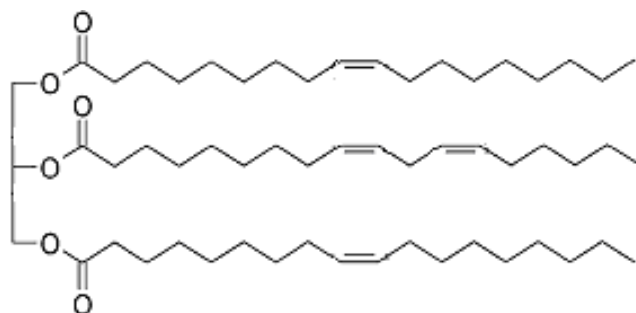


## Получаване и пречистване на масла от семена на рапица

Рапичните семена се характеризират с относително високо съдържание на масла (33-42%). Това прави рапицата предпочитана суровина за добиване на масла основно за технически цели.

Растителните масла представляват триацилглицероли т.е естери на висши мастни киселини и тривалентният алкохол глицерол. В зависимост от вида на маслодайната култура и сорта, съставът на мастните киселини в молекулата на триацилглицеролите и общото им процентно съдържание в маслата може да бъде различен.



Фиг. 1 Схема на триацилглицерол свързан с две олеинови и една линолова киселина

В таблица 1 са посочени процентните съотношения на основните мастни киселини в състава на някои маслодайни култури:

Таблица 1 Количествено съотношение на някои основни мастни киселини при различни маслодайни култури

	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C22:1	Общо ненаситени
Слънчогледово масло	6%	-	3,6	35%	54%	0.2%	-	89.2%
Соево масло	14,6%	-	4,9%	20,6%	50,5%	7,8%	0,3%	79,2%
Рапично масло	6,9%	-	2,9%	54,4%	19%	13%	2%	88,4%
Палмово масло	26%	1,7%	12%	35,5%	12,7%	2,3%	1,5%	53,7%
Памучно масло	18,6%	1,6%	6,5%	34,7%	25,9%	5,1%	1,1%	68,4%

За максимален добив на рапично масло и едновременно с това високо качество на получаваното масло е необходимо да са спазени всички технологични изисквания по отношение на прибиране, съхранение и подготовка на семената за извличане на маслото в тях.

Процесът на извличане на маслото от семената става след етапи на пресоване и екстракция, като предварително материалът е смлян и мливото е преминало водно-термична обработка (изпичане).

Пречистването и рафинирането на получените масла е следващия етап, при който се постигат оптимални качества на растителните масла в зависимост от последващото им приложение. При този етап е важно да бъдат проследени физикохимичните показатели на маслото до определените граници на нормативните изисквания за качествата на маслата в зависимост от областта на приложение.

## **Извличане на маслото от мливото**

### *Същност на процеса*

Пресоването е технология за извличане на масло, която е позната още в древността. Първоначално се използват преси, в които материалът се притиска между две твърди повърхности, като силата на натиск, която се упражнява става чрез използване на лостове, клинове или винтове. Следва период след откриването на хидравличната преса, която в последствие бива изместена от шнековата преса използвана успешно и до днес.

Пресоването е процес, при който частиците на мливото се свиват и притискат една в друга, с цел извличане на маслото.

Изпеченото мливо представлява шуплест порест материал. При неговото свиване, под действието на прилаганата механична сила от всички страни се наблюдават два тясно свързани процеса:

- отделяне на течната част – маслото;

- слепване на твърдите частици на материала с образуването на брикети – експелер.

При пресоване се наблюдава постепенно намаляване на пространството между отделните частици на мливото. Първоначално това е свързано основно с изтласкване на въздуха в пространството между тях, като деформация на частиците се наблюдава на местата на контактуващите повърхности. Изходното мливо съдържа голямо количество масло на повърхността на частиците и вътре в тях, което постепенно изпълва изцяло пространството между частиците. През този период започва изтласкване на маслото от намаляващото пространство т.е стартира отделяне на течната част – маслото от твърдата експелер. През следващият етап започва деформация на частиците поради допълнително свиване, което е свързано с допълнително уплътняване на частиците и започва интензивно отделяне на масло съдържащо се вътре в самите тях. В края на процеса има максимална деформация на частиците и основната маса масло бива извлечена, а отделните частици са слепени под формата на твърда маса – брикети.

Когато маслото е в мономолекулен слой свързващата му енергия е най-голяма т.е отделянето му от частиците е много трудно. Колкото по дебел става масленият слой толкова тази енергия отслабва. В следствие на това маслото от по-горните слоеве е по подвижно и се отделя от твърдата част по-лесно. Ако проследим хидродинамиката на процеса може да се каже, че скоростта на изтичане на маслото в средата на потока масло е най-голяма, докато слоевете на повърхността на твърдата маса са неподвижни. В крайна сметка процесът протича т.е имаме отделяне на масло докато силите на привличане на маслото и повърхността са достатъчно слаби за да може маслото да бъде отделено. При изтъняване на масленият слой отделянето се забавя и накрая спира, като една част от маслото остава адсорбирана на повърхността на твърдата фаза и не може да бъде отделена.

