

# YAĞ EKSTRAKSİYONU

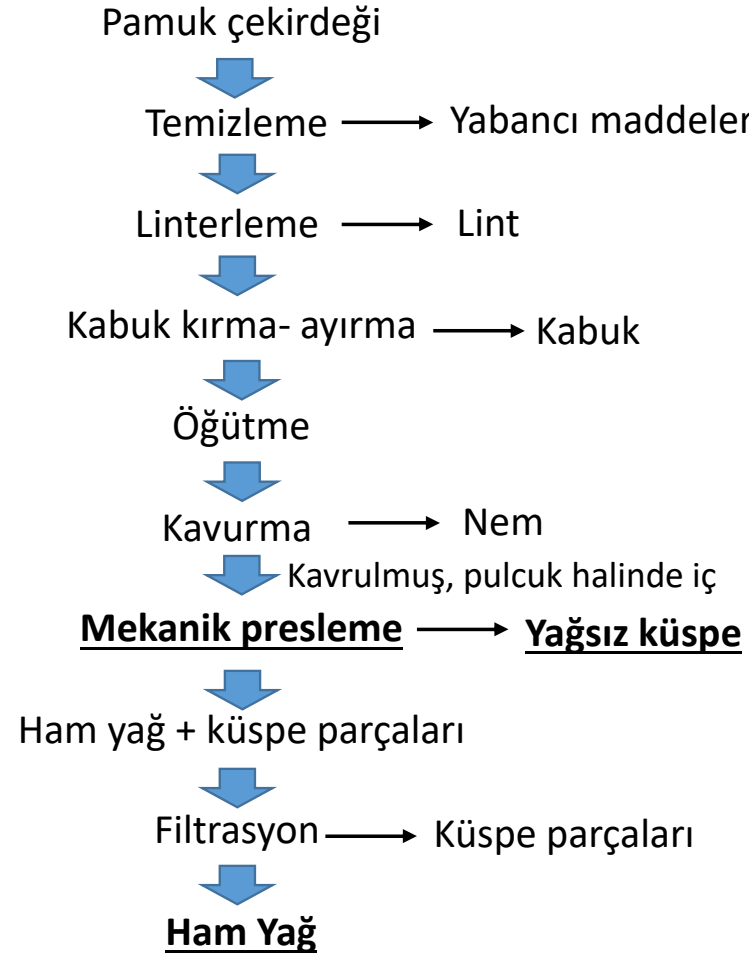
**Prof. Dr. Sevil YÜCEL**

## Yağlı Tohumlara Uygulanan Ön İşlemler

- Temizleme,
  - Pamuk tohumu için linterleme,
  - Tohumun nemlendirilmesi,
  - Kabuk kırma ve ayırma,
  - Pulcuk haline getirme
  - Kavurma
- Linterleme işlemi pamuk tohumlarına uygulanan bir ön işlemdir. Çırçır makinalarında pamuğun uzun lifleri ayrılmakta, elde edilen pamuk tohumu ise lint olarak adlandırılan ve miktarları %8-14 arası değişen kısa lifler içerir durumda yağ fabrikasına gelmektedir.

## HAM YAĞ ÜRETİMİ- PRESLEME

Pamuk çekirdeğinin mekanik presleme yöntemi ile ham yağa işlenmesi



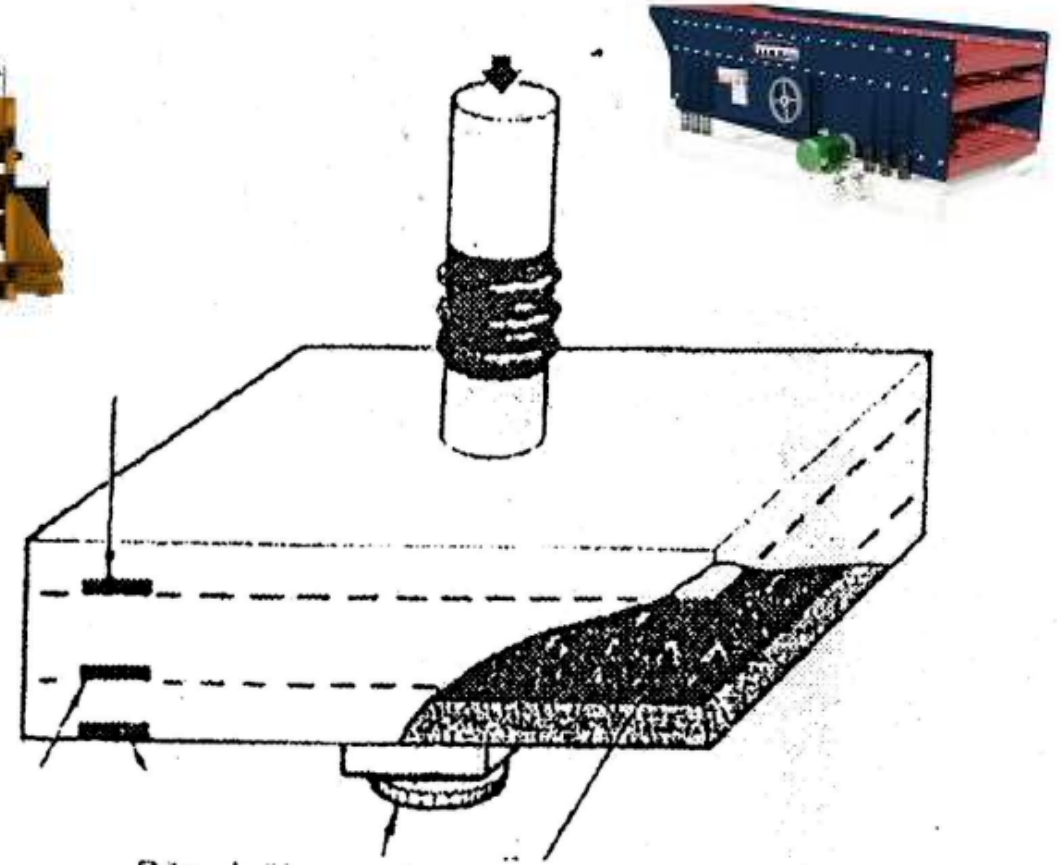
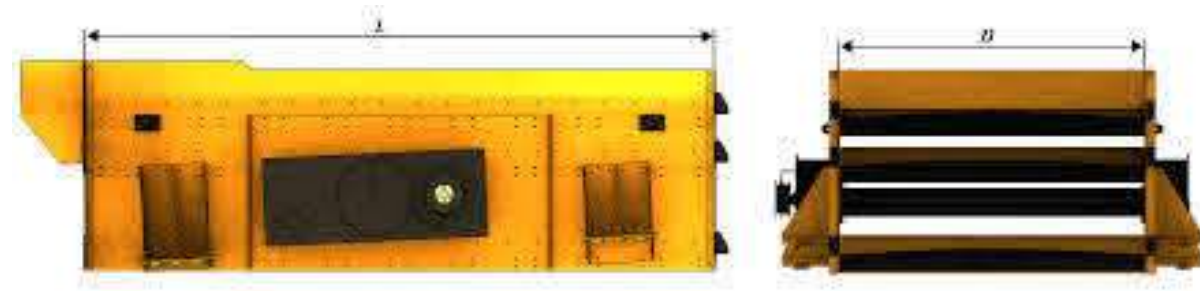
Elekler, triyörler, pnömatik (havalı) ayırıcılar, mıknatıs sistemi, linterleme makinaları (pamuk tohumunu liflerinden ayırmada), fırçalama makinaları yağlı tohumların temizlenmesinden kullanılan başlıca sistemlerdir.

