

**T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

**KİMYA TEKNOLOJİSİ**

**KRİSTALİZATÖR BESEMESİ  
HAZIRLAMA**

**Ankara, 2014**

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR .....	ii
GİRİŞ .....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....	3
1. KRİSTALLENDİRME .....	3
1.1. Tanım .....	4
1.2. Kristallendirme İşlem Basamakları .....	9
1.2.1. Çözeltiyi Buharlaştırma .....	9
1.2.2. Soğumaya Bırakma .....	10
1.2.3. Kristalden Çözeltiyi Ayırma .....	10
1.3. Kristalizatör .....	10
1.3.1. Tanımı .....	10
1.3.2. Çalışma Prensibi .....	11
1.4. Kristalizatör Çevre Donanımı .....	12
1.4.1. Mekanik Donanımı .....	12
1.4.2. Elektrik Donanımı .....	12
1.4.3. Enstrüman Donanımı .....	12
1.5. Kristalizatörün Kontrolü .....	13
1.6. Çevre Donanımı Kontrolü .....	13
1.6.1. Mekanik .....	13
1.6.2. Elektrik .....	13
1.6.3. Enstrumantasyon .....	13
UYGULAMA FAALİYETİ .....	14
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	15
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 .....	16
2. KRİSTALİZÖTÖRÜ ÇALIŞTIRMA .....	16
2.1. Çevre Donanımının Çalıştırılması .....	22
2.2. Ürün Besleme .....	22
2.3. Kristalizatörü Çalıştırma ve Kontrolü .....	22
2.4. Kristalizatörün Çalışmasının Durdurulması .....	22
2.5. Kristalizatörü Soğutma .....	23
2.6. Ürün Tahliyesi .....	23
2.7. Kristalizatörün Temizlenmesi .....	23
UYGULAMA FAALİYETİ .....	24
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	26
MODÜL DEĞERLENDİRME .....	27
CEVAP ANAHTARLARI .....	28
KAYNAKÇA .....	29

# AÇIKLAMALAR

<b>ALAN</b>	<b>Kimya Teknolojisi</b>
<b>DAL</b>	<b>Proses</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>Kristalizatör Beslemesi Hazırlama</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Kristallendirme, kristalizatör ve çeşitleri, kristalizatörün donanımları ve çalıştırılması ile ilgili bilgi ve becerilerin kazandırıldığı bir öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	<b>40/24</b>
<b>ÖN KOŞUL</b>	Destilasyon ve Absorbsiyon Kolonu Hazırlama modülünü başarmış olmak
<b>YETERLİK</b>	Kristalizatör beslemesini hazırlamak
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b>  Gerekli ortam sağlandığında kristalizatörü kullanıma hazırlayabilecek ve çalıştırabileceksiniz.  <b>Amaçlar</b>  1. Kristalizatörü kullanıma hazırlayabileceksiniz. 2. Kristalizatörü çalıştırabileceksiniz. ➤
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	<b>Ortam:</b> Sınıf, atölye veya laboratuvar, kütüphane, ev, bilgi teknolojileri ortamı (internet) vb. <b>Donanım:</b> Kristalizatör ve donanımları
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	➤ Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz.  Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

# GİRİŞ

## Sevgili Öğrenci,

Kimyasal tepkimeler sonucunda oluşan bileşikler nadiren saftır. Bir maddenin saflığı içerdiği aktif maddenin yüzdesi şeklinde verilir. Hedeflenen ürün / ürünler yanında oluşan safsızlıklar, ürün kalitesini düşürdüğü için istenmez. Bu nedenle ürünü piyasaya sürmeden önce içerdiği safsızlıklardan ayırmak gerekir. Safsızlıkların üründen ayrılması işlemine saflaştırma denir.

Saflaştırma işlemleri hem zaman kaybına hem de maliyetin yükselmesine neden olur. Kimya endüstrisinde kullanılan temel saflaştırma işlemleri ile kimya laboratuvarlarında uygulanan işlemler aynı olup aralarındaki en belirgin fark kullanılan malzemelerin özelliğidir.

Bir karışımı ayırmak, saflaştırmak ve bileşenlerinin belirlenmesi, endüstrinin ve kimyasal araştırmaların en büyük problemlerinden biridir. Katı maddeleri saflaştırma için en çok kullanılan yöntemlerden biri de kristallendirme metodudur. Kimya sanayisinde kristallendirme işleminin gerçekleştiği yere kristalizatör denir.

Bu modül ile kristallendirme ve işlem basamakları, kristallendirmenin yapıldığı kristalizatör ve kristalizörün çalıştırılması ile ilgili bilgi ve becerilerin kazandırılması amaçlanmaktadır.



# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

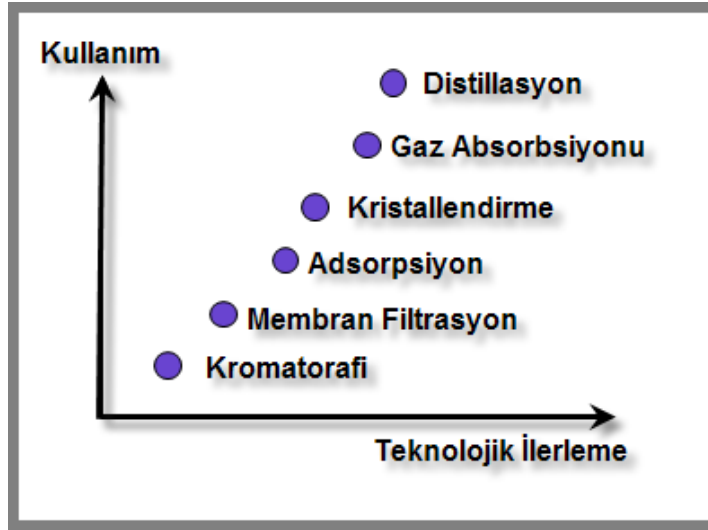
Gerekli ortam sağlandığında TSE standartlarına uygun kristalizatörü kullanıma hazırlayabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Kristallendirme nedir araştırınız.
- Kristalizatör nedir ve çalışma prensibini araştırınız.

## 1. KRİSTALLENDİRME

Bir karışımı ayırmak, saflaştırmak ve bileşenlerinin belirlenmesi bugün endüstrinin ve kimyasal araştırmaların en büyük problemlerinden biridir. Katı karışımların saflaştırılması için iki yöntem kullanılır. Bunlar “**Kristallendirme**” ve “**Süblimleştirme**” yöntemleridir. Grafikte teknolojik ilerleme ile ayırma yöntemlerinin kullanımı belirtilmektedir.



Grafik 1.1: Ayırma teknikleri ve endüstride kullanımı

Bazı katı maddeler (element ve bileşikler) erimeden katı fazdan doğrudan gaz fazına geçer. Bu olaya **süblimleştirme** denir. Bu gazlar soğutulunca da sıvılaşmadan katı hâle dönüşür. Süblimleşme yöntemi çok kolay bir yöntem olmasına karşın genel bir yöntem değildir. Bu yöntem sadece süblimleşme özelliği gösterebilen katıların saflaştırılmalarında kullanılabilir. Katı karışımların diğer yöntemlerle saflaştırılamadığı hâllerde süblimleştirme kullanılabilir. Süblimleştirme düşük basınçlarda da yapılabilmektedir.

Kristallendirme kavramını iyi anlayabilmek için çözeltilerdeki çözücü ile çözünen arasındaki değişik durumları bilmemiz gerekmektedir. Çözeltiler derişimleri göz önünde bulunarak üçe ayrılır.

