

## ◆入門講座◆

## 油脂製造技術

竹本油脂(株) 加藤保春

## 1 はじめに

大豆、菜種、胡麻などの油分を多く含む種子、米やトウモロコシ等の胚芽、オリーブやパーム等の果実、獣脂肉や内臓組織などの畜肉加工副生物、あるいはイワシやニシンなどの魚の生体組織の構成成分として、油脂は細胞組織の中に取り込まれ、細胞膜に包まれた小さな油滴として存在している。

これらの生体組織から、その大部分がトリグリセリドから成る脂質区分を、他のタンパク質、繊維質、糖質、さらには微量に存在する酵素や生理活性物質と区分けして、効率的に油脂を取り出し、風味、色調、保存性などの品質を損なう不純物を経済的に取り除く技術を確認することが油脂製造技術の目的である。

動物油脂は、油脂が細胞膜に包まれているだけであり加熱することで容易に溶出する。一方、植物油脂は細胞膜の外側に堅い細胞壁に、さらには種皮に包まれており容易には採油されにくい。そこで本稿では、日本でもっとも多く生産されている大豆油、菜種油の製造工程 (Fig. 1) に沿って植物油脂の製造技術を述べたい。

## 2 植物油脂の製油工程

製油工程は、収穫した油糧原料から油脂を取り出す工程である。この工程は、貯蔵原料の水分調整、原料の精選、粗砕・圧扁、脱皮・脱殻などの採油の準備工程と採油工程とからなる。

## 2.1 準備工程

## 2.1.1 貯蔵原料の水分の調整

採油前の原料保管中の水分は、たとえば水分が高すぎると酵素が活性化し油脂を加水分解するなど、品質の変化と収量に大きな影響を及ぼす。大豆種子は9~13%、菜種種子は10%以下、米糠は2~4%で保管される。

## 2.1.2 精選工程

工場に入る油脂原料には、収穫時に混入する異種植物の種子や茎や葉、ダメージを受けた損傷種子、未熟種子など、さらには土砂や小石、金属片が混在している。また包装材料の紐や袋の屑などが随伴してくる。例えば、大豆原料には常に割れ豆が存在する。割れ豆は屍死したものであり品質劣化が著しい。あるいは、菜種の未熟種

グリーンシードはクロロフィルの緑色色素が多量にある。これらを多く含む原料を使用すれば、産出される油脂および油粕 (ミール) とともに悪い品質のものとなる。従って原料中のこれらの含量に大きな注意を払わなければならない。土砂、小石や金属片の混入は、製品の品質を損なうばかりか、製油作業中に設備との接触や摩擦によって機械を破損したり、場合によっては発火の原因となることがあるので、できる限りこれらを取り除く必要がある。その選別には、粒子の大きさによる篩分け、比重の差を利用する風別、磁石による金属片の除去などの組み合わせがある。

## 2.1.3 粗砕・圧扁工程

採油の原理は、生体の細胞膜で包まれて存在する脂肪球から油脂部分を流出させるか、溶剤で溶出させることであるから、とにかく外側を取り囲んでいる種皮、細胞壁や細胞膜を物理的に圧壊するか、裂開して油脂の流れ出る流路や、溶剤が進入する通路を確保することが必要である。その手段が粗砕であり、圧扁である。共存するタンパク質を変性させて、種子の加工を容易にするために原料種子が予め加熱されることもある。種子の大きさや固さに、色々相違があるので粗砕や圧扁の仕方も変わる。大豆では普通一回通して八ツ割りし、約0.3ミリに圧扁する。