**Elekler:** irilik esasına göre ayırma.

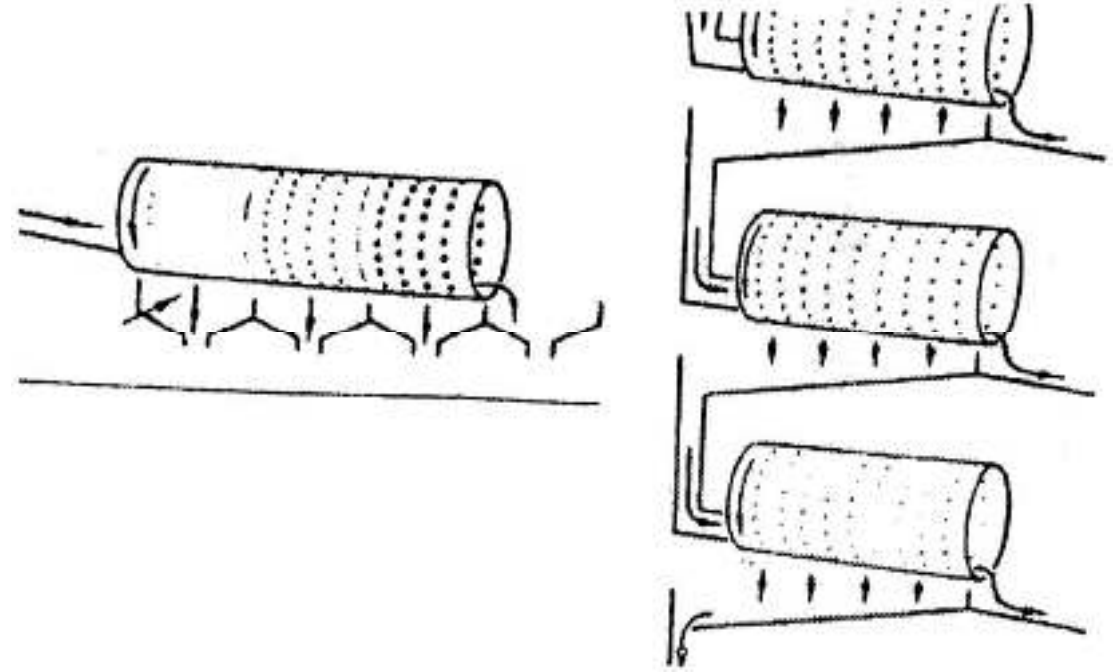
**Triyörler:** şekil farkından faydalanarak ayırma.

**Pnömatik ayırıcılar:** yoğunluk farkından yola çıkarak ayırma.

**Mıknatıs sistemi:** yağlı tohumlar içinde bulunması muhtemel olan ve tesislerde yer alan makinalara zarar verme olasılığı bulunan metal parçalarını mıknatıslık özelliğinden yola çıkarak ayırmada.

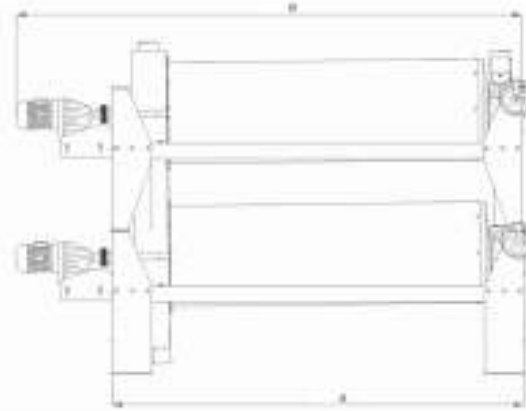
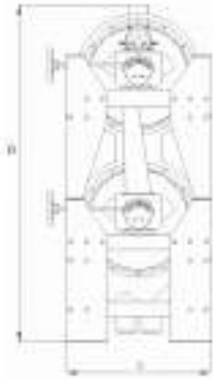
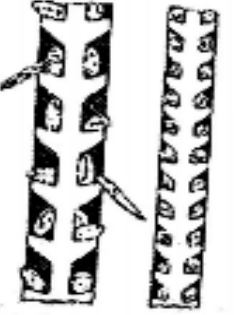
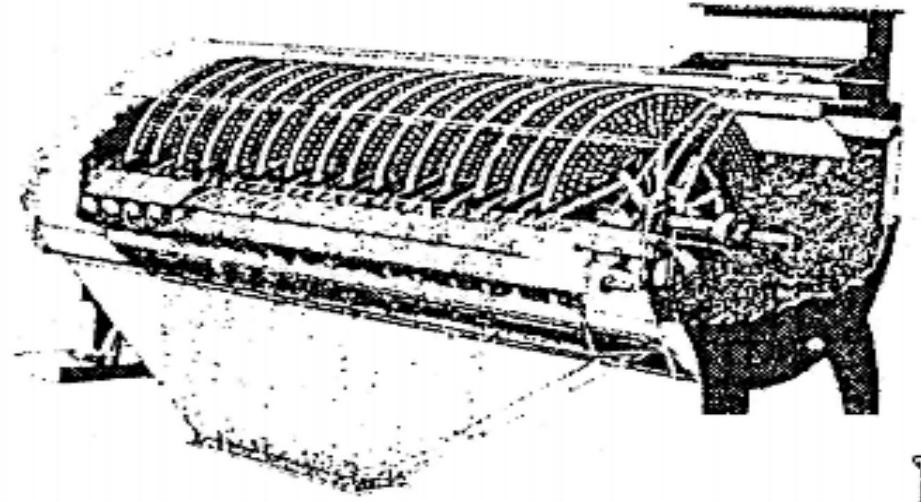


Düz-yatay eleğin genel görünüşü (Brennar ve ark. 1976)



Döner elek sisteminin kesiti ve bu eleklerin sürekli sistemde kullanımı

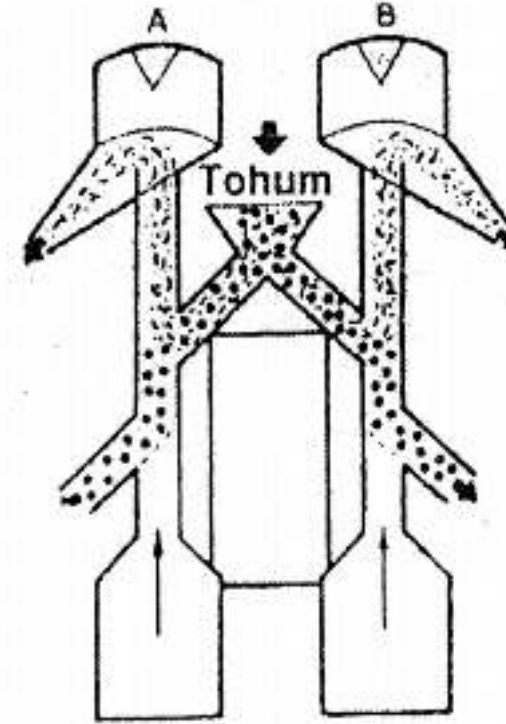




Bir triyörün genel görünüşü (Bennar ve ark. 1976)

Yağlı tohumlardaki yabancı maddeleri şekil farkı esasına göre ayırmada kullanır.