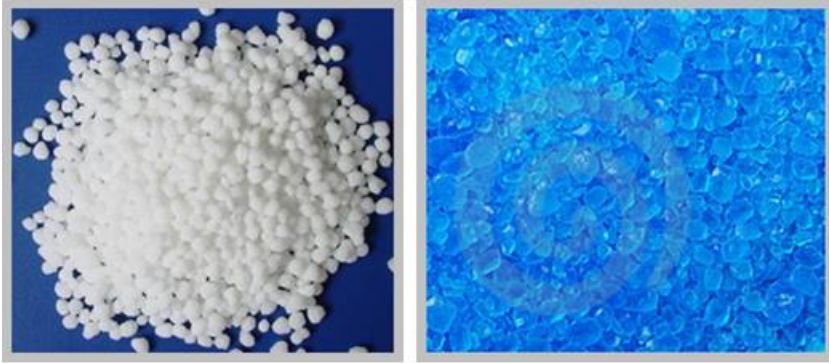
- **Doymuş çözelti:** Belirli bir sıcaklıkta ve basınçta birim hacim çözücüde maksimum madde miktarının çözünmesiyle elde edilen çözeltilere doymuş çözeltiler denir. Belirli bir sıcaklıkta doymuş hâle gelen bir çözeltide şartlar değişmedikçe çözünen maddenin daha fazlası çözünmez. Doymuş bir çözeltide çözünen maddenin derişimine doyunluk derişimi (konsantrasyonu) denir. Çözünürlük sıcaklık ile değişmektedir. Doymuş çözeltiler, katıları ile dengededir yani bir miktar katı çözünerek çözeltiye geçerken buna eşdeğer miktarda çözünmüş hâldeki bileşen kristalleşerek katı hâle dönüşür. Belirli bir sıcaklıkta doymuş hâle gelen bir çözeltide şartlar değişmedikçe çözünen maddenin daha fazlası çözünmez.
- **Aşırı doymuş çözelti:** Çözücü belirtilen şartların dışına çıkılarak çözebileceği madde miktarından daha fazla madde çözmüş ise oluşan çözelti **aşırı doymuş çözelti** olarak adlandırılır. Çözelti hazırlanırken sıcaklık yükseltilir. Yüksek sıcaklıkta çözünürlük artacağından aynı miktardaki çözücü daha fazla madde çözer. Oluşan çözelti yavaş yavaş soğumaya bırakılır. Soğuyan çözeltinin derişimi doyunluk derişiminden daha büyük olur. Bu tür çözeltiler kararsız olup en küçük bir sarsımda da fazla çözünmüş olan kısım çökerek derhâl doymuş çözelti hâline geçer.
- **Doymamış çözelti:** Çözücü içerisinde çözücüye doyuracak miktarda madde çözünmemiş ise oluşan çözelti doymamış olur. Başka bir ifade ile derişimi doyunluk derişiminden küçük olan çözeltilere doymamış çözeltiler denir. Şartlar değişmediği sürece doymamış çözeltiler doyunluk derişimine ulaşmaya kadar madde çözebilir. Bir doymamış çözeltinin doyun hâle getirilmesi için iki yöntem uygulanır: Birincisi çözeltinin sıcaklığı sabit tutularak çözelti içine katı madde ilave edilir. Böylece çözelti derişimi doyunluk derişimine kadar artırılır. İkincisi çözeltinin derişimi sabit tutulup yalnızca sıcaklığı düşürülür. Sıcaklık düştükçe çözeltinin doyunluk sıcaklığı azalacağı için belli bir sıcaklıkta çözeltinin doyun hâle geldiği görülür.

## 1.1. Tanım

Bir sıvı içerisinde çözünmüş olarak bulunan bir bileşenin kristal hâlde ayrılması işlemine **kristallendirme** denir.

Diğer bir tanım ise çözünürlüğü sıcaklıkla birlikte artan bir maddenin sıcakta doymuş çözeltisi soğutulmaya bırakılacak olursa soğukta doyunluk sınırı aşılabacağından doyunluk sınırına ulaşılincaya kadar çözünmüş bulunan maddenin bir kısmı katı hâlde ayrılır. Aynı olay doymuş bir çözeltinin bir miktar buharlaştırılması durumunda da ortaya çıkar. Bu olaya **kristallendirme** denir. Oluşan katı maddeye de **kristal** denir.





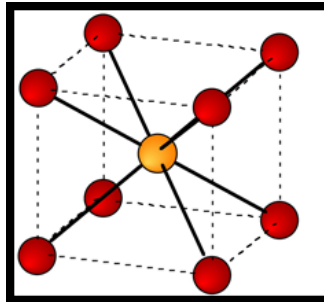
Resim 1.1: Kristal örnekleri

Kristal şekli, birden fazla kristal yüzeyinin oluşturduğu düzgün şekil olup kristallerin dış görünüşlerini ifade eder. Herhangi bir kristalin şekli, o kristalin büyüme ortamındaki koşullara bağlıdır. Kristalleri gruplara ayırmak ve kristal yüzeylerinin durumunu belli etmek için koordinat sistemi kullanılır.

Kristaller üç boyutlu cisim oldukları için hepsi aynı düzlem üzerinde bulunmayan üç yön koordinat sistemi olarak seçilir. Bu yönler, bir kristalin aynı yönde olmayan üç yüzeyinin, düzleminin ya da kenarının paralel olarak kristalin merkezine sürüldüğünde bir noktada kesişmesi ile elde edilir. Kristalleri tarif etmek için kristallerin merkezinden geçirilen bu sanal eksenlere **kristal eksenleri** denir.

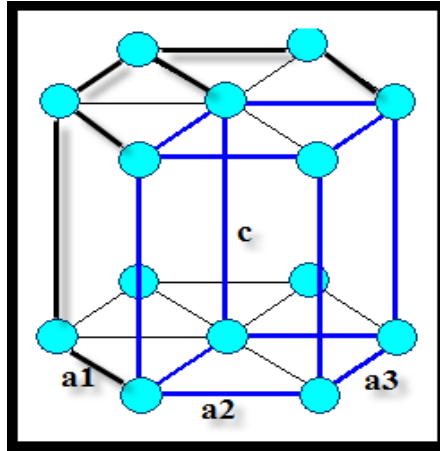
Kristal eksenleri bir noktada kesişerek bir eksenler birliği veya eksenler kesişmesi yapar. Kristal eksenleri eşit ya da farklı uzunluklarda bulunabilir ve kendi aralarında çeşitli açılar yapar. Bütün kristal şekilleri altı cins eksenler birliğine uyar. Belli bir grup kristalin uyduğu bir cins eksenler birliğine **kristal sistemi** denir. Doğada bulunan kristaller altı çeşit kristal sistemi altında toplanmış ve öğrenilmesi kolaylaştırılmıştır. Bu kristal sistemleri aşağıda açıklanmıştır:

- **Küp sistemi:** İzometrik sistem ya da kübik sistem de denilen bu sistemde eksenler birbirine eşit, bu eksenler arasındaki açılar  $90^0$ dir. Maksimum simetri unsuruna sahip olan bu sistemde 13 simetri eksen, 9 simetri düzlemi ve bir simetri merkezi vardır. Bu sistemde kristallenen minerallerden kaya tuzu, magnetite, galena ve elmas örnek verilebilir.



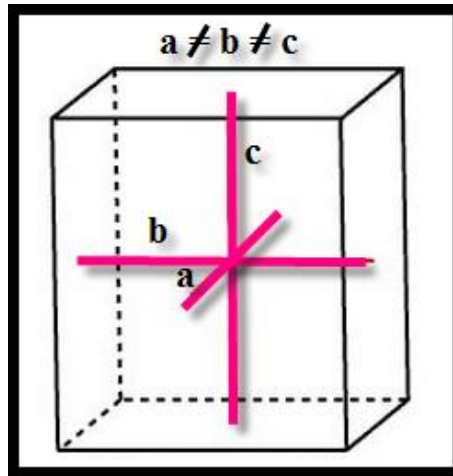
Şekil 1.1: Küp sistemi

- **Heksagonal sistem:** Üç yatay ve eşit boyda ( $a_1$ ,  $a_2$  ve  $a_3$ ) ve bunlara dik bir farklı boyda ( $c$ ) eksenenden oluşan bu sistemde yatay eksenler arasında  $120^\circ$ , bunlarla  $c$  eksenini arasında  $90^\circ$ lik açılar bulunur. 7 simetri düzlemi, 7 simetri ekseni ve bir simetri merkezi vardır. Bu sistemde kristallenen minerallere beryl, apatit, molybdenite ve graphite örnek verilebilir.



Şekil 1.2: Heksagonal sistem

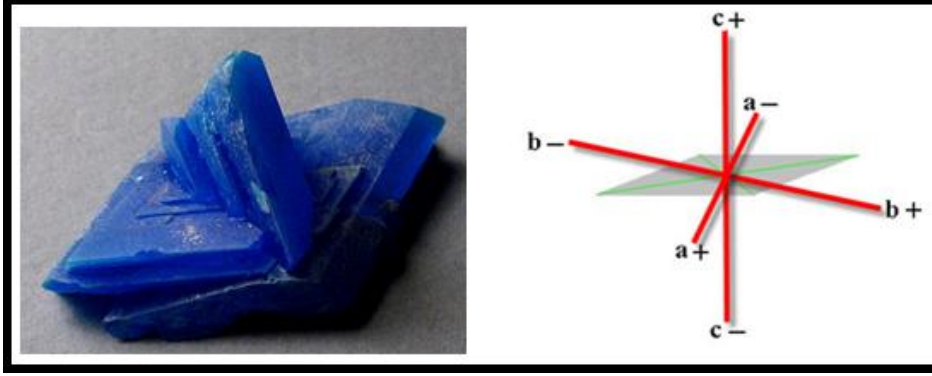
- **Ortorombik sistem:** Bu sistemde  $a$ ,  $b$  ve  $c$  eksenleri birbirinden farklı boylarda olup bunlar arasındaki açılar  $90^\circ$ 'dir. 3 simetri ekseni, 3 simetri düzlemi ve bir simetri merkezi vardır. Bu sistemde kristallenen minerallere kükürt, aragonite, topaz, andalusite ve olivine örnek verilebilir.



