiştir.



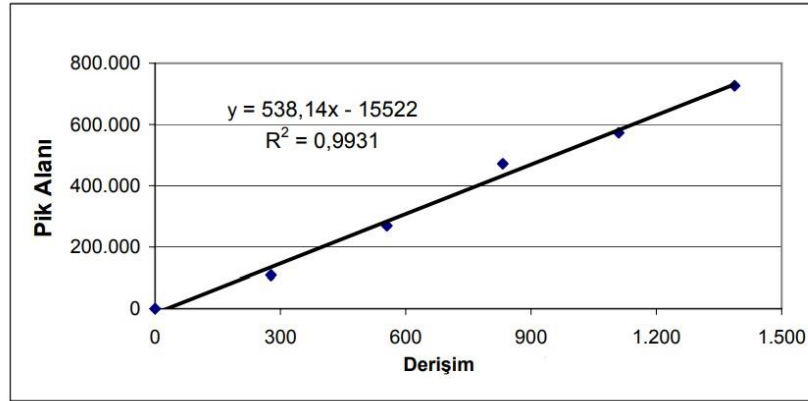
Şekil 4.4. Asetik asit kalibrasyon grafiği

Butirik asit kalibrasyon grafiğinin hazırlanmasında Bütirik asit (Sigma Aldrich, CAS Number 107-92-6 / Product Number 19215) standart kullanılmıştır. Sigma Aldrich'in kimyasal güvenlik bilgi formlarında butirik asit standardı için yoğunluk 0,964 g/ml olarak verilmiştir. Butirik asit için elde edilen kalibrasyon grafiği Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5. Butirik asit kalibrasyon grafiği

Propiyonik asit kalibrasyon grafiğinin hazırlanmasında Sigma Aldrich, CAS Number 79-09-4/Product Number 94425 standart kullanılmıştır. Sigma Aldrich'in kimyasal güvenlik bilgi formlarında propiyonik asit standardı için yoğunluk 0,992 g/ml olarak verilmiştir. Propiyonik asit için elde edilen kalibrasyon grafiği Şekil 4.6'te verilmiştir.