## 2.1.4 脱皮・脱殻工程

大豆、菜種は普通搾油前に脱皮は行わないが、ハイプロテインの脱脂大豆や食品タンパク製造のための脱脂粕 (ミール) を製造するときは脱皮を行う。

綿花の実から採綿された後のコットンシードにはおよそ10%の綿毛 (リトン) が付着している。リトン付きのまま搾油されることもあるが、油分のロスが多いので実用的でない。脱リトン後の種子 (綿実) も、その43~60%は殻であり、その殻以外の核の中に油脂が30~40%含まれている。従って採油前に綿実から、リンター (短毛) と殻を除去することが必要になる。リンターマシンで大部分のリンターを除いた後、ハラールで殻を破り、デハラールで殻 (ハル) を取り除いた後、核 (ミート) を搾油する。

## 2.1.5 搾油前の水分調整と加熱処理工程

搾油の前処理としての水分共存下の加熱処理 (クッキ

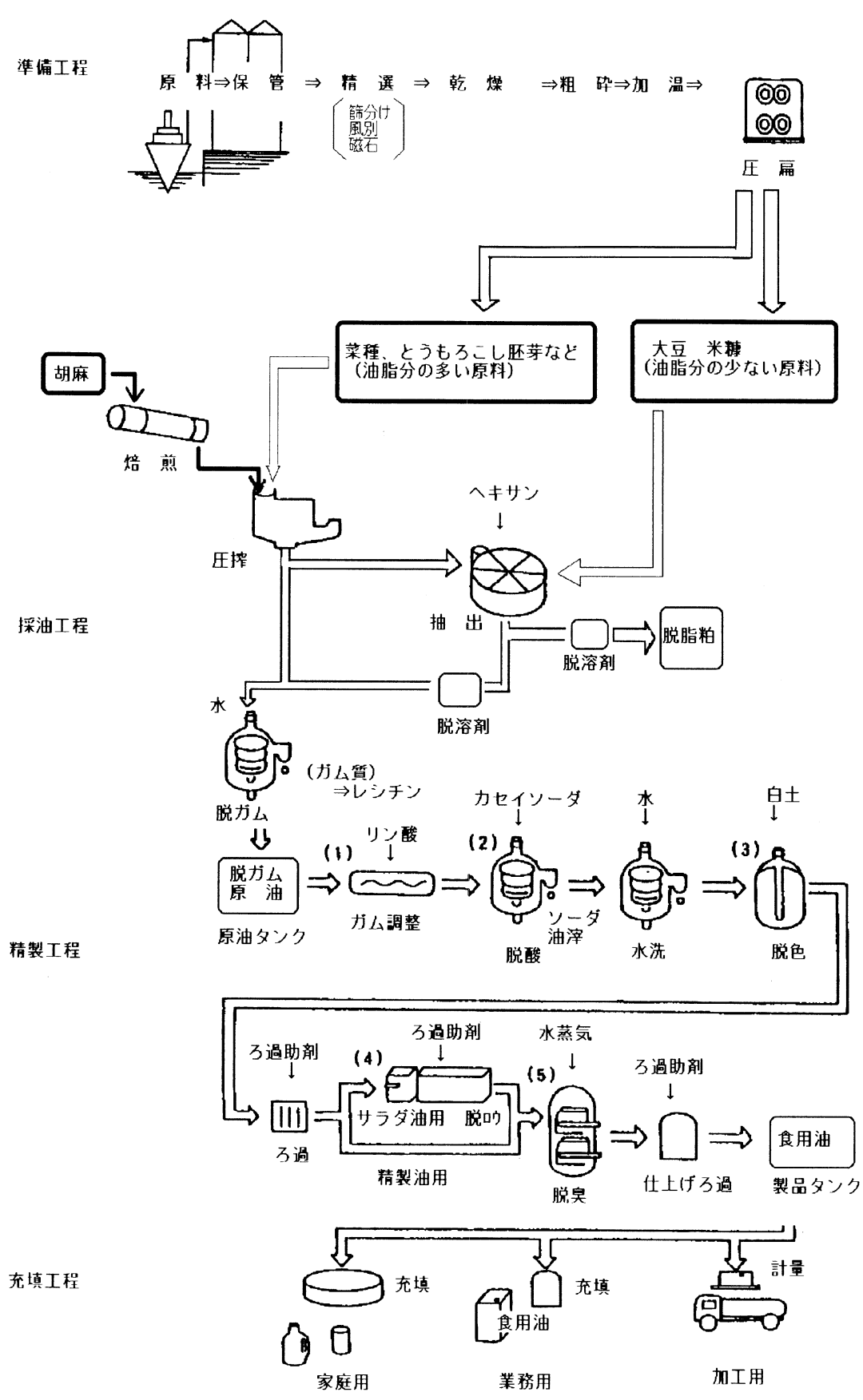


Fig.1 油脂製造工程図

ング)は製油工程において極めて大切な工程である。

その効果は、a) 油糧種子中のタンパク質を凝固し、油滴を集合させ、できた油滴の流動性をよくすると共に、細胞組織の間の油の通過を容易にする。b) 油脂区分と他の細胞膜表面との親和性を低下させ、ミールと油脂の分離を良くする。c) 種子の乾燥により、種子の固形部の可塑性を良くする。d) ホスファチドや他の油溶性成分を不溶化し、油中への不純物の溶出を抑制する。e) かびやバクテリア、酵素の働きを失活させる。f) 総合効果として粗油の収量を高め、その品質を向上させる。一般に、掃き寄せ、かきませ用の攪拌機を備えた密閉円筒型スチームジャケットを数段積み上げたスタッククッカーが使われる。

## 2・2 採油工程

植物油の採油方法には、a) ごま油、オリーブ油等の油分が多く、小規模でフレーバーなどを珍重するものに適用される圧搾法、b) 大豆油、こめ油等の油分の比較的少ないもの(油分20%程度の油分原料)に適用される溶剤抽出法、c) たね油、とうもろこし油、綿実油等の油分の多いものに適用される圧搾法(圧搾法で絞って油分20%前後の油滓にしておいて更に溶剤抽出する方法)が挙げられる。