Şekil 1.3: Ortorombik sistem

- **Monoklinik sistem:** İki yatay, birbirine dik ve farklı boyda ( $a$  ve  $b$ ) ve bunlarla  $90^\circ$ 'den daha büyük açı yapan ve daha uzun bir eksenenden ( $c$ ) oluşan bu sistemde 1 simetri düzlemi, 1 simetri ekseni ve bir simetri merkezi vardır. Bu sistemde kristallenen minerallere jips, ortoklas, epidot, boraks örnek verilebilir.

- **Triklinik sistem:** Bu sistemde a, b ve c eksenleri farklı boylarda, bunlar arasındaki açılar da  $90^0$ den farklıdır. Tek simetri unsuru simetri merkezi olup sadece holoeder sınıfında (kristal sistemi) bulunur. Triklik sistemde kristallenen minerallere anortit, albit, vollastonit ve turkuvaz örnek verilebilir.



Şekil 1.4: Triklik sistem

Maddelerin çözünürlüklerinin farklı ve katıların çözünürlüğünün genel olarak sıcaklıkla orantılı olması, kristallendirmenin bir ayırma ve saflaştırma tekniği olarak kullanılmasını sağlar.

Reaksiyonlar sonucu ayrılan katı bileşikler nadiren saftır. İstenen ürün yanında meydana gelen safsızlıklar daima onları kirletir. Safsızlık içeren katıların saflaştırılması genellikle uygun çözücü veya çözücü karışımlarından kristallendirilerek yapılır.

➤ **Kristallendirmede Kullanılacak Çözücünün Özellikleri**

- Saflaştırılacak maddeyi yüksek sıcaklıkta çok, düşük sıcaklıkta az çözmelidir.
- Saflaştırılacak madde iyi oluşan kristaller vermelidir.
- Saflaştırılacak madde kristallerinden kolayca ayrılabilmesi ve kaynama noktası (KN) düşük olmalıdır.
- Saflaştırılacak madde ile reaksiyona girmemelidir.
- Uçucu, yanıcı ve toksik olmamalı, kolay bulunabilmelidir.

Kristallendirmede çok kullanılan çözücülerden bazıları şunlardır: Su, eter, aseton, kloroform, metanol, karbon tetraklorür, etil asetat, etanol, benzen, petrol eteri vs.

Yanıcı özellikteki eter, aseton, metanol, etanol, etil asetat, benzen, petrol eteri gibi çözücüler kullanılırken ısıtma çıplak alevde yapılmamalı ve su banyosu kullanılmalıdır. Kristallendirme işleminde en çok kullanılan çözücüler ve özelliklerini aşağıdaki tabloda gösterilmiştir:

ÇÖZÜCÜ	KN Celsius	ÖZELLİK
Damıtık su	100	Uygun olan her yerde kullanılır.
Dietileter	35,0	Yanıcı
Aseton	56,0	Yanıcı
Kloroform	61,0	Yanmaz, buharları zehirli
Metanol	64,5	Yanıcı, zehirli
Karbon tetraklorür	77,0	Yanmaz, buharları zehirli
Etil asetat	78,0	Yanıcı
Metanol (Teknik)	77,8	Yanıcı
Etanol	78,0	Yanıcı
Petrol eteri	40-60	Yanıcı
Asetik asit	118	Keskin kokulu

**Tablo 1.1: Çözücüler ve özellikleri**

Eter fazla uçucu olduğu için kabın kenarlarından yukarıya doğru tırmanır. Bu nedenle kristallendirme işlemlerinde mümkün olduğunca kullanılmaması gerekir. Ayrıca eter kısa sürede uçtuğu için madde kabın dibinde tortu olarak kalır. Karbon disülfür de hava ile parlama noktası düşük karışımlar verdiği için mümkün olduğunca kullanılmamalıdır.

Kristallendirilecek madde bir çözücüde çok kolay, bir başka çözücüde çok az çözünüyorsa iyi bir kristallendirme işlemi için çözücü çiftleri kullanılabilir. Ancak bu iki çözücünün birbiri ile karışabilir olması gerekir.

Bunun için önce madde çok çözündüğü çözücüde çözülür ve daha sonra maddenin az çözündüğü çözücü sıcak olarak azar azar ilave edilir. Hafif bulanıklık meydana gelince ilk çözücüden çok az ilave edilip soğukta kristallenmeye bırakılır. Alkol-su, benzen-petrol eteri, aseton-petrol eteri en çok kullanılan çözücü çiftleri arasında yer almaktadır. Teorik olarak çözücü seçiminde aşağıdaki iki özellikten yararlanılır:

- Bir madde kimyasal ve fiziksel özelliklerinin benzer olduğu çözücüde çok çözünür.
- Polar bir madde polar bir çözücüde, apolar bir çözücüden daha çok çözünür. Polar bileşikler suda çok çözünür. Özellikle hidrojen bağı oluşuyorsa sudaki çözünürlükleri daha da artar. Karboksilik asit, alkol, amin ve amid içeren organik yapıların sudaki çözünürlükleri fazladır. Bunun yanı sıra organik maddelerin tuzları da suda kolay çözünür. Tüm hidrokarbonlar ve alkil halojenürler ise suda çözünmez. Eter, benzen gibi apolar çözücüler, noniyonik bileşiklerin birçoğunu çözer.

Endüstride kristallendirme işlemi saflaştırma işlemlerinde kullanılan başlıca yöntemlerden biridir. Kimyasal proseslerden ham tuz elde etmede bu yöntem sıkça kullanılmaktadır.

Ham tuz kristallendirilerek içinde bulunan yabancı bileşenler uzaklaştırılabilir. Bu amaçla saflaştırılacak madde bir miktar sıvı içinde çözülür. Çözeltide çözülerek çözünmemiş hâldeki safsızlıklar giderilir.

## 1.2. Kristallendirme İşlem Basamakları

Saflaştırmada elde edilen ham ürüne doğrudan kristallendirme uygulanmamalıdır. Bazı safsızlıklar kristallenme hızını düşürür hatta kristal oluşumunu tamamen önleyebilir. Böylece önemli miktarda madde kaybı olabilir. Bundan dolayı kristallendirmeden önce gerekirse su buharı damıtması, ayrımsal damıtma gibi ön saflaştırma yöntemleri uygulanmalıdır.

- Başlıca iki tür kristallendirme uygulaması mevcuttur. Bunlar:
  - Kristal üretimi
  - Kristal saflaştırılması

Kristal üretimi uygulaması kristalin üretim aşamasını oluşturmaktadır. Öncelikle çözeltiden uygun yöntem ve basamaklar uygulanarak kristalin oluşumu sağlanmalıdır. Kristallendirme işlemleri sırasında yapılan hatalar ya da uygulanan yöntem dolayısıyla elde edilen kristal istenilen saflıkta değilse ikinci aşama uygulama söz konusu olmaktadır. Kristal saflaştırma uygulaması ise kristalin istenilen saflığa ulaşmasına kadar sürdürülen basamakları oluşturmaktadır. Bu uygulama ilk uygulamaya benzemekle birlikte daha hassas ve kontrollü basamakların sürdürülmesini gerektirir.

Kristallendirme olayı, kristal çekirdeğinin teşekkülü ve büyümesinden ibarettir. Çok sayıda büyük kristal elde etmek için çekirdekleşme hızı düşük tutulmalıdır. Bunu sağlamanın yolu da aşırı doymuşluğu düşük tutmaktır. Bu değer büyük olursa çekirdekleşme hızı kristal büyütme hızından daha büyük olur. Sonuç olarak aynı anda birçok yerde büyüme olacağından kristaller küçük olur.