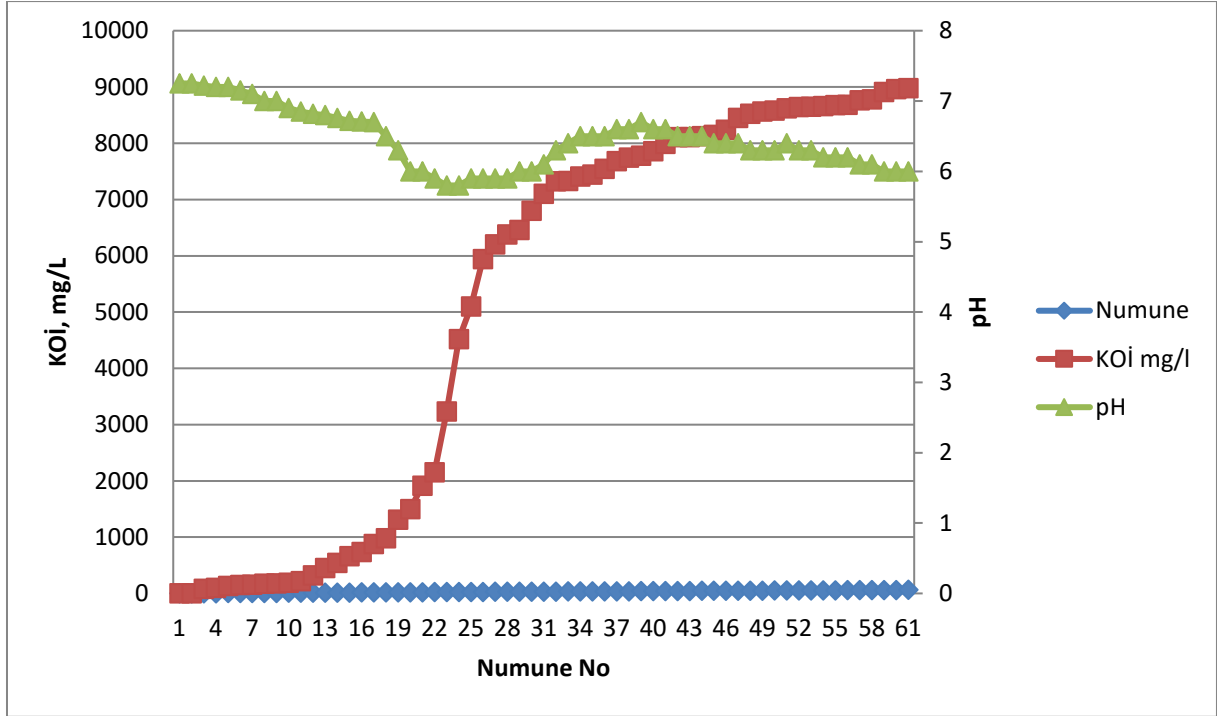


Şekil 4.6. Propiyonik Asit kalibrasyon grafiği

4.3. Pancar Yıkama Suyunda Organik Madde ve pH Değişimi

Pancar yıkama suyu numunelerinde organik madde kirlilik yükünün tespit edilmesi amacıyla KOİ analizleri yapılmıştır. Alınan numunelerde pH değişimi de izlenmiştir. Ekim-Kasım 2021 tarihleri arasında alınan 61 adet atıksu numunesi için yapılan KOİ ve pH analiz sonuçları Şekil 4.7'de verilmiştir. Numunelerdeki KOİ yükü sıfırdan 8980 mg/L'ye çıkmıştır. Pancar yıkama işlemi sırasında pancar üzerinde kalan toprak, pancar kırıntısı vb. temizlenmektedir. Yıkama prosesi öncesinde ot tutucular ile otların temizlenmesi sağlanmasına rağmen pancar üzerinde kalan otlar da yıkama suyuna karışmaktadır. Tüm bu atıklar tekraren kullanılan pancar yıkama suyunda KOİ değerini artırmaktadır. Organik

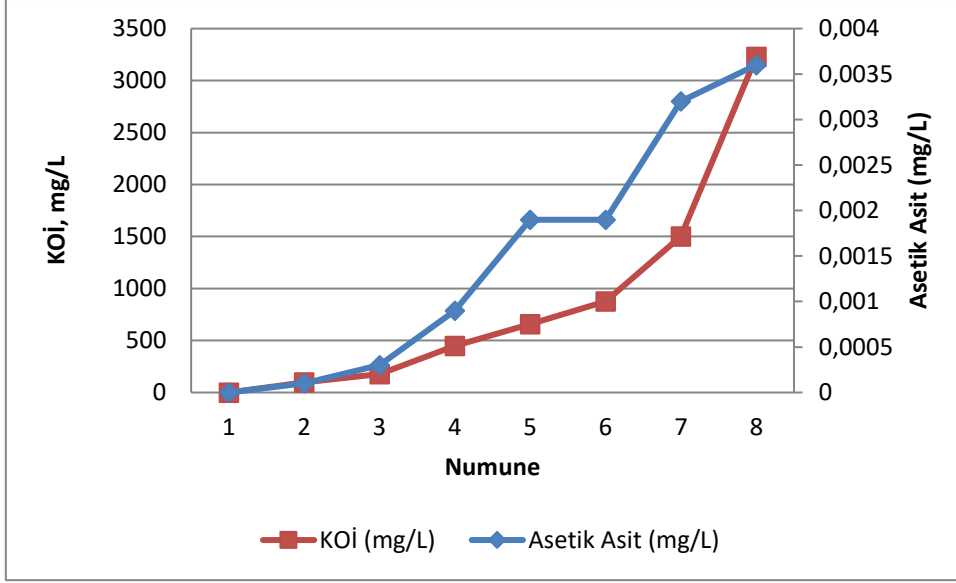
maddede meydana gelen ayrışma organik asitlerin açığa çıkmasına neden olmaktadır. Bu da pH değerini düşürmektedir. Sezon başında 7,25 olarak ölçülen pH değeri sezon sonunda 6 olarak ölçülmüştür. Sezon ortasında dört kez kireç sütü verildiği halde pH değerinde yaklaşık 1 birimlik bir azalma kaydedilmiştir.