### 2・2・1 圧搾法

油糧種子から物理的な圧力をかけて、その含有油脂を搾り出す方法である。

この方法は、設備費が安価であるという利点があるが、搾油後のミール中に6~9%程度の油分が残ってしまうので、胡麻、オリーブ、菜種といった油分の多いものに適用される。焙煎して独特の風味をつけてから搾油するごま油や風味を珍重するオリーブ油は、後述する溶剤抽出法では独特の風味が損なわれてしまうので圧搾法で採油され、静置分離と濾過を繰り返し清澄な製品とされる。ただし、ごまサラダ油や精製オリーブ油は後述する、一般的な精製(アルカリ脱酸、脱色、脱臭)を施して製品とする。

比較的低圧の圧力が必要とされる、例えばカカオ脂を搾油する場合に行われる、容器の中に種子を入れ水圧等の圧力をかけ搾り出すバッチ式の圧搾法と、通常工業的に用いられる各種エキスペラー(徐々に間隔を狭めてゆき高圧がかかるようになっていくスクリュープレス)を用いる連続圧搾法がある。

現在では500 T/Hという能力を持つローズダウンエキスペラーが菜種の搾油に使われている。

### 2・2・2 溶剤抽出法

前処理した油糧種子から、含有する油脂を溶剤に溶か

しだし、その後溶剤をとばして油脂を得る方法である。この方法では、抽出後のミール中の油分は1%以下となるので、大豆、米糠等比較的油分の少ないもの(油分20%程度のもの)に適用される。

バッテリー式に組み替えたコメ油の採油にみられる、バッチ式の浸漬による抽出法と、油糧原料と溶剤を接触させ連続的に抽出する方法がある。

連続式抽出法には溶剤を貫通させ抽出する方式と、浸漬して抽出する方式がある。貫流式では原料種子のフレーク自体がミセラ(油脂と溶剤の混合溶液)中に浮遊する微粉の濾過剤として機能しており、ミセラが清澄性で濾過が簡単であるというような利点がある。貫流式連続抽出機としては、ロートセル(Rotocel)抽出機、デスメット(De Smet)抽出機、ルルギ(Lurgi)抽出機などが多く実用化されている。Table 1に貫流式と浸漬式の得失の比較を示す。