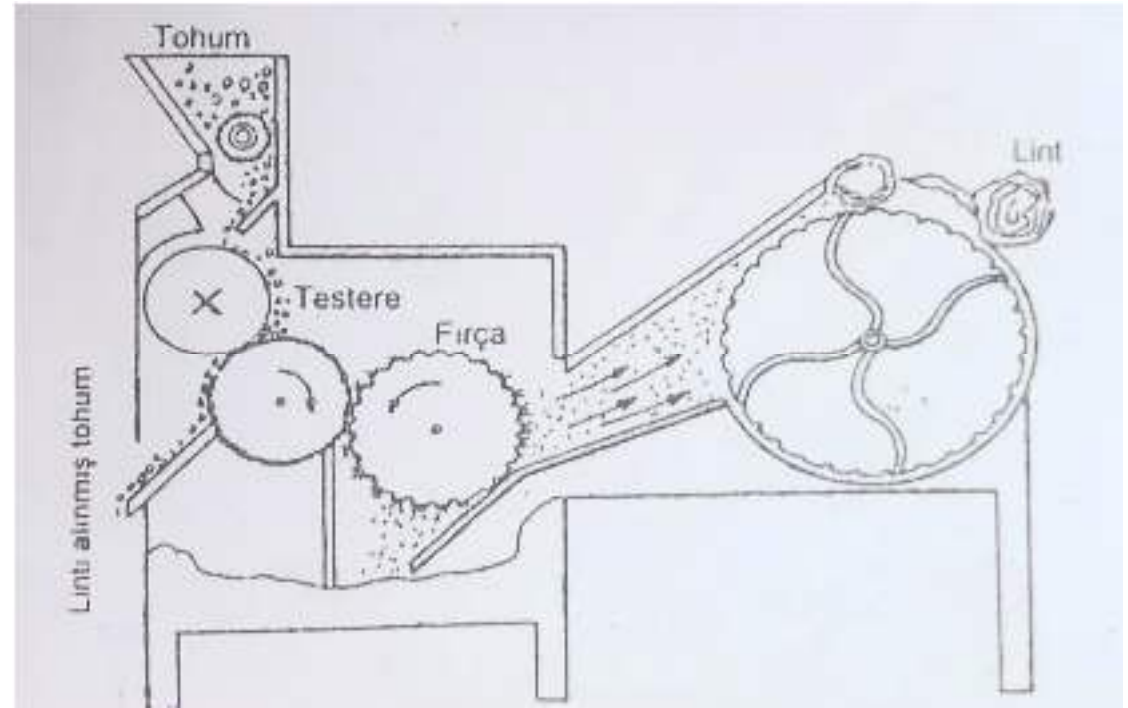
Pnömatik sistem (Brennar ve ark. 1976)



# Linterleme Makinası

- Linterleme işlemi kimyasal ve fiziksel yöntemlerle yapılabilir. Kimyasal yöntemde tohum **sülfürik asit veya hidroklorik asitle** muamele edilerek tohumdaki lintler yakılmaktadır. Ancak bu yöntem uygulandığında hem ekonomik değeri olan lintler yan ürün olarak değerlendirilememekte, hem de tohum ile temas eden asit çözeltisi yağ kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle linterleme işlemi fiziksel yöntemle yapılmaktadır.
- Linterleme makinalarında kesme işlemi 176 adet disk şeklindeki testerelerin bir mile yerleştirilmesi ile oluşturulan silindirik sistemde gerçekleştirilmektedir.
- Linterleme işlemi ile tohumdaki lint miktarı %1-2 oranına düşürülmektedir.

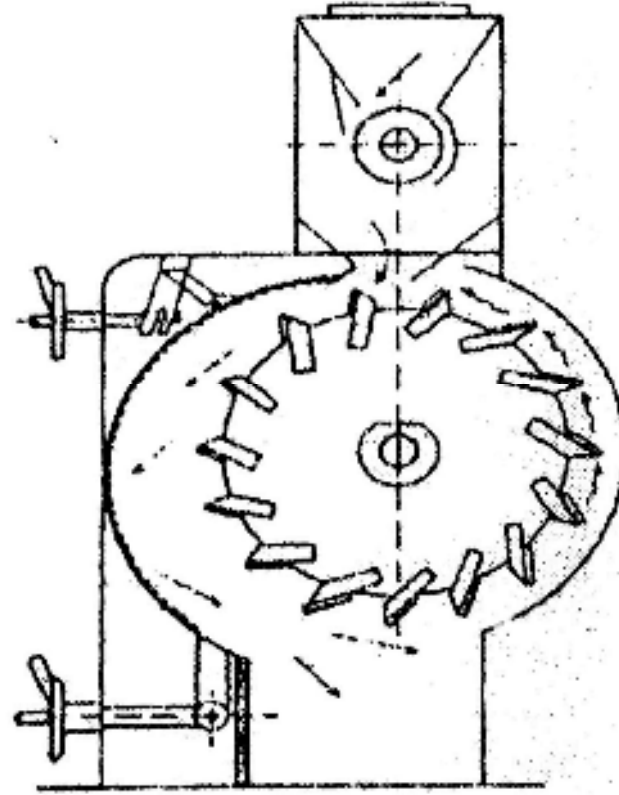
# Linterleme Makinası



## **Yağlı Tohumların Nemlendirilmesi:**

Yağlı tohumlarda kabuk kırma ve ayırma, pulcuklandırma, kavurma gibi işlemlerin daha kolay uygulanabilmesi için tohumun nem oranının %16-18 olması gerekmektedir. Bu nedenle yağlı tohumların istenen nem derecesine getirilebilmeleri için aşağıda belirtildiği şekilde nemlenmeleri gerekmektedir.

- Tohuma verilen su, homojen dağılım sağlamak için püskürtme şeklinde verilmelidir.
- Tohumun suyla temas süresi mümkün olduğunca uzun tutulmalıdır. Eğer yığında zedelenmiş tohum miktarı yüksek değilse bu süre 3-4 gün olabilir.
- Nemlendirmeden sonra tohumun yüzeyinde su kalmamalıdır.
- Nemlendirilmiş tohumlar çabuk bozulacağı için hemen yağa işlenmelidir.



Rus tipi çekikli kabuk kırıcılar (Hoffmann 1989)

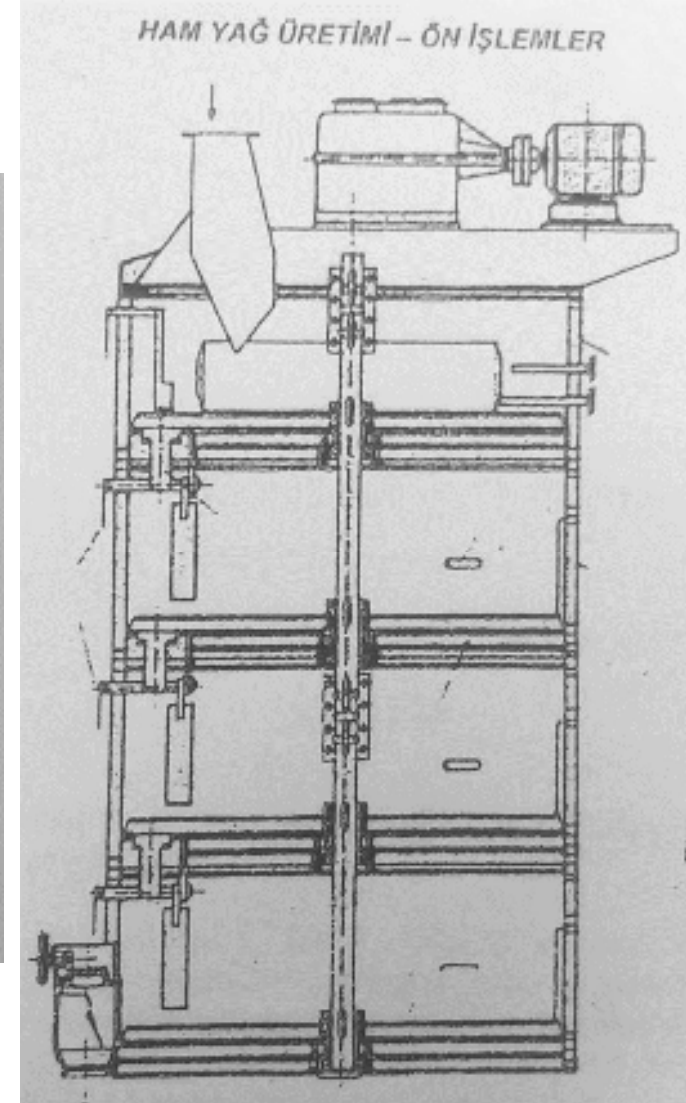
## **Tohum İinin Ezilmesi**

Pulcuklandırma işlemiyle yağı hapseden hücre ve dokular, parçalanarak yağın kendiliğinden dışarı akışı sağlanır. Pulcuklandırma işlemiyle hem hücre içindeki yağın dışarıya sızma alanı genişletilmiş, hem de yağ çıkışına karşı tohum yapısının gösterdiği direnç azaltılmış olmaktadır. Özellikle özgen ekstraksiyonunda çözgenin ie difüzyonu kolaylaşmakta, bu da ekstraksiyon hızını artırmaktadır.