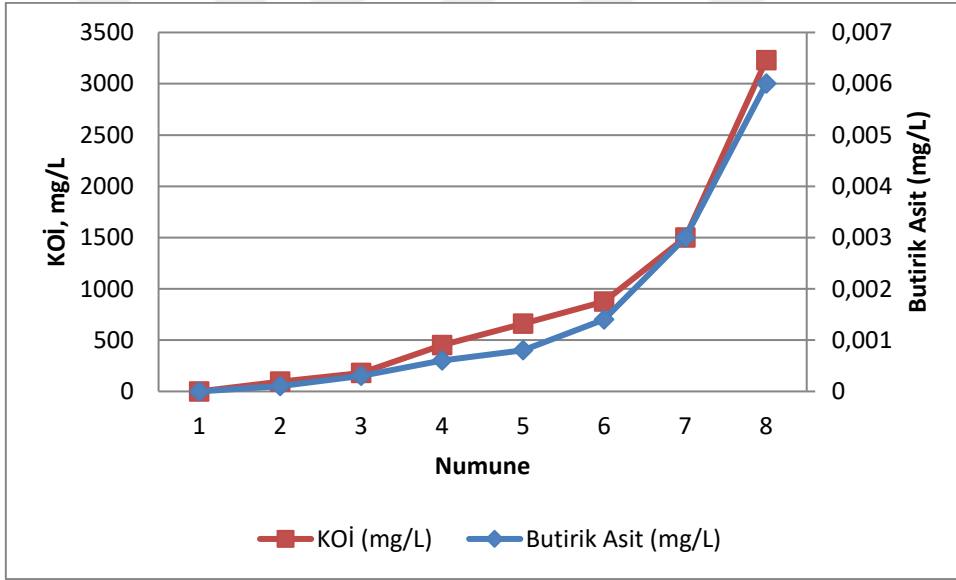
Şekil 4.7. Pancar yıkama suyu numunelerinde KOİ ve pH değişimi (2021 yılı-Ekim Kasım Sezonu)

4.4. Pancar Yıkama Suyunda Organik Asit Konsantrasyonları

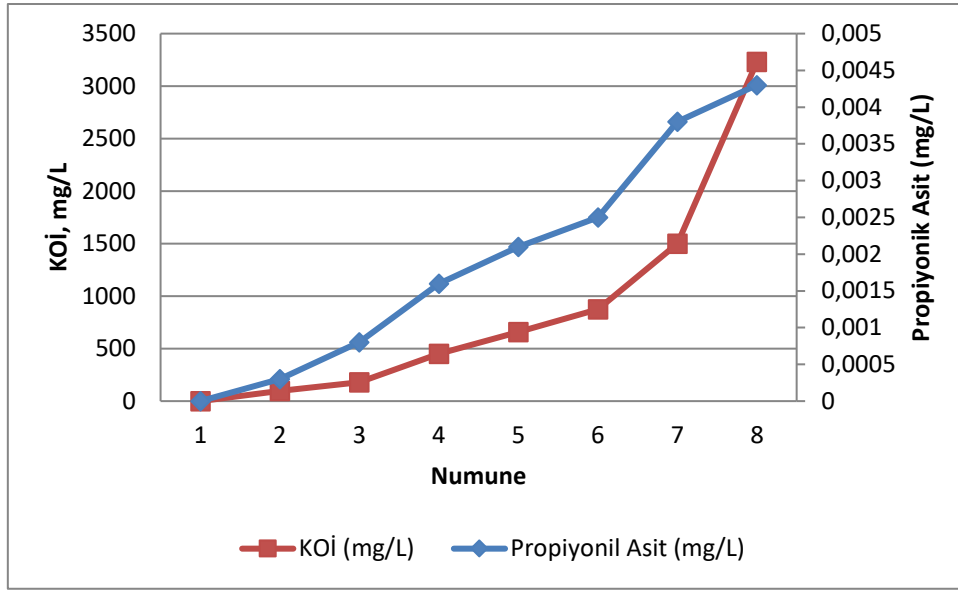
Pancar yıkama suyunda Ekim ayı süre içinde alınan numunelerde analizi yapılan organik asitlerden asetik asit, butirik asit ve propiyonik asit analiz sonuçları sırasıyla Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da verilmiştir. Sezon başlangıcında ölçülemeyen organik asitlerin konsantrasyonu zamanla yükselerek asetik asit için 0,0036 mg/L; butirik asit için 0,0060 mg/L ve propiyonik asit için 0,0043 mg/L seviyesine ulaşmıştır. Organik asitlerdeki artış KOİ artışı ile paralel olarak gerçekleşmiştir. Organik asit miktarındaki artış atıksudaki pH değerinin de düşmesine neden olmuştur. pH değeri 7,25'ten 5,8'e düşerek asidik şartlar oluşmuştur.