抽出溶剤としては、性状や経済性から一般的にノルマルヘキサンが使用されている。

### 2・2・3 圧搾法

含油分が30%を超えるものの採油には、採油効率、エネルギーコストなどの観点から、はじめに油脂原料を圧搾し油を搾りだし、次に油滓に残存する油を溶剤抽出する方法が行われる。菜種、とうもろこし胚芽等の採油で行われている。

## 2・3 精製工程

いずれの採油方法においても、採油された油脂(粗油)の中には、原料あるいは工程中に混入した、水、土砂、塵埃、繊維、油粕の微粉、水和したタンパク質や粘

Table 1 貫流式と浸漬式の得失の比較

貫流式	浸漬式
(1) ミセラ濃度が高い。	(1) ミセラ濃度が低い。
(2) ミセラが清澄で、濾過が簡単である。	(2) ミセラに微粉やフレークが浮遊し、濾過が困難である。
(3) 抽出粕とミセラの分離がよい。	(3) 抽出粕とミセラの分離が良くない。
(4) 抽出原料の破碎が少なく、均一な粕が得られる。	(4) 抽出原料が破碎されやすく、粕の大きさが不均一になる。
(5) チャンネリングを起こしやすく抽出効率が劣る。	(5) チャンネリングがなく、抽出効率がよい。
(6) 機構がやや複雑である。	(6) 複雑な機構が少ない。
(7) 抽出機全体をケーシングで囲むため全体に大型になる。	(7) 機内に無駄なスペースが少なく、全体にコンパクトである。
(8) 機内の溶剤保有量が少ない。	(8) 機内の溶剤保有量が多く、大型装置には不適。
(9) 原料の切り替えが容易。	

質物など、油脂に溶解しがたい成分が存在したり（懸濁性夾雑物）、遊離の脂肪酸や、モノ、ジグリセリド、着色物質や有臭成分、脂質の酸化生成物など、食用油としての色調や風味や、その保存性を損ねる油溶性の不純物が混在している（油溶性夾雑物）。場合によっては、原料種子に付着した農薬や汚染物質が溶解していることもある。これらの食用油としての機能を損なう非グリセリド型の諸成分を、効果的に分離除去して、利用価値の高い優れた品質の油脂に仕上げるのが精製工程である。標準的な精製工程は、脱ガム工程、脱酸工程、脱色工程、脱ロウ工程、脱臭工程からなる。

植物油の精製法としては、(a) 粗油をアルカリを用いて脱酸し、活性白土で脱色した後、高温、高真空中で水蒸気蒸留して、臭気成分を除去（脱臭）するアルカリ精製法と、(b) 遊離脂肪酸がトリグリセリドより沸点が低いことを利用して、真空蒸留により脱酸し、その後活性白土で脱色した後、脱臭する、蒸留脱酸法がある。

マレーシアのパーム油精製工場では、蒸留脱酸法が行われている。また、こめ油の精製でも蒸留脱酸法が用いられるようになってきた。アルカリ精製法に比較して製品歩留まりが高いことが採用の理由と考えられる。

前述した様に、ごま油、オリーブ油や落花生油などのように、その原料由来の好ましい香りや風味を賞味するような場合には、可能な限り異物の混入を防げるように、原料の選別、採油の方法を慎重に行って、採油後の粗油について、混在する水分や懸濁する不溶性の夾雑物を除去するに止め、標準的な精製操作は施さない。

精製工程中で除去される夾雑物を Table 2 にまとめて示した。

### 2・3・1 搾油中の懸濁性夾雑物の除去工程

懸濁性夾雑物は、まず静置タンクに放置して、自然沈降によって多くの部分は除去される。圧搾法によって採油された粗油には、つねに圧搾粕の微粉が混在している。例えば、菜種、落花生、とうもろこし、胡麻、綿実、