# Tohumların Kavrulması

- Yağlı tohumların yağ verimlerini artırmak ve küspenin daha iyi değerlendirilmesini sağlamak için kavrulması gerekir. Sıcaklık uygulanarak yağın viskozitesi azaltılıp, akıcılığı artırılır. Hücre proteinleri koagüle edilerek, hücre zarlarına gevreklik verilerek yağın hücreden kolayca çıkması sağlanır. Tohumdaki su oranı %7-8'den %4-4,5'a düşürülür.
- Genellikle kavurma işlemi dikey ve yatay konumdaki kavurma tavalarında yapılmaktadır.

**Dikey kavurma tavaları:** Yağ sanayiinde kavurma işlemi genellikle dikey kavurma tavalarında yapılmaktadır (Şekil 2.15). Dikey kavurma tavaları; çapı 2.0-3.5 m, yüksekliği 50-70 cm arasında değişen, paslanmaz çelikten yapılmış, çift cidarlı 4-6 tavanın üst üste yerleştirilmesinden oluşan ünitelerdir. Tavaların dip kısımlarına paletli karıştırıcılar yerleştirilmiştir. Ayrıca her tavanın birbiriyle bağlantısını sağlayan, otomatik olarak açılıp kapanan kapaklar tavaların taban kısmında yer almaktadır. En üstteki tavada kavrulacak içe sıcak su veya buhar püskürtmek amacı ile kullanılan pülverizatörler bulunmaktadır. Üst tavalarda ısıtma amacı ile yüksek basınçta (70-90 psi) buhar kullanılmaktadır. Alt tavalarda kullanılan buhar, içi kavurma sıcaklığında tutmak için kullanıldığından daha düşüktür. Ayrıca her tavada ortamdaki nemi uzaklaştırmak amacı ile ekzost boruları bulunmaktadır.

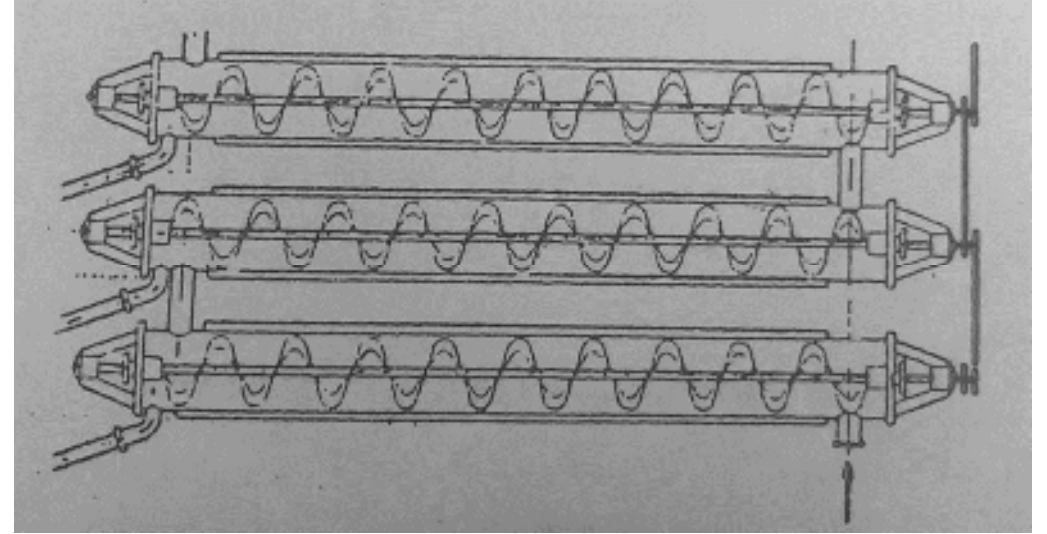


Dikey kavurma tavaları (Hoffmann 1989)



## Yatay Kavurma Tavaları:

Bu sistemin çalışma prensibi; karıştırma ve kavrulan için bir tavadan diğerine taşınımı helezonlu karıştırıcılar sağlar.



Yatay kavurma tavaları (Bernardini 1973)

# Ham yağ üretimi

- Ön işlemlerden geçirilen yağlı tohumlardan ham yağ üretiminde ham maddenin yağ içeriğine bağlı olarak;
  - Mekanik presleme
  - Solvent(Çözgen)ekstraksiyonu
  - Ön presleme-çözgen ekstraksiyonu
  - İki kademeli çözgen ekstraksiyonu

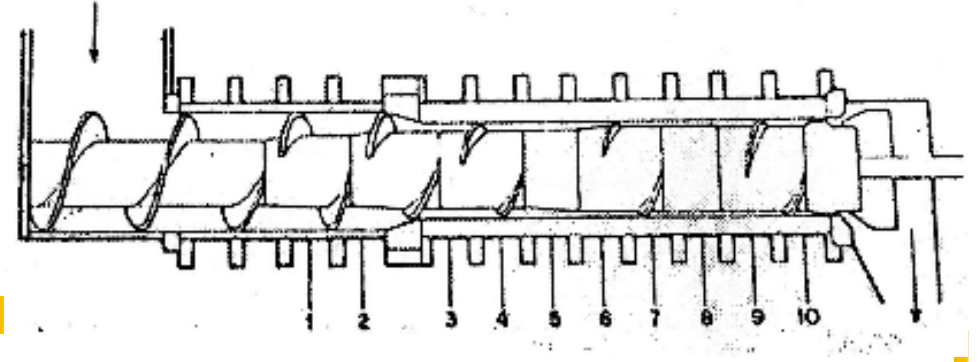
Yöntemleri kullanılır.

- Bitkisel ham yağlar, tohum ve meyvelerden preslenerek (mekanik ekstraksiyon) veya yağı çözen bir organik çözücü ile muamele edilerek (çözücü ekstraksiyonu) elde edilirler.
- Preslemede soğuk veya sıcak yöntemler, ayrı ayrı veya beraber uygulanabilir. Hemen hemen tüm uygulamalarda çözücü olarak bir petrol fraksiyonu olan hegzanın kullanıldığı çözücü ekstraksiyonu ise doğrudan tane boyutu küçültülmüş yağlı hammaddeye uygulandığı gibi, önce ön presleme ile yağının bir kısmı ayrılan kuspere de uygulanabilir. Preslemeden sonra, sıkılan yağ bir süre bekletilerek veya santrifüjlenerek su fazından ayrılır.
- Çözücü ekstraksiyonunda sonra ise elde edilen hegzan – yağ karışımından hegzan buharlaştırılarak yağdan ayrılır. Yağ üretiminde uygulanacak yöntemlerin ve çalışma koşullarının seçimi, yağlı hammadde cinsi ve kalitesi, üretim kapasitesi, kullanım yeri gibi pek çok etkene bağlı olarak yapılır.
- Benzer şekilde her iki yöntemle yağ üretiminde yağlı hammaddeye uygulanan boyut küçültme, kabuk ayırma, şartlandırma gibi ön işlemler başlıca hammadde yapısına bağlı olarak değişebilir.