Възможно е и да се наблюдава капсуловане на маслото при свиване и деформация на частиците т.е част от маслото да остане затворено в пространства между слепналите частици без да има възможност да излезе на повърхността и да се отдели от твърдата маса.

Експелерът (брикетите), които се образуват представляват порести тела и образуването им се обяснява по следния начин:

При свиване на частиците започва изтласкване на масло, като на места потокът от масло бива прекъснат и частиците се притискат една в друга. Това води до деформацията им и съединяване. Постепенно мливото от сипещ се материал се превръща в единна пластична маса. При повишаване на налягането, с увеличаване на прилаганата сила, съединението на частиците води до образуване на гелно поресто тяло – експелер под формата на брикети, като в него остават пространства между частиците и групи от частици с образуване на непрекъснати и затворени пори. Възможно е тези пори да се запълват с масло т.е то да се капсулира във вътрешността на експелера. След прекратяване на натоварването са възможни еластични деформации, които водят до образуване на малки пори и цепнатини, което може да доведе до обратно всмукване на маслото.

Като цяло остатъчното количество масло в експелера се дължи основно на:

- капсулирано в отделни участъци масло;
- остатъчно масло свързано със сили на адхезия с повърхността на частиците;
- масло останало във вътрешността на неразрушени при смилането и изпичането клетки.

Целта на тази технологична операция е максимално извличане на маслото, съдържащо се в мливото. Сега използваните преси обаче не могат да осигурят пълното му извличане. С налягането, което развиват те не могат да преодолеят огромните повърхностни сили, които свързват

маслото с твърдата маса. По тази причина най-често се използва вторичен процес на екстракция, който осигурява пълното освобождаване на маслото от експелера.

По настоящем се използват следните технологични схеми за извличане на маслото чрез пресоване или комбинация от пресоване и екстракция:

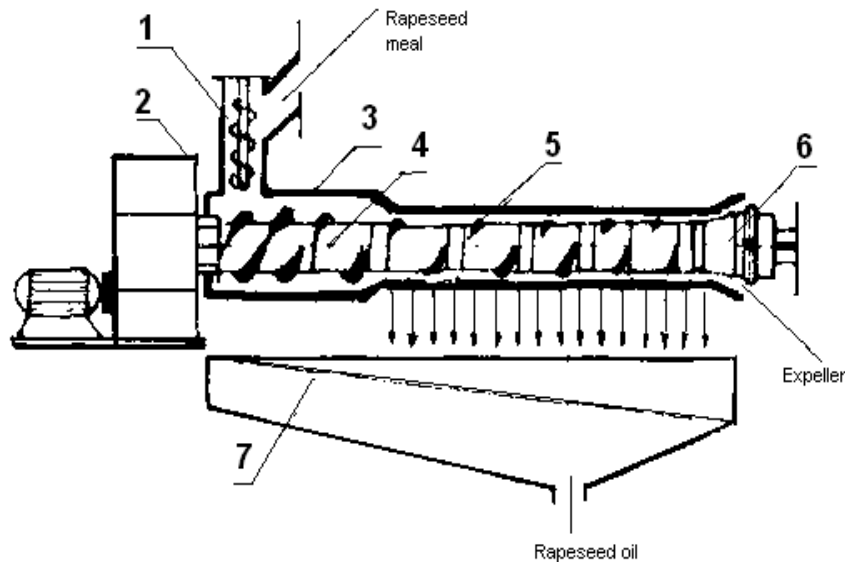
1. Предварително пресоване (форпресоване) с последваща екстракция;
2. Еднократно (окончателно) пресоване;
3. Предварително пресоване с последващо второ окончателно пресоване.

По отношение на добиването на рапично масло за технически цели се използва най-често първият метод – форпресоване с последваща екстракция.

#### *Предварително (форпресоване) пресоване*

Предварителното пресоване се извършва в пригодени за това шнекови преси, като това става при сравнително меки условия: налягане на форпресите до 25 МРа, влажност на постъпващото мливо 5-6%, температура на мливото 75 - 105°C. Този тип пресоване се използва при добиване на масла от високомаслени маслодайни култури каквато е и рапицата. Методът осигурява извличане до 85 % от съдържащото се в мливото масло и получаване на сравнително ниско маслен експелер със съдържане на маслената компонента около 18-20%. Експелерът се подлага на допълнителна екстракция до остатъчно съдържание на масло около 1,5 %. Колкото по малка е началната масленост на експелера толкова по-голяма е производителността на екстракционния цех в последствие и намаляване разходите за разтворител.

Шнековите преси които се използват при форпресоването имат различна конструкция. На фиг.1 е показана принципната схема на шнековите преси използвани за предварително пресоване:



Фиг. 21 Шнекова преса за предварително пресоване. 1- хранваща камера със хранващо устройство; 2 - ел. двигател с ротор; 3 – заер; 4 - шнеков вал; 5 – витки на шнека; 6 – конусен механизъм; 7 – маслосъбирател.