Table 2 精製工程中に除去される夾雑成分

工程	分離される成分
脱ガム	ホスファチド（リン脂質）、ガム質（粘着物）、ステロール、金属塩
アルカリ脱酸	遊離脂肪酸、油溶性ホスファチド、着色成分、金属塩
水洗	セッケン分
脱色	色素（カロチノイド、クロロフィルなど）、着色成分 セッケン分、不けん化物、金属化合物
脱ろう	ワックス、ステロイド、固形脂
脱臭	遊離脂肪酸、不けん化物（ステロール、トコフェロールなど）色素、有臭成分、残留農薬など

サフラワーなどの圧搾粗油には、いずれも1~5%に及ぶ固形物が浮遊し、水和して析出分離し始めたガム質を含めると9%にも達することがある。これらは、沈降タンクに静置するか、振動篩やフィルタープレス、遠心分離機などを用いて除去される。この際得られる固形状の分離物は原油オリと呼ばれ、再び採油工程に戻される。

### 2・3・2 脱ガム工程

採油直後の粗油から不溶性の夾雑物や水分を除去した後も、レシチンやその関連化合物である各種のホスファチド、さらにはリポプロテイン、粘着物など、吸水すると膨潤して水和ガムとなり、粗油中に析出してコロイド状に懸濁する物質が存在する。これらを総称してガム質と呼ぶ。植物油のガム質の含有量は油種によって異なるが0.03~3%ある。

ガム質が除去されないと油の静澄は難しく、アルカリ脱酸時においても、セッケン分の分離を困難にするなど、精製ロスが大きくなり、精製油の品質を低下させる原因となる。ガム質の適切な分離、除去は金属塩の除去と共に油脂精製の成否を左右する重要な工程である。このプロセスを脱ガム工程という。

抽出法によって採油される場合は、溶剤回収前のミセラの状態では固形分が除去されるので、抽出粗油には固形分の夾雑物は少ないが、溶剤回収後、かなりの水分が粗油中に懸濁し水和したガム質が分離しやすい状態になり始め、そのまま放置すると次第にガムの析出、沈降が始まってくる。従って抽出法の場合には、溶剤回収後なるべく早く強制的に水和処理し、水和性ガム質を析出させ、遠心分離機で分離する。いわゆるデガミング（脱ガム）を行い、粗油をデガムド（脱ガム油）の形で回収することが多い。このドデガムド油をわが国では原油と呼ぶ。

具体的には、ガム質を水和するのに必要な量の水を加え（大豆油の場合はレシチン含有量の75%に相当する1~3%程度）、攪拌しながら75~80℃に加熱し、ガム質を水和膨潤させた後、少し温度を下げて集合させ、分離析出しやすい形に整えてから、油脂分との比重差を利用して、静置したり、遠心分離機を用いて振り分けるものである。

### 2・3・3 ガム調整（ガムコンデショニング）工程

一方、粗油中には単なる水和によって析出分離する親水性ガムのほかに、Ca、Mgなどの金属と結合し、油溶性ガムとして油脂中に溶解し、温水、あるいは生蒸気処理のみによっては油脂から除去することの難しいホスファチドが存在している。普通水和脱ガム大豆油中に0.2~0.6%程度含まれる。このような油溶性ガムの除去は、リン酸、酢酸、クエン酸、蔞酸、マレイン酸、タン

ニン酸など、比較的油脂に溶け易く、油脂中に溶解している金属をキレートすることのできる各種の酸を用いて処理することで、油溶性ガムを親水性ガムに変えて分離する。大豆油やなたね油のように比較的ガム質の少ない粗油の場合、アルカリ水溶液を用いる脱酸工程に入る直前にリン酸を添加して、熱処理した後、特に遠心分離を行わないで、そのまま次の工程に移行するのが一般的である。