# Mekanik Presleme Yöntemi ile Ham Yağ Üretimi

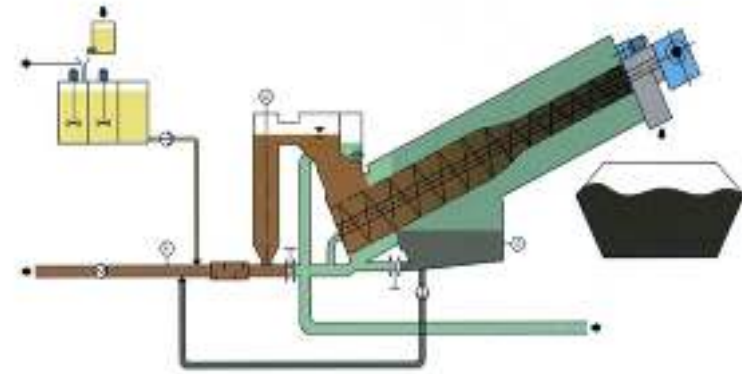
- Mekanik presleme işlemi; katı-sıvı faz ayrımı yöntemi olarak tanımlanır. Genellikle yağ oranı %20'den daha yüksek olan yağlı tohumların ham yağa işlenmesinde mekanik presleme yöntemi kullanılır Mekanik presleme işlemi sonucu esas ürün olarak ham yağ yan ürün olarak yağı alınmış küspe elde edilir.
- Mekanik presleme işleminde kesikli çalışan hidrolik presler , sürekli çalışan vidalı presler ve döner presler kullanılır.

# Vidalı presler



- İlk vidalı pres 1900 yılında V.D. Anderson tarafından geliştirilmiştir. Ekspeller olarak adlandırılan vidalı preslerin gelişmiş modeli ise 1933 yılında French Oil Mill Machinery Company tarafından üretilmiştir.
- Vidalı preslerin ana parçaları:
  - Tohum besleme haznesi
  - Konik kafes
  - Küşpe kalınlığı ayar çenesi
  - Taşıyıcı ve presleyici helezonik vidalardır.

## VİDALI PRES(dekantör)



- **Solvent Ekstraksiyonu Yöntemiyle Ham Yağın Üretimi :**  
Solventle ekstraksiyonun temeli yağın içinde çözündüğü bir organik çözgenle yağlı tohumu muamele edip yağın tohuma geçmesi sağlanır. Sonra solvent süzülerek ayrılıp, uçurulur ve geriye ham yağ kalır. Pres yöntemine göre üstünlüğü küspede en fazla % 1 oranında yağ kalır ve çoğunlukla % 0,5 civarında bulunmaktadır. Bu yöntemle yağ elde etme özellikle yağ miktarı düşük olan soya ve çigit gibi yağlı tohumlarda kullanılmaktadır. Yağ çözücü olarak bir çok organik madde kullanılmakla birlikte günümüzde Türkiye ve dünyada en yaygın kullanılan kaynama noktası 64-68 °C olan Hekzandır.

işletmeler tohumun yapısına ve yağ oranına göre çeşitli yağ elde etme yollarını kullanabilirler.Yüksek oranda yağ içeren ay ı eği gibi tohumların işlenmesinde, hem mekanik hem de solvent ekstraksiyonu ile küspedeki yağ oranı düşürülür.

%41 yağ içeren ay ı eği gibi tohumlara  npres-solvent, %20 yağ içeren soya gibi tohumlara solvent,

%30 yağ içeren pamuk gibi tohumlara ise sadece solvent ekstraksiyonu ya da pres-solvent ekstraksiyonu birlikte uygulanabilir.

#### Ekstraksiyon işlemi

Mekanik preslerden çıkan yağlı küspeler(%15-20) veya yağ oranı düşük (%18-20)  n işlemlerden geçmiş yağlı tohumlar kırıcıdan geçirilerek Ekstraksiyon Tesisine alınır.

Yağlı küspe dönme esnasında karşıt akım prensibine göre solvent ile sürekli temasta kalır ve en son saf solventle yıkanarak kompartımanı terk eder.

Solventle yıkama işlemi biten küspede az miktarda kalan hekzan'ın uçurulması için, küspe 100– 1100C'ye ısıtılır ve solventin küspeden tamamen ayrılması sağlanır.

Yağ oranı yaklaşık %1'e düşen küspe satış için ambara gönderilir.

K speden çıkan yağ ve tesiste kullanılan hekzan tesiste destile edilerek temizlenir. Yağ ham yağ olarak kullanılırken, yağsız hekzan tesiste kullanılmaya devam eder.



# Ekstraksiyon Hızını Etkileyen Faktörler

Ekstraksiyon işleminin hızı üzerine; tohumun nemi, ekstraksiyon sıcaklığı, tohum pulcuklarının kalınlığı, kullanılan çözgen miktarı/tohum oranı ve kullanılan çözgenin tipi etkili olmaktadır.

**1) Ekstraksiyon hızına nemin etkisi:** Ön işlemler arasında yer alan kavurma işlemi ile tohum pulcuklarının nemi belirli düzeye düşürülmektedir. Kavrulmuş tohum pulcuklarının ideal nem içerikleri, yağ ekstraksiyonunda kullanılacak yöntemle göre değişmektedir. Yağ ekstraksiyonunda mekanik presleme yöntemi kullanılacak ise nemin yaklaşık %5, çözgen ekstraksiyonu kullanılacaksa yaklaşık %3 düzeyinde olması önerilmektedir. Bununla beraber en uygun nem değeri, yağlı tohumun çeşidine, kullanılan çözgene ve ekstraktör tipine bağlı olarak değişmektedir.

**2) Ekstraksiyon hızı üzerine sıcaklığın etkisi:** Ekstraksiyon işleminin kullanılan çözgenin kaynama noktasına yakın sıcaklıkta yapılması, ekstraksiyon hızını yükseltmektedir. İşlem sıcaklığının yükselmesi ile çözgenin ve yağın viskozitesi düşmekte, çözgen pulcuklar arasında kolayca ilerleyerek yağ; daha kısa sürede çözebilmektedir.

**3) Ekstraksiyon hızına pulcuk kalınlığının etkisi:** Pulcuklandırma işlemi ile tohum gözenekli bir yapı kazanmakta, çözgenin tohum pulcukları ile temas ettiği yüzey alanı artmakta, çözgenin yağa ulaşması için katetmesi gereken difüzyon uzaklığı kısalmaktadır. Tohumdaki bu yapısal değişiklikler ekstraksiyon hızını da yükseltmektedir.

**4) Ekstraksiyon hızına çözgen/tohum oranının etkisi:** Çözgen/tohum oranı belirli bir düzeye kadar ekstraksiyon hızı üzerinde etkili olmakla beraber optimize edilmesi gereken bir değerdir. Etkin bir ekstraksiyon işlemi için mümkün olan en yüksek misella konsantrasyonuna ulaşmak gerekmektedir. Çözgen miktarının artması, t anında tohumda bulunan yağ miktarı ile misella konsantrasyonu arasındaki fark olarak tanımlanan ekstraksiyon işleminin itici gücünü artırarak işlemin hızını yükseltmektedir.