- Kristallendirme yöntemi aşağıdaki işlem basamaktan oluşmaktadır:
  - Katı karışımın veya katı bileşiğin sıcak çözücüde çözünmesi
  - Çözünmeden kalan katı kısımlar varsa bunların sıcakken süzülmesi
  - Süzüntünün kristallendirme tamamlanıncaya kadar kendi hâline bırakılarak soğutulması
  - Kristallerin süzülerek çözücüden ayrılması
  - Kristallerin uygun bir ortamda kurutulması

### 1.2.1. Çözeltiyi Buharlaştırma

Endüstride kristallendirme işlemi, saflaştırma işlemlerinde kullanılan başlıca yöntemlerden biridir. Kimyasal proseslerden ham tuz elde etme ve bazı bileşiklerin kristallerinin elde edilmesinde bu yöntem sıkça kullanılmaktadır. Maddeler kristallendirilerek içinde bulunan safsızlıklar giderilebilir. Bu amaçla saflaştırılacak madde bir miktar uygun bir çözücüde içinde kaynama noktası veya biraz yakın bir sıcaklıkta çözülür. Sıcak çözelti çözülerek çözünmemiş hâldeki madde ve tozlar giderilir.

### 1.2.2. Soğumaya Bırakma

Çözünmüş durumdaki maddenin kristallenmesini sağlamak için süzüntü çözünürlüğün düşük olduğu uygun bir sıcaklığa kadar soğumaya bırakılır. Soğutma sonucu çözeltinin doygunluk derecesi gittikçe artar ve doygun hâle ulaşır. Küçük kristaller elde edilmek isteniyorsa süzüntü hızlı bir şekilde soğutulmalıdır. Soğuma süresi uzadıkça kristallerin boyutu artacaktır.

### 1.2.3. Kristalden Çözeltiyi Ayırma

Soğutma sonucu aşırı doygun hâle gelen çözeltiden bir miktar katı kristal hâlinde ayrılır. Kristallendirme verimi yani kristal hâlinde ayrılan maddenin başlangıçta çözelti içinde bulunan maddeye oranı artırılır.

Kristallendirme işleminde kristaller ayrıldıktan sonra saflaştırılan maddenin büyük bir bölümü de kristalizatörden çıkan doygun çözelti içinde kalır. Bu çözeltinin değerlendirilmesi ekonomik açıdan büyük önem taşır. Bu çözeltiyeye geri dönüş yaptırılarak yeni çözelti içine karıştırılması sağlanır. Böylece madde kaybı tamamen önlenmiş ve %100 verim sağlanmış olur.

Çoğu zaman kristalizatörden çıkan doygun çözelti içinde bir miktar safsızlıktan ileri gelen yabancı madde bulunabilir. Çözelti içinde fazla miktarda yabancı madde bulunması durumunda saf kristallerin oluşması güçleşir. Bu sebeple sistem içinde yabancı madde toplanmasını önlemek üzere geri dönüş gönderilen çözeltinin bir kısmı temizlik amacı ile dışarıya atılır.

## 1.3. Kristalizatör

### 1.3.1. Tanımı

Kristalizatörler sıvı-katı ayırma işlemleri için sanayide sıkça kullanılmaktadır. Kristalizatörler kimyasal proseslerin düşük enerji girdisi ile yüksek saflıkta ürünler üretme yeteneğine sahip ekipmanlarından biridir.



Resim 1.2: Kristalizatör

### 1.3.2. Çalışma Prensipleri

Kimyasal proses alanında kristalizasyon cihazları aşırı doymuluk durumuna ulaşma şekli ve çalışma prensiplerine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır:

- **Soğutma ile aşırı doymuluk:** Sıcaklığın düşmesi ile çözünürlüğü önemli derecede azalan maddelere uygulanmaktadır. Bu nedenle kimya endüstrisinde birçok madde için bu yöntem uygulanmaktadır. Uygulama alanı bulan ilk kristallendirme metot olmasına rağmen günümüzde de yaygın olarak kullanılmaktadır.
- **Çözücünün buharlaştırılması ile aşırı doymuluk:** Çözücünün buharlaştırılması sureti ile aşırı doymuluğun meydana getirilmesi uygulamasına dayanmaktadır. Yemek tuzunun üretimi bu esasa dayanır. Yemek tuzunun çözünürlük eğrisinin oldukça yatay olması nedeni ile soğutma ile oluşabilecek kristallendirme önemsenmeyecek kadar azdır. Bu metot çözünme eğrisi çok fazla dik olmayan maddelere de uygulanabilir.
- **Adyabatik buharlaştırma (soğutma ve buharlaştırma) ile aşırı doymuluk:** Evaporatör çalışır ve doymuş bir çözelti içerisinde süspansiyon hâlinde kristaller ihtiva ederken evaporatörün çok az soğutulması ile çok fazla miktarda madde kristalleşir. Evaporatör içindeki çözelti hemen hemen katılaşıyor yani donar. Dik çözünürlük eğrisine sahip olan tuzlar için deriştirme sadece evaporatörde yapılması ve soğutma için ayrı bir kristalizatör kullanılması şeklinde bir uygulama yapılır.

Bu metot, büyük miktarlardaki üretimler için kullanılan en önemli yöntemlerden biridir. Sıcak çözelti, çözücünün o sıcaklıktaki buhar basıncından daha az bir toplam basınca sahip olan bir vakum odasına gönderilecek olursa çözücü püskürerek bu odaya girer ve püskürme adyabatik soğumaya sebep olur. Buharlaştırma ve soğutmanın birlikte uygulanması istenilen aşırı doymuluğun oluşmasını sağlar.

- **Kristalleşmesi istenilen maddenin çözünürlüğü azaltacak bir başka maddenin çözeltiye ilavesi ile kristallendirme:** Bu metodun çok fazla uygulama alanı bulunmamaktadır. Bu metot, elektrolit kostik çözeltilerin ve sabunun ayrılmasından sonra geri kalan gliserin-su-tuz karışımının evaporasyonunda uygulanmaktadır. Günümüzde çözünen komponentin o çözücü içerisinde çözünürlüğünün azalmasına neden olacak maddelerin sayısı azdır.



## 1.4. Kristalizatör Çevre Donanımı

### 1.4.1. Mekanik Donanımı

Mekanik donanımlar kullanılan kristalizatör türüne göre değişiklik göstermektedir. Vakum kristalizatörlerde mekanik donanım olarak boşaltma borusu, ürün pompası gözetleme camı ve kondenser kullanılmaktadır.

Dolaşımli vakum kristalizatörlerinde ise dolaşım pompası, ısıtma ve soğutma elemanları, yıkama kolu, yıkama pompası ve ürün boşaltma pompası bulunmaktadır.

Kristal kristalizatörlerde buhar başlığı, dolaşım pompası, ısıtıcı ve soğutucu boşaltım borusu, ürün boşaltım kapağı yer almaktadır.

### 1.4.2. Elektrik Donanımı

Kristalizatörlerde kullanılan voltaj genellikle 3x400 V/3AC/N/PE/50 Hz'dir. Elektrik donanımı da buna göre dizayn edilmiştir.

### 1.4.3. Enstrüman Donanımı

Kristallendirme için sıcaklık ve seviye sensörleri kullanılmaktadır.

- Uygun seviye ölçüm metodunun belirlenmesi kritiktir çünkü her yöntem her uygulamada kullanılamaz. Seviye ölçüm yöntemi; seviyesi ölçülen maddenin cinsi ve sıcaklığı, kristalizatörün basınç değeri, boyut ve konumu, istenen hassasiyet değeri, mekanik veya elektriksel bağlantı koşulları, maliyet beklentisi gibi parametrelere göre değişiklik göstermektedir.
- Seviye kontrolü yapılacak maddenin seviyesinin değişimi çeşitli yöntemlerle veya algılayıcılarla sürekli olarak ölçülür. Bu ölçülen bilgiler bir sisteme veya kontrolöre gönderilir. Sistem veya kontrolörde belirlenmiş programa göre seviye istenilen değerlerde tutulur.
- Sıcaklık ölçümlerinde birçok kristalizatörde RTD sensörleri kullanılmaktadır. Sıcaklık ölçümlerinde termokupldan sonra bulunmuş ve kullanılmaya başlanmış olan direnç termometreler endüstride ve laboratuvarlarda çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir metalin direncinin sıcaklık ile artması dirençsel sıcaklık sensörü RTD'lerin temelidir. Metal iletkenlerden yapılmış olan elemanların dirençleri sıcaklık ile doğru orantılıdır.



## **1.5. Kristalizatörün Kontrolü**

Kristalizatörlerin kullanımına başlamadan önce bazı çevre donanımlarının kontrol edilmesi ve varsa eksikliklerinin giderilmesi gerekmektedir.

## **1.6. Çevre Donanımı Kontrolü**

Kristallendirme işlemi yapmadan önce çevre donanımı olarak mekanik, elektrik ve enstrumantasyon kontrolü mutlaka yapılmalıdır.