#### 2・3・4 アルカリ精製法による精製

##### 2・3・4・1 脱酸工程

粗油中に存在する遊離脂肪酸の量は、ふつう酸価(Acid Value, AV)として表現される。その大小は採油原料の良否、保存状態の適否など、粗油の歩留まりの履歴を示す代表的な指数である。色調、風味の良好な、劣化の少ない食用油の製造のためには、この遊離脂肪酸の除去は欠かせない要件であり、脱酸工程は油脂の精製作業の中でも重要な工程である。基本は遊離脂肪酸の除去が目的であるが、この工程において粗油中になお存在する粘着物、ホスファチド、各種の金属塩、着色成分など、いわゆる不純物質も併せて分離、除去される。

代表的な方法は、アルカリ水溶液を用いて油脂とよく混合、接触させ、遊離脂肪酸を中和し、比重差を利用し遠心分離し、アルカリフーツ(ソーダ油滓)の形で油脂分と分離するアルカリ脱酸法である。

中和脱酸において、アルカリとの接触によって油脂のケン化分解が起きロスが生ずる。また、アルカリフーツ中への油脂の抱き込みによるロスもある。さらに、遠心分離機を使用するのでかなりエネルギーを費やす。これらを回避する目的で、静置した希アルカリ水溶液中を、直径1~2mmの油滴を細流の形で浮上させ、中和されて生成したアルカリフーツはアルカリ液中に溶解したままで分離するプロセスも開発されている(ゼニスプロセス)。

フェノール性着色成分であるゴシポールを多く含む綿実油では、粗油の脱酸工程において、濃度の高いアルカリ水溶液を使用し、単に遊離脂肪酸の中和にとどまらず、多少のけん化反応を伴いながら、脱酸、脱色を行うことが必要になり、中性油の歩留まりを下げることになる。

これら酸価の高い粗油から、中性油の歩留まりをあげるための方法の一つとして、綿実油ではノルマルヘキサンミセラ中で、こめ油ではヘキサンとアルコールの混合溶剤を用いて、ミセラ中でアルカリと反応させる溶剤精製法が開発されている(アルカリ脱酸法の改良法)。

脱酸した後、残留する石けん分を除くために水洗する。

##### 2・3・4・2 脱色工程

脱色工程は、粗油中に含まれる着色成分を除去して、淡色の精製油に仕上げる工程である。ここで用いられる活性白土などの吸着剤は、(a)着色成分、(b)アルカリ脱酸水洗後の残留石けん分、(c)酸化促進剤として働く各種金属塩、(d)脱臭後の油の味やフレーバーを損ない油脂の安定性を悪くすると見られる各種の不確認不純物などの除去を目的とする。アルカリ脱酸水洗後の油脂の中には、通常10~100ppm程度の石けん分が含まれており、その存在は油脂の加熱中の劣化を促進し、水素添加工程の妨げとなる。またなたね油や、未熟種子に多く含まれているクロロフィルやフェオフィチンなどは、油脂の酸化促進作用を示し、その除去は油の安定性に寄与する。しかし、一方では天然の酸化防止剤として機能するトコフェロール、カロチン、ホスファチドなども吸着され含有量が減少する。

脱酸水洗した油脂を加熱し、攪拌しながら0.1~2%程度の活性白土を添加し、90~120℃で10~20分保持し脱色した後、冷却しフィルタープレスで濾過する。常圧下で脱色すると、油脂の酸化が促進され、活性白土の活性が損なわれるので、密閉容器で減圧下で行うのが普通である。

##### 2・3・4・3 脱ろう工程

脱ろう工程は、耐寒性の良い食用油を得るため、油脂に存在するろう分を取り除く工程である。一般に高融点ろうを除くことを脱ろうといい、低融点ろうおよび固体脂を除くことをウインタリングという。一般に脱ろうは常温(20~25℃)で析出するものを除去し、ウインタリングは5℃付近で析出するものを除いている。ウインタリングは冷却タンクで徐冷し保冷し、結晶を析出させる。いずれも濾過によって固体物質を分離する。