**5) Ekstraksiyon hızına çözgen tipinin etkisi:** İdeal bir çözgen ekstraksiyonu işlemi için yağı iyi çözebilen, viskozitesi düşük çözgen kullanımı ön koşuldur. Sıcaklığı yükselterek yağ/çözgen karışımının viskozitesini düşürmek ve difüzyonu kolaylaştırmak mümkün olduğu için,

genellikle kullanılan çözgenin kaynama noktasının altındaki bir sıcaklıkta ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Kaynama noktası yüksek çözgenlerin kullanılması önerilmemektedir. Bu çözgenler, yüksek sıcaklıkta vakımlar gibi oldukça polar bileşenlerin de çözünmesine neden olmakta, bu durum rafinasyon işlemini güçleştirmektedir. Düşük kaynama noktasına sahip çözgenlerin kullanılması, gerek miselladan gerek küspeden çözgenin daha kolay uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Özellikle kaynama noktası dar sınırlar arasında değişen çözgenlerin kullanılması, distilasyon işlemi sırasında fazla çözgen kaybının oluşumunu önlemek açısından önerilmektedir.

İdeal bir çözügede bulunması gereken nitelikler aşağıda belirtilmiştir;

- Ekstraksiyon işlemi fiziksel bir işlem olup çözügen, yağ ve küspe ile kimyasal tepkimeye girmemelidir,
- Çözügenin kendisi ve buharları zehirli olmamalıdır,
- Çözügen patlayıcı ve yanıcı olmamalıdır,
- Çözügen hammaddeye kolay nüfuz etmeli, kolay buharlaşmalı, yağda ve küspede kötü koku ve tat bırakmamalıdır,
- Çözügenin özgül ısı ve buharlaşma sıcaklığı ile viskozitesi düşük olmalıdır,
- Çözügenin donma noktası 0°C'nin altında olmalıdır,
- İşletmede günlük çözücü sirkülasyonu sırasında çözügen kaybı %0.3-0.5'i geçmemelidir,
- Çözücü kolay, sürekli sağlanabilmeli ve ucuz olmalıdır,
- Yağda kalıntı bırakmadan tümü geri kazanılabilmelidir.

**Tablo 2.2.** Bazı hidrokarbonların fiziksel özellikleri (Wan ve ark. 1995)

Özellikler	Hekzan	Heptan	Izohektan
Kaynama noktası (°C)	67-69	91-100	55-61
Buharlaştırma ısısı (cal/g)	80	75.6	77
(Btu/lb)	143.9	136	139
Yoğunluk (g/ml)	0.658-0.662	0.682-0.684	0.660

**Alkoller:** Hidrokarbonlar yerine kullanılacak çözügenler arasında propanol ve etanol gibi alkoller de yer almaktadır. Bu çözügenler petrol türevi olmadıkları için hem daha ucuz hem de toksik değildir. Trigliseridlerin %99'luk sıcak etanolde çözünübilirliği oldukça yüksektir. Ayrıca düşük sıcaklıkta, miselladan kolayca ayrılabilirler. Böylece, geleneksel distilasyon yöntemlerinden daha ucuz, hem de yüksek sıcaklık uygulanmadığı için daha kaliteli yağ elde etmek mümkün olmaktadır. Ancak fosfolipidlerin, glukozidlerin alkollerdeki çözünürlükleri yüksek olduğu için, ham yağ bu bileşenleri daha yüksek oranda içermektedir.

Özellikle pamuk tohumundan yağın ekstraksiyonunda alkollerin kullanılması, gossipolün ve aflatoksinin oluşturduğu problemlerin çözümlenerek küspenin değerlendirilmesini de mümkün kılmaktadır.

Miselladan çözgenin uzaklaştırılması işlemi; *misellanın filtrasyonu, distilasyonu, buhar distilasyonu ile kalan çözgenin uzaklaştırılması* gibi bir çok kademeyi içermektedir.

1) *Misellanın filtrasyonu*: Ham yağ kalitesi yanında, distilasyon işlemi sırasında yağın sistem içindeki sirkülasyonunu kolaylaştırmak ve ısı transferine karşı tohum pulcuklarının oluşturabileceği direnci ortadan kaldırmak için misellanın filtre edilmesi gerekmektedir. Özellikle daldırma tipi ekstraktörlerden elde edilen misella önemli miktarda tohum parçacıkları içerdiği için dikkatli bir şekilde filtre edilmesi zorunludur. Püskürtme tipi ekstraktörlerde ise ekstraktör içinde bir kademeden diğerine akan misella, sistemin çalışma prensibi gereği filtre edildiği için, miselladaki pulcuk kalıntısı önemsenecek miktarda değildir. Filtrasyon işlemi kapalı, sürekli çalışan filtre sistemlerinde ya da santrifüj ayırıcılarda gerçekleştirilir.

2) *Misellanın distilasyonu*: Tüm ekstraksiyon işleminde en çok enerji tüketiminin meydana geldiği ünite, distilasyon ünitesidir. Özellikle miselladaki yağ konsantrasyonunu %35-60 düzeylerine yükselterek, bu üniteye enerji tüketimini azaltmak mümkün olmaktadır.

3) *Ekstraktörden çıkan küspedeki çözgenin geri kazanılması*: Ekstraktörden çıkan küspe, %30-35 oranında çözgen içermektedir. Çözgenin küspeden uzaklaştırılması için "Toaster" olarak isimlendirilen sistem kullanılmaktadır. Küspe kurutma-soğutma işleminden önce bir ısısal işlem olan çözgenin uzaklaştırılması kademesinde, proteinlerin dispersiyon yeteneği ve suda protein yapısındaki azotun çözünabilirliği sağlanarak, küspe kalitesinin iyileştirilmesi de mümkün olmaktadır.

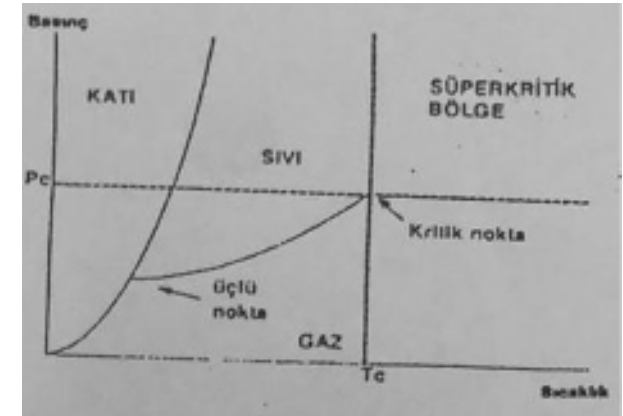
# Süperkritik Sıvı Ekstraksiyonu

Bazı süperkritik sıvıların kritik basınç, sıcaklık ve yoğunlukları

Süperkritik sıvı ekstraksiyonu, son yıllarda önemli gelişmelerin kaydedildiği bir tekniktir. Gıda sanayii ise bu tekniğin en önemli uygulama alanlarından biridir. Süperkritik sıvı ekstraksiyonu işleminin gıda sanayiindeki uygulama alanlarından biri de, yağlı tohumlardan yağın ekstraksiyonudur.