### **1.6.1. Mekanik**

Güvenli bir üretim için kristalizatörün mekanik bağlantıları dikkatlice kontrol edilmelidir. Hemen bağlantıdan sonra fan ve karıştırma motoru (ok dönme yönüne doğru) dönme yönü kontrol edilmedir. Dönme yönü yalnızca besleme hattı içinde olması gerekmektedir.

### **1.6.2. Elektrik**

Elektrik bağlantısı ve kontrolleri sadece kristalizatör için servis personeli veya üretici firma tarafından yetkilendirilmiş uzman personel tarafından yapılmalıdır. Diğer personele elektrik bağlantısı yapmak üzere için izin verilmemelidir.

Besleme gerilimi ve güç frekansı cihazın etiketindeki verilere uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir. Kristalizatör için elektrik panosunda yazılı olan kurallara uyulmalıdır.

Güvenli bir üretim için elektrik bağlantıları dikkatlice kontrol edilmelidir.

### **1.6.3. Enstrumantasyon**

Kristallendirme için kullanılan sıcaklık ve seviye sensörlerinin kusurlu olup olmadığını kontrol edilmelidir. Aynı zamanda sensör ve kablolarının uygunluğu da kontrol edilmelidir.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Size verilen kristalizatörü kullanıma hazırlayınız.

Kullanılan araç ve gereçler: Kristalizatör

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Kristalizatörün içini boşa kontrol ediniz.	➤ Çalışma önlüğünüzü giyiniz. ➤ Çalışma ortamınızı hazırlayınız. ➤ Kullandığınız araç ve gereçlerin temizliğine dikkat ediniz.
➤ Kristalizatörün prosese bağlı noktalarını kontrol ediniz.	➤ Prosese bağlı noktalarda kaçak ve yıpranma olup olmadığına bakınız.
➤ Kristalizatörün çevre donanımlarını kontrol ediniz.	➤ Mekanik donanımları kontrol etmeyi unutmayınız. ➤ Elektrik bağlantılarını kontrol etmeyi unutmayınız. ➤ Kristalizatör veya donanımlardaki enstrümanları kontrol etmeyi unutmayınız.
➤ Raporunuzu yazınız	➤ Uygulama sırasında almış olduğunuz notlardan faydalanarak raporunuzu hazırlayınız.

### KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Kristalizatörün içini boşa kontrol ettiniz mi?		
2. Kristalizatörün prosese bağlı noktalarını kontrol ettiniz mi?		
3. Kristalizatörün çevre donanımlarını kontrol ettiniz mi?		

### DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) Belirli bir sıcaklıkta ve basınçta birim hacim çözücüde maksimum madde miktarının çözünmesiyle elde edilen çözeltilere doymuş çözeltiler denir.
2. ( ) Bazı bileşikler erimeden katıdan doğrudan gaz fazına, bu gazlar soğutulunca sıvılaşmadan katı hâle dönüşür. Bu olaya geri-süblimleştirme denir.
3. ( ) Çözücü içerisinde çözücüye doyuracak miktarda madde çözünmemiş ise oluşan çözelti doymamış olur.
4. ( ) Kristal şekli, birden fazla kristal yüzeyinin oluşturduğu düzgün şekil olup kristallerin dış görünümünü ifade eder.
5. ( ) Heksagonal sistem, izometrik sistem ya da kübik sistem de denilen bu sistemde eksenler birbirine eşit, bu eksenler arasındaki açılar  $90^\circ$ dir.

### DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında TSE standartlarına uygun olarak kristalizatörü çalıştırabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Çevrenizdeki kristallendirme yapan tesislere giderek kristalizatörün nasıl kullanıldığını araştırınız.
- Kristalizatör çeşitlerini ve kullanım alanlarını araştırınız.

## 2. KRİSTALİZÖTÖRÜ ÇALIŞTIRMA

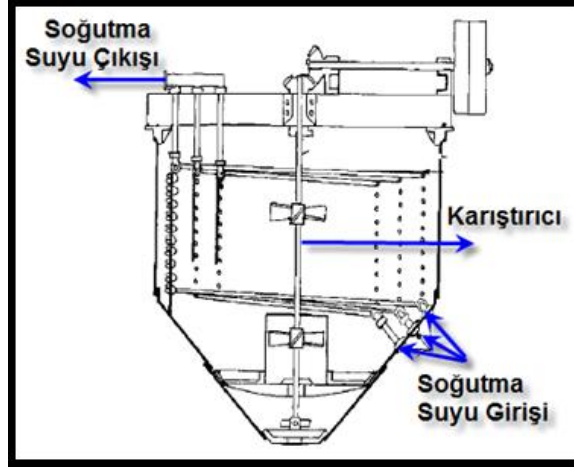
Kristalizatörler aşırı doymuluk durumuna ulaşma yöntemleri göz önünde bulundurularak çeşitli tiplerde özel olarak imal edilmektedir.

Kristalizatörler, soğutma ile aşırı doyurma yöntemine göre süreksiz ve sürekli kristalizatörler olmak üzere iki grupta incelenebilir. **Süreksiz kristalizatörler** tank kristalizatörleri ve karıştırılan süreksiz kristalizatörler olmak üzere iki şekilde sınıflandırılabilir.

- **Tank kristalizatörler:** Uzun yıllar endüstride kristallendirme işlemleri bu tip kristalizatörler ile yapılmaktadır. Bu tip kristalizatörlerde önce sıcak ve hemen hemen doymuş bir çözelti hazırlanır. Sonra bu çözelti dikdörtgen şeklindeki üstleri açık tanklara gönderilir ve burada soğuyup kristalleşme oluşuncaya kadar bekletilir. Bu tür kristalizatörde karıştırma, kristallendirmeyi kontrol etme veya hızlandırma gerçekleştirilememiştir.

Bu tür kristalizatörlerde kristallerin büyümeleri yavaş olur. Kristallerin büyümesine uygun ortam sağlanır ve kristaller oldukça kenetlenmiş olarak oluşur. Ancak bu kenetlenme bir miktar ana çözeltinin ve yabancı maddelerin kalmasına neden olur. Tankların yeterince soğuması birkaç gün alır. Bu yöntemle büyük boyutta kristaller oluşur. Geriye kalan çözelti tank dışına alınarak kristaller elle boşaltılır. İşçiliğin fazla ve yabancı maddelerin kristaller ile karışması nedeni bu tür kristalizatörler artık fazla kullanılmamaktadır.

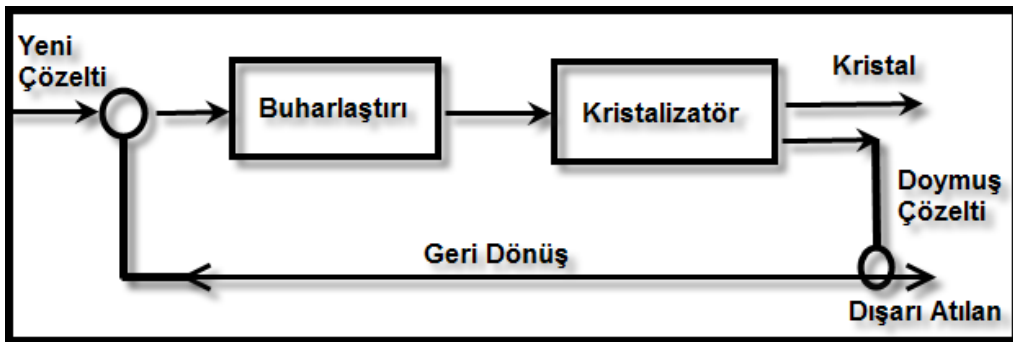
- **Karıştırıcılı süreksiz kristalizatörler (agitated tank crystallizer):** Bu tip kristalizatörlerde suni soğutma uygulanmaktadır. Kristalizatörde soğutucu boruların içerisinden su geçirilir ve çözelti merkezi bir shafta bağlanmış pervaneler yardımı ile karıştırılır. Bu karıştırmanın iki fonksiyonu vardır. Birincisi ısı transfer debisini arttırmak ve çözelti sıcaklığını hemen her noktada eşit tutmaktır. İkincisi ise ufak kristalleri çözelti içerisinde süspansiyon hâlinde tutarak büyük kristallerin veya kristal topaklarının meydana gelmesi yerine kristallerim mükemmel şekilde büyümesini sağlamaktır.