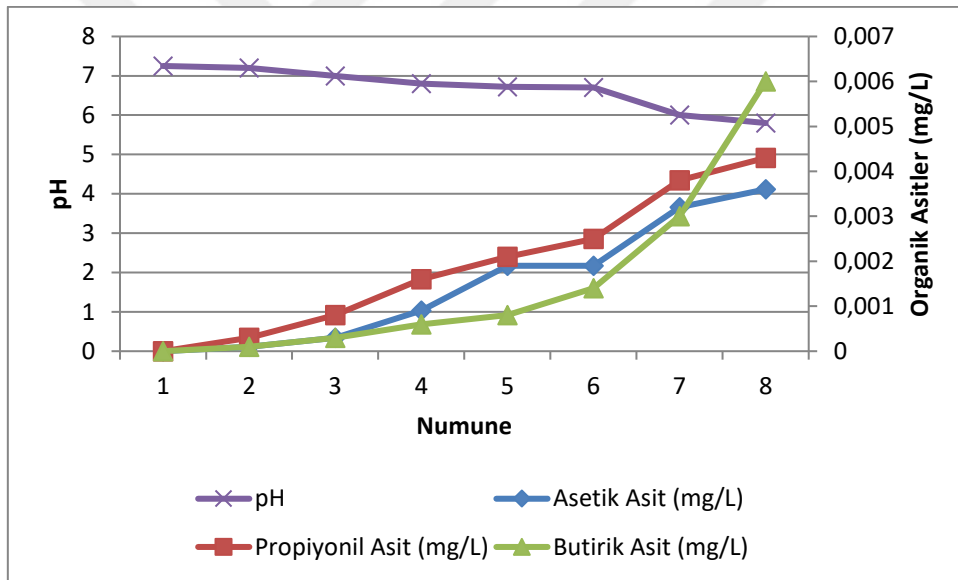
Şekil 4.8. Asetik asit ve KOİ konsantrasyon değişimi (2021 yılı-Ekim Kasım sezonu)



Şekil 4.9. Butirik asit ve KOİ konsantrasyon değişimi (2021 yılı-Ekim Kasım sezonu)



Şekil 4.10. Propiyonik asit ve KOİ konsantrasyon değişimi (2021 yılı-Ekim Kasım sezonu)