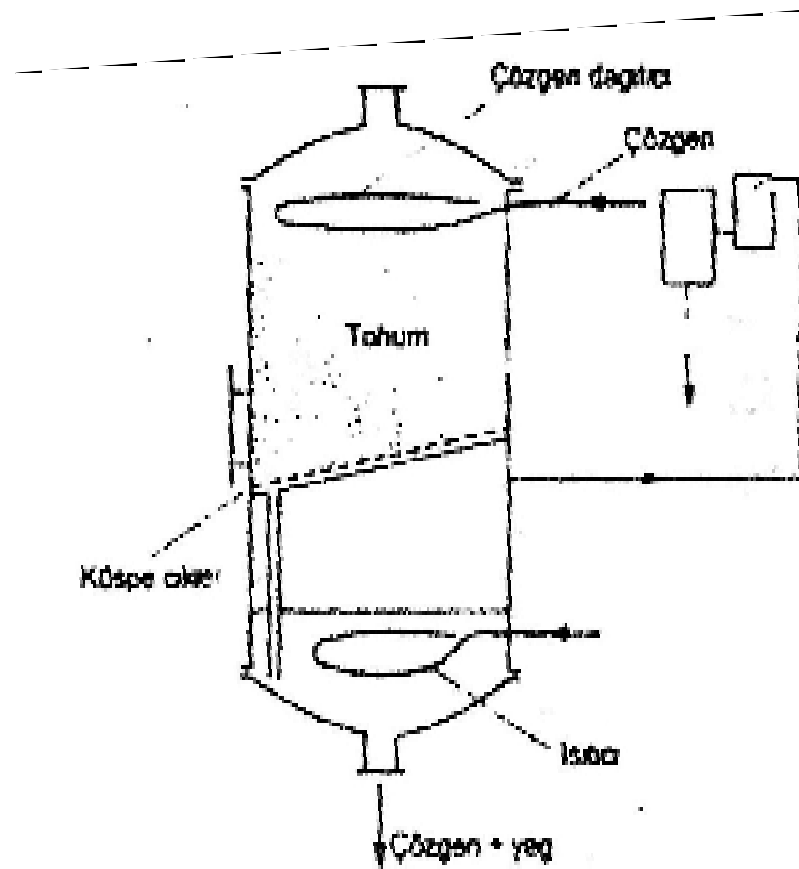
Çözgen	Kritik sıcaklık (°K)	Kritik basınç (MPa)	Kritik yoğunluk (kg.m <sup>-3</sup> )
Karbondioksit	304.2	7.38	468
Metan	190.6	4.60	162
Etilen	282.4	5.03	218
Etan	305.4	4.88	203
Propan	369.8	4.24	217
Dietileter	467.7	3.64	265
Metanol	512.6	8.09	272
Benzen	562.1	4.89	302
Su	647.3	22.00	322

Süperkritik sıvıların çözücü özelliklerinden tam olarak yararlanabilmek için bu çözücülerin veya çözücü-çözünen karışımlarının basınç ve sıcaklığa bağlı olarak değişen faz davranışlarının bilinmesi gerekmektedir. Şekil 2.34'de saf bir maddenin basınç-sıcaklık (PT) diyagramı verilmiştir. PT diyagramında kaynama, erime ve süblimasyon eğrileri ile sınırlandırılmış sıvı, gaz ve katı bölgeleri yer almaktadır. Kritik sıcaklık ve basınç değerlerinin üzerinde yer alan bölge ise süperkritik sıvı bölgesi olarak bilinmektedir. Bu bölgede, süperkritik sıvıların çözücü güçleri basınçla beraber sıcaklığın da artması ile yükselmektedir.

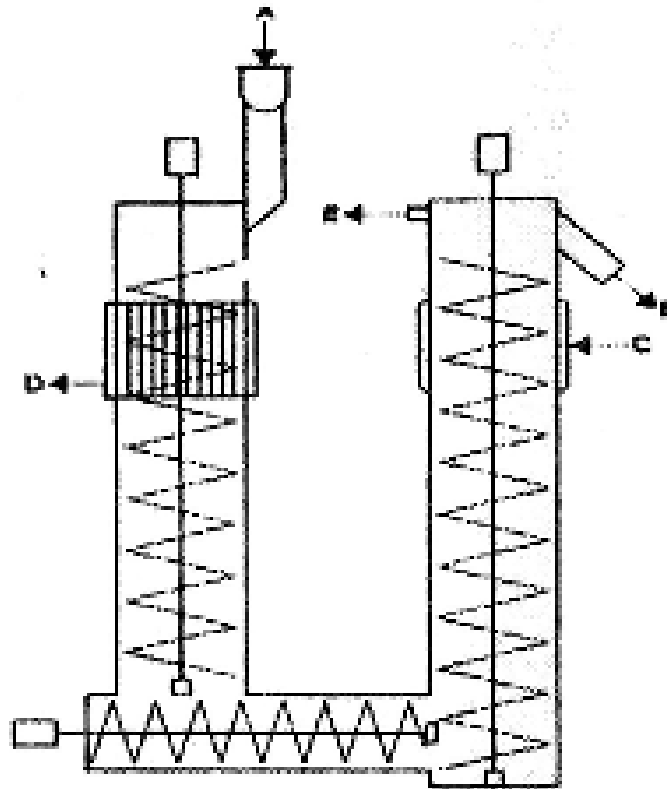


Saf bir maddenin basınç-sıcaklık diyagramı (Rizvi vd. 1986)