Şekil 2.1: Karıştırıcılı süreksiz kristalizatör

Ancak bu cihazın dezavantajları bulunmaktadır. Süreksiz çalışan bir cihaz olması ve çözünürlüğün soğutma helezonları yüzeyinde çok düşük olmasıdır. Bu nedenle soğutma yüzeylerinde kristal büyümesi hızlı olur. Helezonlar kısa sürede kristaller ile sarılarak ısı transfer debisi azalır. Bu dezavantajlar büyük kapasiteli ve sürekli çalışan cihazların yapımına sebep olmuştur.

Sürekli kristalizatörlerin en iyi örneklerinden biri Swenson-Walker kristalizatörleridir. Sürekli kristalizatörlerde kristallendirme işleminin akım şeması aşağıda verilmektedir.



Şekil 2.2: Sürekli kristalizatörlerde kristallendirme işleminin akım şeması

Sürekli kristallendirme işleminde kararlı hâlde birim zaman içinde aşağıdaki madde denklikleri kurulabilir:

➤ **Toplam Kütle Denkliği**

$$\text{Sisteme giren çözelti kütlesi} = \text{Buharlaştırılan çözücü kütlesi} + \text{Kristal kütlesi} + \text{Dışarı atılan çözelti kütlesi}$$

➤ **Toplam Tuz Denkliği**

$$\text{Sisteme giren çözeltideki tuz kütlesi} = \text{Kristal kütlesi} + \text{Dışarı atılan çözeltideki tuz kütlesi}$$

➤ **Su (Çözücü) Denkliği**

$$\text{Sisteme giren çözeltideki su kütlesi} = \text{Buharlaştırılan su kütlesi} + \text{Dışarı atılan çözeltideki su kütlesi} + \text{Kristaldeki Su Kütlesi}$$

➤ **Kristalizatörde Tuz Denkliği**

$$\text{Kristalizatöre giren çözeltideki tuz kütlesi} = \text{Kristal kütlesi} + \text{Doygun çözeltideki tuz kütlesi}$$

➤ **Buharlaştırıcıda Tuz Denkliği**

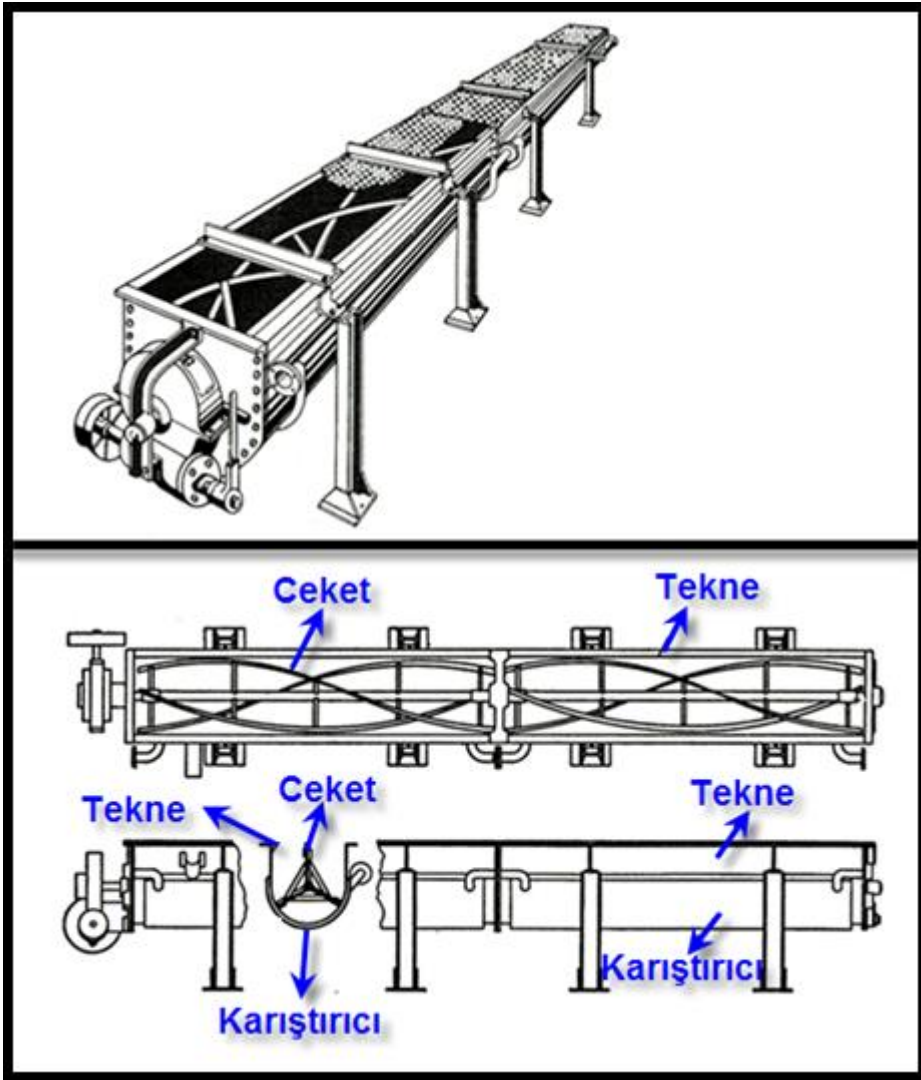
$$\text{Çözeltideki tuz kütlesi} = \text{Geri dönüş içinde bulunan tuz kütlesi} + \text{Buharlaştırıcıdan çıkan çözeltideki tuz kütlesi}$$

**Swenson-Walker Kristalizatörleri:** AB ülkelerinde yaygın bir şekilde kullanılan devamlı kristalizatör (sadece soğutmalı) tiplerden biri Swenson-Walker kristalizatörüdür. Bu cihaz silindirik bir tabanı olan ve 61 cm genişliğine sahip üzeri açık bir tekneden oluşmaktadır. Bu teknenin dışı bir su ceketini kaynatılarak çevrilmiştir. Teknenin içerisinde devir sayısı 7 rpm (devir/dakika) hızla dönen ve tekne tabanına yerleştirilmiş uzun kollu spiral karıştırıcı bulunmaktadır.

Bu cihaz 3 metre boyunda üniteler hâlinde yapılır. Kapasiteye bağlı olarak birkaç ünite daha ilave edilebilir. Tek bir shaft tarafından çalıştırılacak uzunluk 12 metredir.

Kristallendirilecek sıcak ve derişik çözeltiler teknenin bir ucundan gönderilir ve ceket içinde akan soğuk su ise ceketin zıt yönünde gönderilir. Spiral karıştırıcının görevi ise sadece çözeltinin karıştırılması veya çözeltinin taşınması değildir. Kristallerin soğutma yüzeyi üzerinde toplanmasını önlemek ve kristalleri oluştukları yüzeyden koparıp ana çözelti içerisinde yukarıdan aşağıya doğru düşmesine engel olmaktır.

Kristalizatörün sonunda kristallerin ve ana çözeltinin birlikte üzerinden aşacağı bir kapak ile ana çözeltiden ayrılmasını sağlayacak bir süzülme levhası bulunmaktadır. Bu işlemin sonunda ana çözelti tekrar kristalizatöre kristaller ise santrifüje gönderilir. Bu tür cihaz yerden ve maddeden büyük kazanç sağlar.

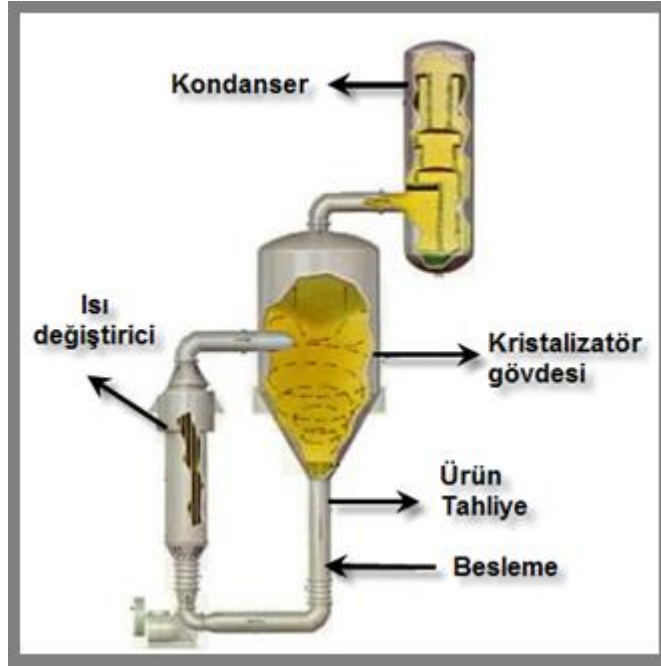


Şekil 2.3: Swenson-Walker kristalizatörleri

Adyabatik soğutma ile aşırı doyum yöntemine göre en çok kullanılan kristalizatör, vakum kristalizatörleridir. Bu tip cihazlarda sıcak doymuş çözelti, kendisinin kaynama sıcaklığına denk gelen basınçtan az basınçta sahip bir vakum kabına alınır ve bu kabı püskürterek girer ve meydana gelen adyabatik evaporasyon sonucu soğur. Meydana gelen soğuma kristellenmeye sebep olur. Vakum kristalizatörleri devamlı çalışan cihazlardır. Ancak devamsız çalıştırılmaları da mümkündür.