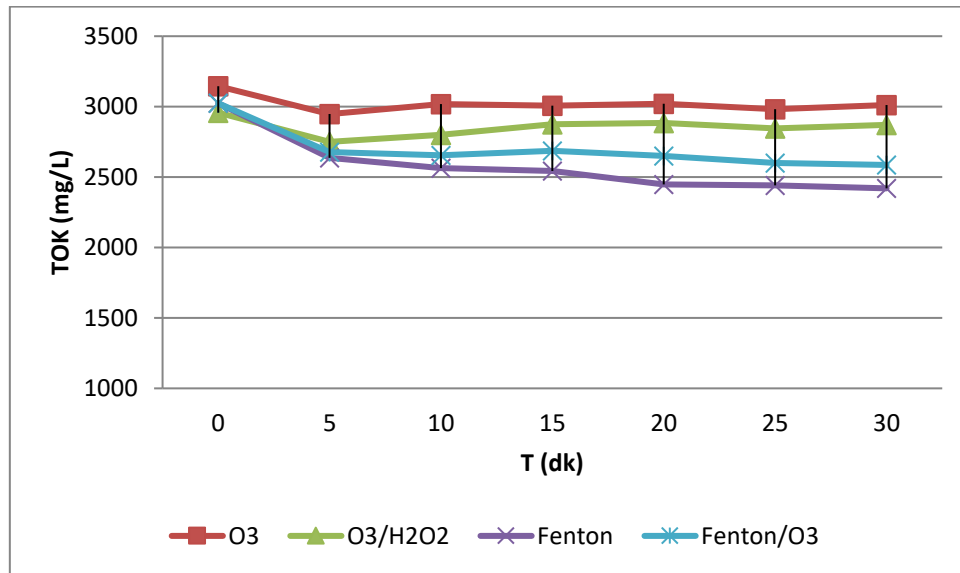
Şekil 4.11. Organik Asit Konsantrasyon ve pH Değişimi (2021 yılı-Ekim Sezonu)

4.5. Oksidasyon Proses Sonuçları

Pancar yıkama proses atıksuyundan anlık olarak alınan atıksu numunesinde oksidasyon proseslerinin arıtım verimi değerlendirilmiştir. Arıtımda temel hedef koku yapan kimyasalların giderimi iken düşük konsantrasyonda tespit edilen organik asitlerin değişim kinetiğini tespit etmek mümkün olmamıştır. Bu nedenle arıtım veriminin değerlendirilmesi için TOK analizleri yapılmıştır.

Alınan numunedeki başlangıç TOK konsantrasyonu 3145 mg/L'dir. Numunenin 0,45 µm filtreden süzülmesi ile elde edilen filtratta yapılan analiz sonucunda ÇOK değeri 2900 mg/L tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuç organik madde içeriğinin önemli oranda çözülmüş formda olduğunu ortaya koymaktadır. TOK değeri oldukça yüksek olan, bulanık ve kötü kokulu atıksu numunesinin O₃ bazlı oksidasyon yöntemleri ile arıtımı için öncelikle 1 mg/L O₃ kullanılmıştır. Daha sonra ileri oksidasyon reaksiyonunu başlatmak ve OH° radikal üretimini sağlamak üzere birleşik sistemler denenmiştir. Bu amaçla sırasıyla; O₃/H₂O₂, Fenton, Fenton/O₃ prosesleri değerlendirilmiştir. O₃/H₂O₂ prosesinde; 40 mL/L H₂O₂ (%30'luk) ve 1 mg/L O₃ kullanılmıştır. Fenton prosesinde; 3 mL H₂SO₄ ile pH<4 ayarlanmıştır. 15 g/L FeSO₄ ve 40 mL/L H₂O₂ (%30'luk) kullanılmıştır. Fenton/O₃ prosesinde fenton proses şartlarına 1 mg/L O₃ ilave edilmiştir. Fenton/O₃ prosesi %25 seyreltik numune için tekrar edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.12.'de verilmiştir.

O₃ ve O₃/H₂O₂ birleşik sistemi ile yapılan arıtım sonucunda yalnız %5 giderim sağlanabilmiştir. Fenton ve Fenton/O₃ birleşik sistemi ile yapılan arıtım sonucunda ise yaklaşık %20 arıtım sağlanabilmiştir. %25 seyreltik numunede arıtım verimi %30 seviyesinde kalmıştır. Yapılan çalışmada numune bulanıklığı azalmıştır (Şekil 4.13). Ancak yüksek organik kirlilik yükü nedeniyle oksidasyon yöntemleri ile başarılı organik madde giderimi elde edilememiştir.