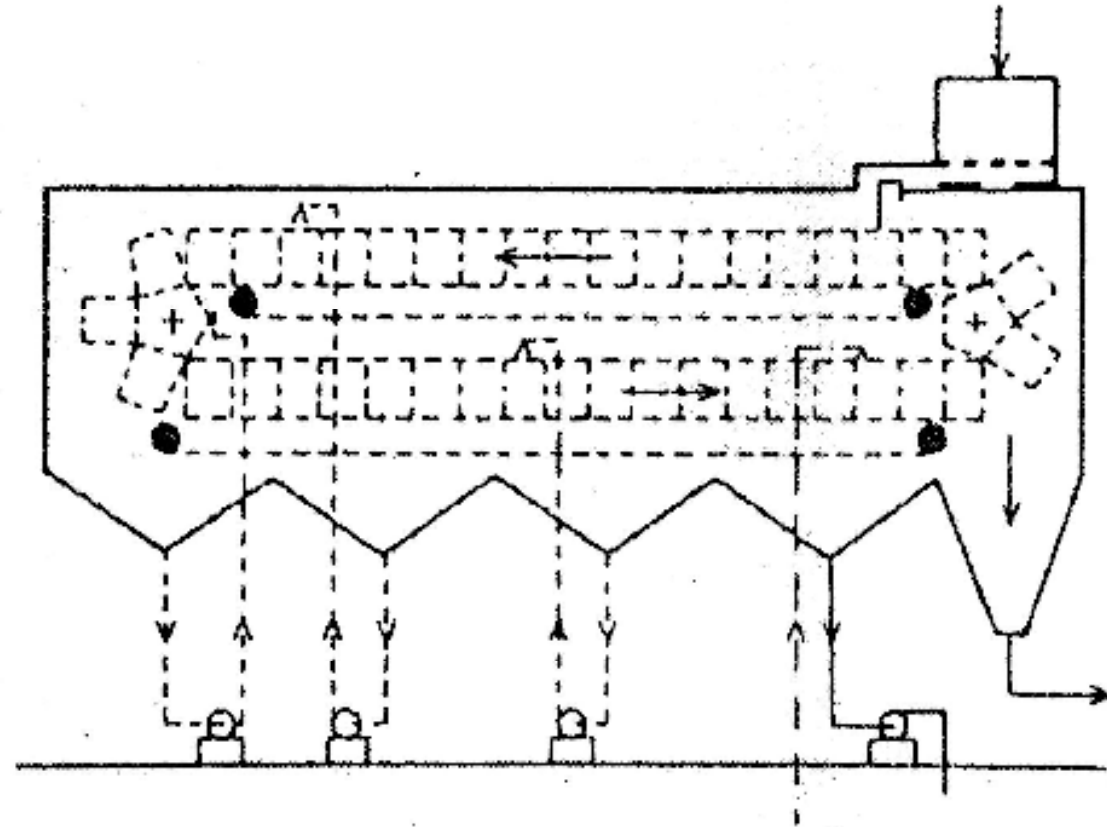
# Kesikli Ekstraktör



## Hidebrandt ekstraktörü (Bernardini 1973)

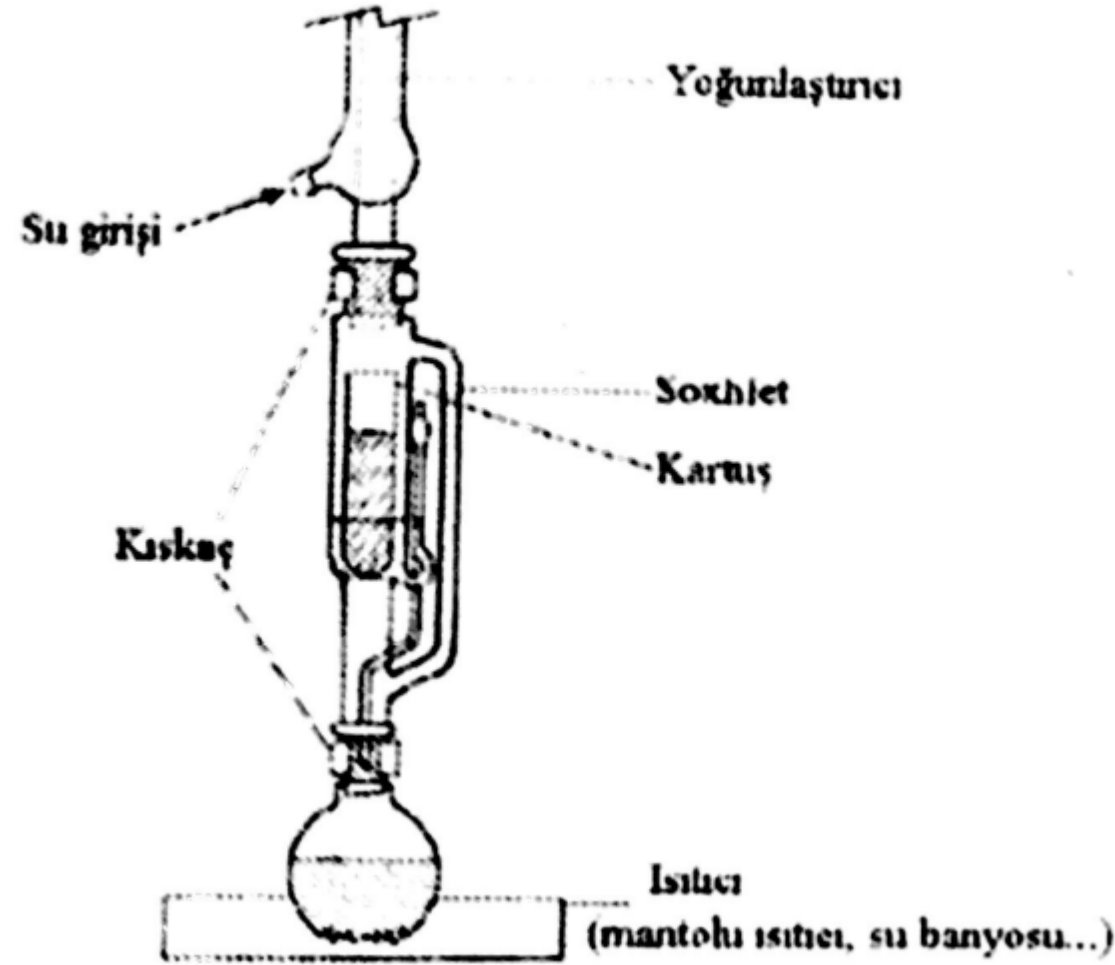


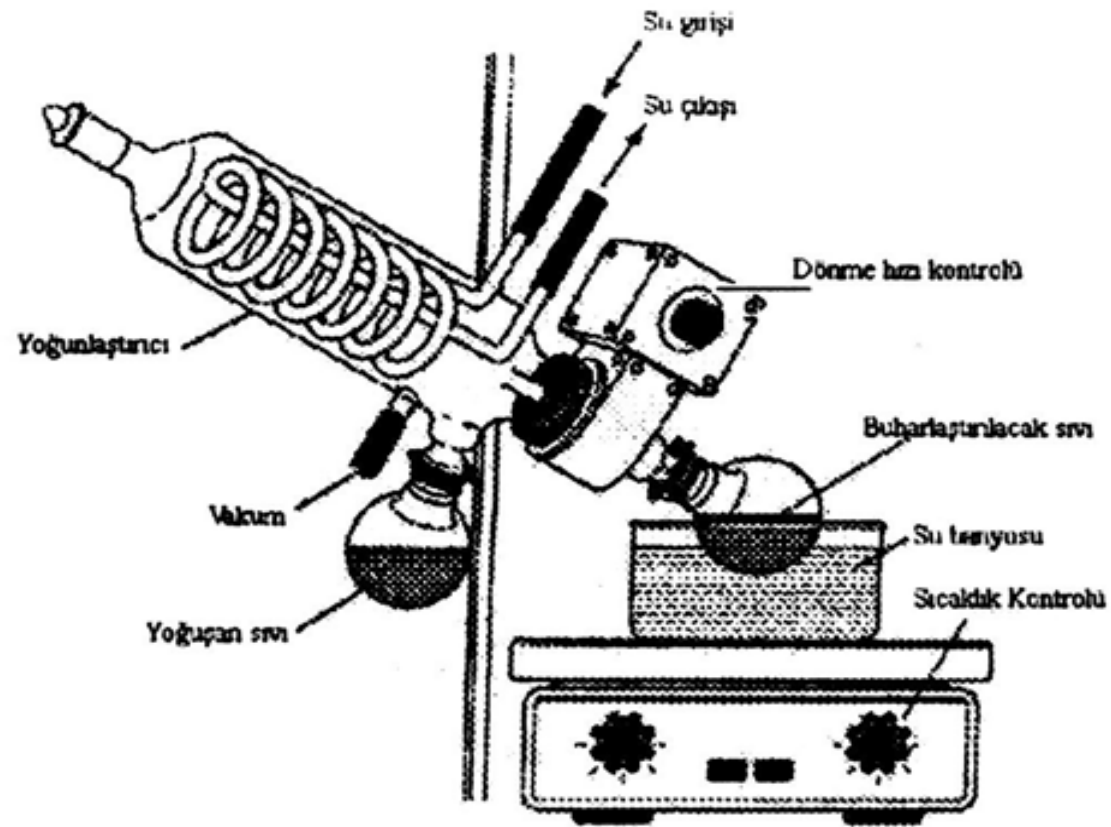




Şekil Lurgi ekstraktörü (Hoffmann 1989)

**Soxhlet ekstraksiyon** yöntemini uygulayabilmek için katı materyal kurutulur, küçük parçalara ayrılır ve bu katı parçacıklar selülozdan yapılmış olan ekstraksiyon kartuşuna doldurulur. Bu kartuş da ekstraksiyon kolunun içine yerleştirilir. Cam balona solvent olarak kullanılacak kimyasal madde konulur ve ısıtıcı yardımıyla bu maddenin buharlaşması sağlanır. Buharlaşan çözgen ekstraksiyon kolundan geçerek geri soğutucuya ulaşır. Geri soğutucuda yoğunlaşan çözgen tekrar ekstraksiyon koluna gelerek kartuş içerisinde bulunan maddeyi çözer ve cam balona geri döner. İşte bu işlem sürekli tekrarlanarak ekstraksiyon tamamlanmış olur.





Döner buhalaştırıcı