Vakum kristalizatörleri çok basit yapıda olup hareketli parçaları yoktur. Bu sebeple aside dayanıklı malzemeden yapılabilir, kurşun veya lastik ile astarlanabilir. Bu tip cihazlarda çok az miktarda madde ana çözelti hâlinde kristallendirme işlemine geri gönderilir.

Kolay ısı transferi, minimum denetim gereksinimi ile sürekli çalışma, aynı kalite ürün elde etme, elastomer odalar, korozyona dayanıklılık, asidik koşullarda ana çözeltiyi işleyebilme, hiçbir hareketli parçasının bulunmaması, daha az insan gücü ve işlemlerde tam güvenlik özelliği, bu cihazın önemli avantajlarından birkaçıdır.



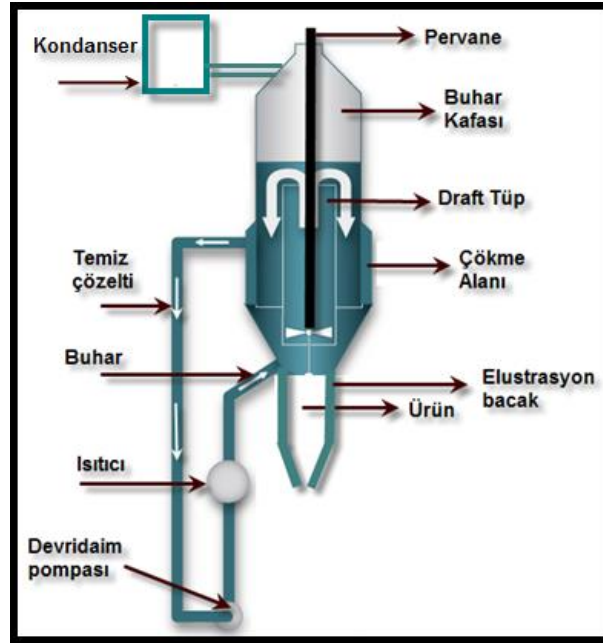
Şekil 2.4: Vakum kristalizatör

Draft Tube Baffle (DTB) kristalizatörlerinin çalışma prensibi, vakum kristalizatörleri çalışma prensibine dayanmakla birlikte çok yönlü ve daha etkili kristalizatörlerdir. Kristallendirici ana gövde; üstte bir kondanser, konik alta elutrasyon bacak, gövdenin kenarında geri dönüşüm, merkezde yerleştirilmiş bir pervane, pervane etrafında bir emme borusu ve kristalizatör gövdesi içinde halka şeklinde bir boşluk ile donatılmıştır.



Bu kristalizatörlerde herhangi bir kristal biçiminde, mümkün olan en hızlı büyüme ve kristalin özgül yüzeyi bakımından en uygun koşulları elde etme, kristal kütlelerinin ve işleme süresinin kontrolü etkili bir işlem kontrolü sağlanmaktadır. Bu yöntem farklı bir yolla iki akışı yöneterek sıvı kütleden kristali ayırarak başarılıdır. Aynı zamanda bu yöntemde kusursuz bir çözelti yoğunluğu elde etmek için kristalizatör etrafında kütle akışını yönetirken berrak sıvı elde edebilmek için tortu çöktürmesi ve muhtemelen ayrı geri dönüşüm yapılmaktadır.

Tipik bir örnek olan DTB, 1950'lerin sonunda Richard Chisum Bennett'in Swenson mühendisi ve sonraki Swenson başkanı tarafından bulunan bir kristalizatör türüdür. DTB bir iç sirkülasyonu bulunan, kristalizatörün dışında bir halka içinde yerleşim yeri olan, bir taslak tüp içinde yukarı doğru iterek tipik bir eksenel karıştırıcıya sahip, büyük kristallerin yerleşmesi ve ana dolaşıma geri dönüşüm için çok düşük hızda yukarı doğru hareketli bir egzoz çözümü bulunan cihazdır. Kristalizatör sadece ince kısımlardan sıcaklığı artırıp ya da azaltıp böylece ek aşırı doygunluk yaratarak belirli bir tane boyutu altında ayıklayan ve sonunda yok eden bir kristalizatör çeşididir.



Şekil 2.5: Draft Tube Baffle (DTB) kristalizatörleri

Bütün parametrelerin hemen hemen mükemmel kontrolü sağlanır. Bu kristalizatör ve türev modelleri, buharlaşma kapasitesi önemli sınırlar altında değilse buhar başının kısıtlı çapı ve nispeten düşük dış sirkülasyonun sisteme gereken çok büyük miktardaki enerji ihtiyacından dolayı en son çözüm olabilir.

Kristallendirme doğal süspansiyonu ile elde edilebilir olduğu için bu tip kristalizatörlerin birçok uygulamaya uygun olduğu kanıtlanmıştır. Örneğin:

- Borik asit
- Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. 10H<sub>2</sub>O

- Melamine
- Sitrik asit
- NaClO<sub>3</sub>

## 2.1. Çevre Donanımının Çalıştırılması

Çevre donanımı çalıştırılmadan önce elektrik bağlantısı kontrol edilmelidir. Kristalizatör haznesi üzerindeki folyonun kaldırıldığından emin olunmalıdır. Kristalizatör hunisinin temiz olup olmadığını kontrol edilmelidir. Gerekirse huni basınçlı hava ve fırça ile temizlenmelidir.

## 2.2. Ürün Besleme

Emme boruları ayarlanır. Ürün besleme hortumlarının güvenilir şekilde bağlı olduğu kontrol edilir. Ürün besleme işlemi başlatılır. Emme borusu üzerindeki esnek çizgi gözlemlenir. Taşıma başladığında sadece besleme hortumu hareket etmelidir. Borulardaki ayarlamalar yapıldıktan sonra başarılı bir taşıma gerçekleşiyorsa emme borusu üzerindeki kanat vidası sıkılır.

## 2.3. Kristalizatörü Çalıştırma ve Kontrolü

Sürekli üretim yapacak kristalizatörler elde edilecek ürüne göre programlanmalıdır. Bununla birlikte temel ayarlar işlenmiş malzeme üzerine girilmelidir. Girilen değerler kaydedilir. Cihaz kapandığında veya güç kesildiğinde bile aynı değerler elde edilebilir.

İlk önce başlangıç modunda Celcius olarak kristallendirme sıcaklığı girilir. Başlangıç modunda atık havanın sıcaklık değeri Celcius olarak girilir sonra sürekli üretim için kristallendirme sıcaklığı ve atık havanın sıcaklık değeri Celcius olarak girilir.

Saniye cinsinden kristallendirme zamanı girilerek kristalizatör huni malzeme ile dolduğunda kristal burada belirlenen süre içinde alınabilir sonra diğer parametreler girilir. Hazne yükleyicinin ayarları yapılır.

Fan ve karıştırma motorunun dönme yönü kontrol edilir. Devamlı kristallendirme işlemine başlanır.

## 2.4. Kristalizatörün Çalışmasının Durdurulması

Sürekli çalışan kristalizatörde durdurma işlemi istenen kristalleşme sıcaklığı (°C) kapatma moduna getirilerek başlar. İstenilen atık hava sıcaklığının değeri (°C) kapatma moduna getirilir. Çıkış sürgülü vana varsa kapatılır. Hazne yükleyiciler kapatılır.

Kristalizatör haznesi boşalana kadar kristal malzeme alınır. Çalışma zamanı bittiğinde fan ve karıştırma ünitesi kapatılır.

## 2.5. Kristalizatörü Soğutma

Kristalizatörler kristal elde edilmesi sırasında mutlaka sıcaklık etkeni ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu nedenle kristalizatörlerin soğutulması gerekir.

Tank kristalizatörlerde ürün soğutulduktan sonra alındığından bazen tankın soğutulması birkaç gün alabilmektedir.