Şekil 4.12. Oksidasyon proseslerinin TOK giderim verimine etkisi (C0=3145 mg/L, Süre: 30 dk)



Şekil 4.13. O₃/H₂O₂ prosesinin numune bulanıklığına etkisi

Kimyasal oksidasyon, koku bileşiklerinin kimyasal yapısını değiştirerek, kokusuz ya da daha az kokulu bileşiklere dönüştürmesi beklenmektedir. Bu sayede kötü koku hissetmemizi engelleyeceği düşünülmektedir (Tünay 1991). Doğal ya da bir faaliyet sonucu ortaya çıkan zararlı bileşiklerin, zararsız ya da daha az zararlı bileşiklere dönüştürülmesi amacıyla oksidasyon işlemi uygulanmaktadır. Oksidasyon işlemi birçok sanayide organik bileşiklerin giderimi, dezenfeksiyon, renk giderimi, koku giderimi, siyanür giderimi, demir ve mangan giderimi vb. çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır.

Ancak bu çalışmada pancar yıkama proses atıksuyunda koku yapan organik asitlerin konsantrasyon değerleri düşük olup değişim kinetikleri izlenememiştir.

Duffault ve ark. (2004) yapmış oldukları çalışmada, şeker fabrikalarında O₃'ün potansiyel uygulamalarını araştırmışlardır. Yapılan çalışmalarda O₃ üretim tesisleri sayesinde yüksek derişimlerde maliyet açısından uygun O₃ üretiminin mümkün olduğunu sonucu çıkarmışlardır. Ayrıca O₃ iyi bir reaksiyon kinetiği olduğunu görmüşlerdir. O₃'ün 1982'de ABD'de ozon FDA (Food and Drug Administration) tarafından onaylanması gıda sanayinde kullanımın önünü açmıştır. Şeker fabrikaları gıda tesisi olduğu için kokuların giderilmesinde O₃ kullanabilecek ve tavsiye verecektir.

Ancak pancar yıkama proses atıksularının arıtımında O₃ bazlı oksidasyon yöntemleri düşük seviyelerde TOC giderimi sağlayabilmiştir.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Son yıllarda artan teknoloji ve endüstrinin gelişmesi, üretimin artmasına sebep olmuştur. Üretim bölgelerinden yayılan kötü kokular insan sağlığını özellikle psikolojik olarak etkilemektedir. Bunun yanı sıra atmosfere yayılan bileşenler çevreye zarar vermektedir. Nüfus artışı, fabrikaya yakın yerleşimler ve çarpık kentleşme üretim kaynaklı koku sorunundan duyulan rahatsızlığı arttırmaktadır. Bu nedenle işletmeler, emisyon kontrol sistemlerine maddi kaynaklar ayırmaktadır. Koku şikayetlerinin artmasından dolayı ülkeler tarafından artık sıkı çevre mevzuatları uygulanmakta ve denetimler artmaktadır. Bu nedenle sanayide koku giderim çalışmaları üzerine çalışmalar yoğunluk kazanmıştır. Yapılan çeşitli çalışmalarda kokuyu iyileştirmek ya da yok etmek için yeni teknikler geliştirilmektedir. Son yıllarda, yapılan çalışmalarla sanayide uygulanan koku giderim proseslerine oksidasyon işleminin kullanımı yaygınlaşmıştır. Oksidasyon işleminde en çok kullanılan; O₃, hava, permanganat ve klordur. Gıda sanayinde koku giderimi için maliyetlerden ve ulaşılabilirlikten dolayı O₃ ve kuru hava kullanımı popülerleşmektedir.

Dünya’da pancar, pancar şekeri ve şeker fabrikalarında proses kaynaklı kötü kokunun sebep olan bileşikler uçucu organik yağ asitleridir. Özellikle; asetik asit, butirik asit ve propiyonik asit bu asitler arasında yer almaktadır. Türk şekerlerinde pancar yıkamadan kaynaklı kokuya neden olan bileşenler hakkında yapılmış bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Bu nedenle bu çalışma, Türkiye’de üretim yapan bir şeker fabrikası örneği üzerinden koku kaynaklarından biri olan pancar yıkama proses atıksuyu değerlendirilmiş ve koku yapan organik asitlerin varlığı ortaya konmuştur.