##### 2・3・4・4 脱臭工程

脱臭工程は、食用油製造の仕上げ段階に当たる最終工程であり、食用に供して好ましくない不快な臭いや呈味物質を除去し、さわやかな風味を持つ、色調の良い、かつ保存安定性の良い精製油を作り出す工程である。高真空下(2~4mmHg程度)、高温度(250~260℃程度)に加熱し、水蒸気を吹き込みながら水蒸気蒸留することによって、有臭成分や、脂肪酸、不けん化物などの揮発性成分の大部分を留去する。カロチンのような色素は、このさい一部破壊されて退色する。金属塩は、脱臭操作の前あるいは後で添加されるクエン酸によって除去される。

脱臭装置の基本的な型として、バッチ式、半連続式、連続式があり、小ロットではバッチ式、多種類の油脂を取り扱う場合には半連続式、大量単一品種を処理すると

きは連続式が効率的である。

### 2・3・5 蒸留脱酸法による精製工程

以上説明してきたアルカリ精製法には、パーム油、ヤシ油やこめ油のように、粗油の酸価が高いときは、脱酸工程で中性油の乳化が起こったり、乳化した中性油のけん化分解が進行したりして精製歩留りが大幅に低下するという欠点があり、通常、脂肪酸含有量が数%以上になると、アルカリ精製は極めて困難となる。そこで、中性油の歩留まりを上げるために、アルカリと反応させてセッケンとして脂肪酸を回収するのではなく、水蒸気蒸留をして脂肪酸を蒸留分離する方法が開発された。この方法を、蒸留脱酸法あるいはスチームリファイニングプロセス、もしくはフィジカルリファイニングプロセス(PR法)という。この方法はガム質やホスファチド含量が少ないことが重要であり、これらの含有量の少ないパーム油、ヤシ油やひまわり油には適している。大豆油のように含有量の多いものは、脱ガム(ガムコンディショニングを含む)を充分行う事が大切である。活性白土で脱色後、高真空下で水蒸気蒸留(脱酸)→脱臭する。水蒸気蒸留(脱酸)後、通常通り脱色、脱臭する事もある。蒸留脱酸法はアルカリ精製法に比較し、設備費が少なく、運転コストが安く、副生する脂肪酸の品質が良いなどの利点がある。反面蒸留脱酸法は、粗油の品質が悪いと精製が難しくなったり、また、一般に精製油の風味安定性がやや劣るなどの欠点もある。風味安定性の良い大豆油を蒸留脱酸法によって製造する方法が提案さ

れており、アルコン法と名付けられている。

### 3 おわりに

日本の摂取総カロリーに対する摂取脂肪カロリーの比率は26%に近づいており、厚生省は「生活習慣病の観点から今まで以上に質、量ともに脂肪の摂取について注意する必要がある」としており、さらに今後人口が減少に転ずることなど、我が国で今後の需要増加を期待することはできない。加えて、貿易の自由化とともに油糧原料としてではなく、油脂や脱脂粕として輸入がさらに増加することが予想される。このように、我が国の油脂産業を取り巻く環境はきわめて厳しいものがある。

しかしながら、グローバルにみれば食料は不足しているものであり、エネルギーとして、また風味として優れている油脂は今後も期待される食料である。産地、天候、年度により品質が変動する油糧資源から、風味、色調の優れた、保存安定性、冷却安定性の良い油脂と、品質の優れた脱脂粕(ミール)を、経済的にどのように製造するかを追求するのが油脂製造技術の目的であり、今後さらに検討がなされていくことであろう。

#### 文 献

- 1) 宮川高明, (1988) “食用油製造の実際”, 幸書房.
- 2) 阿部芳郎監修, (1988) “油脂・油糧ハンドブック”, 幸書房.
- 3) 安田耕作, (1992) “食用油とその生産”, 幸書房.