## 2.6. Ürün Tahliyesi

Uygun bir kristal malzeme varsa yeniden başlatma durumunda üretim başlangıç modunda başlatılmalıdır. Kristal madde varsa sürekli çalışma işlemine doğrudan başlamak mümkündür. Tamamen kristallendirme ünitesi kapatılacaksa tüm ürün boşaltılmalıdır.

Tank kristalizatörlerde tank yeterince soğutulduğunda arta kalan ana çözelti tank dışına alınarak tankın dibinde kalan kristaller elle boşaltılır.

Kristal yapısına sahip maddeler ile yapılan çalışmalarda sık karşılaşılan bir problem kristallerin topaklanması ve bir kek meydana getirmesidir. Ürün tahliyesinden sonra büyük depolarda ve varil şeklindeki ambalajlarda sıkça karşılaşılmaktadır. Kristaller gevşek topaklar hâlinindedir ve elle ezildiğinde güçlükle dağıtılabilmektedir. Ürün alıcıları kristallerin kolayca akacak şekilde olmasını ister. Bu sebeple ürünün topaklanması üreticiler yönünden ciddi bir problemdir.

## 2.7. Kristalizatörün Temizlenmesi

Ekipman üzerinde çalışmaya başlamadan önce kristalleşme hazne ve hava borusu yeterince soğutulmuş olmalıdır. Yaralanma ve yanık tehlikesi oluşabilir. Kristallendirme hunisi temizliği için karıştırıcı ile kapağın çıkarılması gerekir. Aşağıdaki işlem basamakları izlenerek sürekli çalışan bir kristalizatörün temizliği yapılabilmektedir:

- Sürekli çalışan üretimi durdur.
- Blower / mikser dönüşü durana kadar bekle.
- Eğer çıkış sürgülü vana varsa kapat.
- Ana şalterden kristalizatör kapat.
- Güç kaynağı bağlantısını kes.
- Hazne yükleyicileri durdur.
- Basınçlı hava veya fırça ile kristalizatör hunisi temizle.
- Kristalizatör haznesi mikseri ile kapağı tekrar dikkatlice monte et.

Tank kristalizatörlerinde her üretimden sonra mutlaka tank temizlenmelidir. Bazen tankın dibinde toplanan yabancı maddeler yeni oluşacak kristallere karışarak iyi bir kristallendirme işlemine engel olur. Kristalizatör basınçlı hava ve fırça ile temizlenmelidir.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Standardına uygun olarak kristalizatörü çalıştırınız.

**Kullanılan araç ve gereçler:** Kristalizatör

İşlem Basamakları	➤ Öneriler
➤ Kristalizatörün çevre donanımlarını çalıştırınız.	➤ Çalışma önlüğünüzü giyiniz. ➤ Çalışma ortamınızı hazırlayınız. ➤ Kullandığınız araç ve gereçlerin temizliğine dikkat ediniz.
➤ Ürünü besleyiniz.	➤ Hortum bağlantılarını kontrol ediniz.
➤ Kristalizatörün çalışmasını kontrol ediniz.	➤ Talimatlara göre kontrolleri yapınız.
➤ Kristalizatörü durdurunuz.	➤ Talimatlar doğrultusunda durdurunuz.
➤ Kristalizatörü soğutunuz.	➤ Tank kristalizatöründe birkaç gün alabilir.
➤ Ürünü tahliye ediniz.	➤ Ürünü dikkatlice boşaltınız.
➤ Kristalizatörü temizleyiniz.	➤ Basınçlı hava ve fırça kullanmayı unutmayınız.
➤ Raporunuzu yazınız.	➤ İşlemler sırasında almış olduğunuz notlardan faydalanarak raporunuzu yazınız.

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Kristalizatörün çevre donanımlarını çalıştırdınız mı?		
2. Ürünü beslediniz mi?		
3. Kristalizatörün çalışmasını kontrol ettiniz mi?		
4. Kristalizatörü durdurdunuz mu?		
5. Kristalizatörü soğuttunuz mu?		
6. Ürünü tahliye ettiniz mi?		
7. Kristalizatörü temizlediniz mi?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme” ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise **D**, yanlış ise **Y** yazınız.

1. ( ) Tank kristalizatörlerinde kristallerin büyümeleri yavaş olur. Kristallerin büyümesine uygun ortam sağlanır ve kristaller oldukça kenetlenmiş olarak meydana gelir.
2. ( ) Karıştırıcılı süreksiz kristalizatörlerde doğal soğutma uygulanmaktadır.
3. ( ) Sürekli kristalizatörler, Swenson-Walker kristalizatörleri ve tank kristalizatörler olmak üzere iki şekilde sınıflandırılabilir.
4. ( ) Swenson-Walker kristalizatörleri 15 metre boyunda üniteler hâlinde yapılır. Kapasiteye bağlı olarak birkaç ünite daha ilave edilebilir.
5. ( ) Adyabatik soğutma ile aşırı doyurma yöntemine göre en çok kullanılan kristalizatör, vakum kristalizatörleridir.
6. ( ) Tank kristalizatörlerinde bazen tankın dibinde toplanan yabancı maddeler yeni oluşacak kristallere karışarak iyi bir kristallendirme işlemine engel olur.

### DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

# MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) Çözücü belirtilen şartların dışına çıkılarak çözebileceği madde miktarından daha fazla madde çözmüş ise oluşan çözelti aşırı doymuş çözelti olarak adlandırılır.
2. ( ) Bir sıvı içerisinde çözünmüş olarak bulunan bir bileşenin kristal hâlde ayrılması işlemine süblimleştirme denir.
3. ( ) Kristalleri tarif etmek için kristallerin merkezinden geçirilen bu sanal eksenlere kristal şekli denir.
4. ( ) Tetragonal sistemde iki eksen birbirine eşit, diğer eksen ise bunlardan daha uzun olan bu sistemde eksenler arasındaki açılar  $90^\circ$ dir.
5. ( ) Ortorombik sistemde üç eksen birbirleri ile aynı uzunlukta olup bunlar arasındaki açılar  $90^\circ$ dir.
6. ( ) Eter fazla uçucu olduğu için kabın kenarlarından yukarıya doğru tırmanır. Bu nedenle kristallendirme işlemlerinde mümkün olduğunca kullanılmaması gerekir.
7. ( ) Çözünmüş durumdaki maddenin kristallenmesini sağlamak için süzüntü çözünlülüğün düşük olduğu uygun bir sıcaklığa kadar soğumaya bırakılır.
8. ( ) Karıştırıcılı süreksiz kristalizatörlerde soğutucu boruların içinden su geçirilir ve çözelti merkezi bir shafta bağlanmış pervaneler yardımı ile karıştırılır.
9. ( ) Swenson-Walker kristalizatörlerinde teknenin içerisinde devir sayısı 50 rpm (devir/dakika) hızla dönen ve tekne tabanına yerleştirilmiş uzun kollu spiral karıştırıcı bulunmaktadır.
10. ( ) Vakum kristalizatörleri çok karmaşık yapıdadır ve birden fazla hareketli parçası bulunmaktadır.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	DOĞRU
2	DOĞRU
3	DOĞRU
4	DOĞRU
5	YANLIŞ

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	DOĞRU
2	YANLIŞ
3	YANLIŞ
4	YANLIŞ
5	DOĞRU
6	DOĞRU

## MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1	DOĞRU
2	YANLIŞ
3	YANLIŞ
4	DOĞRU
5	YANLIŞ
6	DOĞRU
7	DOĞRU
8	DOĞRU
9	YANLIŞ
10	YANLIŞ



## KAYNAKÇA

- ATICI Oya, Yusuf AYAR, **Organik Kimya Temel Ders Kitabı**, Milli Eğitim Bakanlığı Devlet Kitapları, Ankara, 2002.
- ÇATALTAŞ İhsan, **Kimya Mühendisliği Giriş Ünit Operasyonlar**, İnkılâp Yayınları, İstanbul, 1986.
- GEANKOPLIS C. J. **Transport Processes and Separation Process Principles, 4th Edition**, Prentice Hall, New Jersey, 2003.
- GÜLBARAN Emir, **Kimya Mühendisliği Ünit Operasyonları**, İTÜ Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1979.
- MCCABE W. L., J. C. SMITH, P. HARRIOTT, **Unit Operations of Chemical Engineering, 4<sup>th</sup> Edition**, McGraw-Hills, Singapore, 1985.
- ÖZŞAR Çiğdem, Aydın BODUR, **Pratik Kimya Mühendisliği El Kitabı**, Bilişim Yayıncılık, İstanbul, 2007.
- YALÇIN Hayri, Metin GÜRÜ, **Kimya Mühendisliği Temel Prensipleri Problemleri**, Gazi Üniversitesi Yayınları, Ankara, 1995.
-