Yapılan analizler sonucunda, pancar yıkama suyu tekrar kullanıldığı için kampanya dönemi başı ile kampanya dönemi sonunda KOİ ve organik asitlerde artış, pH değerinde düşüş olduğu ortaya konmuştur. Pancar yıkama suyu numunelerinde Ekim-Kasım 2021 tarihleri arasında alınan 61 adet atıksu numunesinde KOİ yükü sıfırdan 8980 mg/L’ye çıkmıştır. Sezon başında 7,25 olarak ölçülen pH değeri sezon sonunda 6 olarak ölçülmüştür. Sezon başlangıcında ölçülemeyen organik asitlerin konsantrasyonu zamanla yükselerek asetik asit için 0,0036 mg/L; butirik asit için 0,0060 mg/L ve propiyonik asit için 0,0043 mg/L seviyesine ulaşmıştır. Organik asitlerdeki artış KOİ artışı ile paralel olarak gerçekleşmiştir. Organik asit miktarındaki artış atıksudaki pH değerinin de düşmesine neden olmuştur. Alınan 8 örnekte pH değeri 7,25’ten 5,8’e düşerek asidik şartlar oluşmuştur.

Koku giderme yöntemi olarak birçok iyileştirme yöntemi bulunmaktadır. Proses kaynaklı kokuların giderilmesi için havalandırma şartlarının önemi vurgulanmaktadır. Ayrıca O₃ şeker üretim prosesi kaynaklı koku emisyonlarının azaltılmasında başarı sağlamaktadır. Ancak bu tez çalışmasında pancar yıkama prosesi atıksuları için O₃ bazlı oksidasyon yöntemleri hedeflenen arıtım başarısını sağlayamamıştır. Arıtımda temel hedef koku yapan kimyasalların giderimi iken düşük konsantrasyonda tespit edilen organik asitlerin değişim kinetiğini tespit etmek mümkün olmamıştır. Bu nedenle arıtım veriminin değerlendirilmesi için TOK analizleri yapılmıştır. Laboratuvar ölçekli arıtım proseslerinde en yüksek arıtım verimi fenton prosesiyle sağlanabilmiş olup %25 TOC giderimi sağlanabilmiştir.

Şeker fabrikalarında proses kaynaklı atıklar ve yıkama suyundan kaynaklı çamurun dekantörle ayrıştırılması sonucu sıvı faz fabrika bünyesinde atıksu arıtma tesisine gitmektedir. KOİ yükleri 10 000 mg/L üzerinde olduğu için arıtım tesisinde anaerobik+aerobik sistemler kullanılmaktadır.

6. KAYNAKÇA

- Akmırza İ. 2012. Gıda Endüstrisi Kaynaklı Koku Emisyonlarının Kontrol Stratejilerinin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 349641.
- Andrlik, K. 1921. Z. Zuckerind. Cechoslovak. Rep. 46, 201-205.
- Bliss, P.J., Schulz, T.J., Senger, T. ve Kaye, R.B. (1996) “Odor Measurement – Factors affecting olfactometry panel performance.” *Water Science and Technology*, 34 (3-4), 549-556.
- Capelli L., Sironi S., Rosso R., Céntolaa P., Rossib A., Austerib C., 2011. Odour Impact Assessment in Urban Areas: Case Study of The City of Terni, *Procedia Environmental Sciences*, 4, 151–157.
- Conti C., Guarino M., Bacenetti J. 2020. Measurements Techniques and Models to Assess Odor Annoyance: A Review, *Environment International*, 134, 105261.
- Damuchali A. M., Guo H., 2019. Evaluation of a Field Olfactometer in Odour Concentration Measurement, *Biosystems Engineering*, 187, 239-246.
- Diaz C., Izquierdo C., Capelli L., Arias R., Salas Seoane N., 2019. Analysis of Existing Regulations in Odour Pollution, *Odour Impact Criteria 1, D-NOSES, H2020- SwafS-23-2017-789315*.
- Duffault E.; Godshall M.A. and Grimm C.C. 2004. The effect of ozone and air on off-odors in beet sugar. *SPRI Res. Conf. Proceedings*, pp. 193.
- Gostelow P. Parsons S. A., Stuetz R. M. 2001. Odour Measurements for Sewage Treatment Works, *Water Research*, 35(3), 579-597.
- Guvener, M. 2004. Investigation Of Odorous Emissions And Immisions In Ankara With Olfactometer. ODTU, Master Thesis.
- Hove N. C., Langenhove H., Van Weyenberg S., Demeyer P. 2016. Comparative Odour Measurements According to EN 13725 Using Pig House Odour and n-butanol Reference Gas, *Biosystems Engineering*, 143, 119-127.
- Kim HJ, Lee MJ, Kim HJ, Cho SK. 2017. Development of HPLC-UV Method for Detection and Quantification of Eight Organic Acids in Animal Feed. *J Chromatogr Sep Tech* 8: 385.
- KOEKHY. 2013. Tarih-No: 19.07.2013-28712, KOEKHY, Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ankara, Türkiye.

- Laor Y., Parker D. ve Pagé T. 2012. Measurement, Prediction, and Monitoring of Odors in the Environment: A Critical Review, *Reviews in Chemical Engineering*, 30(2), 139-166
- Mahin T. 2003. Measurement and Regulation of Odors in the USA, Ministry of Environment, 62-68.
- Marsili R.T., Miller N., Kimler G.J. and Simmons R.E. 1994. Identification and quantitation of the primary chemicals responsible for the characteristic malodor of beet sugar by purge and trap GC-MS-OD. *J. Chromot. Sci.* Vol. 32, pp.165-171.
- McGinley, M.A.ve Mann, J. 1999. European versus United States - Odour / Odor Standards of Evaluation”, Presented as a Poster Paper at the Water Environment Federation 71st Annual Conference, Orlando.
- Munoz R., Sivret E. C., Parcsi G., Lebrero R., Wang X., Suffet I. M., Stuetz R. M. 2010. Monitoring Techniques for Odour Abatement Assessment, *Water Research*, 44(18), 5129-5149.
- Hu R., Liu G., Zhang H., Xue H., Wang X., Lam P. K. S. 2020. Odor Pollution due to Industrial Emission of Volatile Organic Compounds: A Case Study in Hefei, China, *Journal of Cleaner Production*, 246.
- P.W. van der Poel, H. Schiweck, T. and Schwarts T. 1998. *Sugar Technology*, ‘Beet and Cane Sugar Manufacture’, pp.102,103,137, 933.
- Rodríguez A. B., Camara V. F., Campo F., Becheran L., Duran A., Vieira V. D., de Melo H., Garcia-Ramirez A. R. 2018. Development of an Electronic Nose to Characterize Odours Emitted from Different Stages in a Wastewater Treatment Plant, *Water Research*, 134, 92-100.
- Stuetz, R.M., Femer, R.A. and Engin G. 1989. Assessment of odours from sewage treatment Works by an electronic nose, H₂S analysis and olfactometry, *Water Res*, Vol.33, No:2. pp 453-461.
- Tjebbes, J., Clarke M.A. and Godshall M.A. 1988. *Chemistry and processing of sugar beet and sugar cane*. Elsevier, Amsterdam, pp. 139-145.
- Tünay, O. 1991. *Kimyasal Arıtma, Endüstriyel Su Arıtımı*, TBMMOB Kimya Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, 119-140.
- Van Harreveld, A.P. 2003. *Odour Regulation and the History of Odour Measurement in Europe*. Barcelona, Spain, sf 54-61.
- Yuwono A. S., Lammers P. S. 2004. Odor Pollution in the Environment and the Detection Instrumentation, *Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development*, Invited Overview Paper, 4.