Мливото се подава през хранващата камера (фиг.2-1). Тя представлява тръба в която се поставя хранващо устройство (вал с лопатки), задвижвано от ел. двигател. Задачата на това устройство е да осигури равномерно непрекъснато подаване на материал към шнека.

Основният елемент в конструкцията на шнековите преси е шнековият вал (фиг.2-4). Той служи за транспорт на мливото в заера, създаване на налягане върху мливото и за изхвърляне на експелера. Задвижва се от електромотор снабден с редуктор (фиг.2-2). Върху шнека са закрепени шнековите витки (фиг.2-5) и пръстени между тях. Витките и пръстените образуват степенна конусовидна повърхност с постепенно

увеличаване на диаметъра на вала в посока към изхода на експелера, като в тази посока намалява и стъпката на витките. Целта е постепенно обема да се редуцира и така да се увеличи налягането върху мливото. Това се постига с намаляване височината на витките и разстоянието между тях и заера.

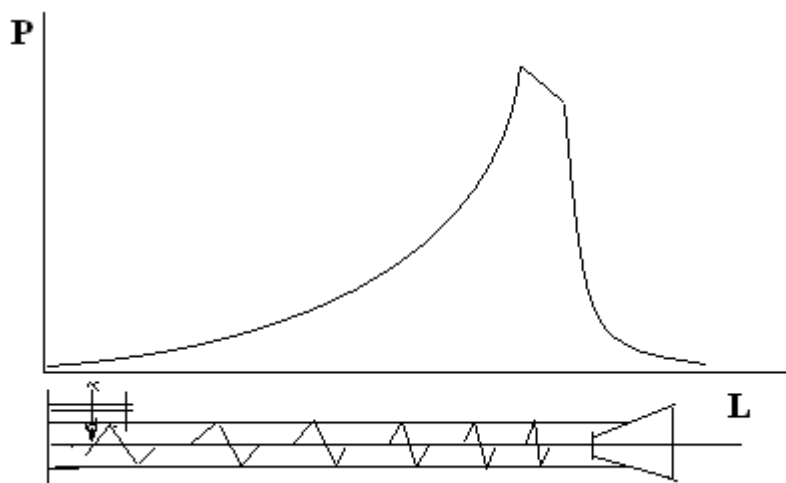
Заерът (фиг. 2-3) се състои от два еднакви полуцилиндъра, които са монтирани със стоманени греди и са неподвижни. Между двата полуцилиндъра са монтирани, от двете страни по два чифта ножове (стъргачи). Двата ножа от единия чифт имат по пет зъба, а на другия чифт по три, като общото число на зъбите съответства на броя пръстени разположени върху шнековия вал. Предназначението на ножовете е да почистват витките от полепнал материал и да предотвратят въртеливото движение на мливото заедно със шнековия вал. При наличие на последното не се създава налягане и следователно имаме неефективно пресоване. Върху заерът се монтират и 4 пластини, които осигуряват грапава повърхност с изпъкнала част и го разделят на отделни секции. Така значително се подобряват ефективността на пресоването. Подредбата им зависи от вида на материала, който се пресова.

Конусният механизъм служи за регулиране на пространството между края на шнековия вал и края на заера, Той е монтиран на шнековия вал и може да се измества напред и назад, С регулиране на пространството между шнековия вал и заера се регулира дебелината и маслеността на излизация от заера експелер, налягането и производителността на пресата.

Маслосъбирателното устройство (фиг.2-7) служи за събиране на маслото и е монтирано под заера по цялата негова дължина. Маслосъбирателят е покрит отгоре с наклонено перфорирана ламарина с диаметър на отворите 0,3 - 1,0 върху която се задържат едрите частици от експелера, излизащ заедно с маслото от заера. В конуса на

маслосъбирателя има тръба, по която маслото изтича и постъпва за следваща обработка.

Мливото, предварително подготвено (смяно и изпечено), се подава през захранващото устройство и попада върху приемната витка на шнековия вал и запълва свободния обем на захранващата част на вала. В мливото се придвижва по дължината на вала подавано от витките и притискано между вала и заера, като обема т.е свободното пространство между вала и заера постепенно намалява и с това се увеличава упражняваното налягане върху частиците. Те се свиват и маслото в пространството между частиците, и до известна степен това съдържащо се в тях, бива изтласкано и изтича към маслосъбирателното устройство. Свободният обем между шнека и заера отначало намалява рязко, но към края т.е с последните витки това става плавно, като едновременно с това и интензивността на изтичане на маслото се редуцира.



Фиг. 3 Изменение на налягането (P) по дължината на шнековия вал (L)

Намаляването на свободния обем на канала води до възникване на налягане от външните страни на витките в резултат на съпротивлението на частиците на материала, преместващи се от предната шнекова витка с по-голям свободен обем, към витка с по-малък свободен обем (Фиг.3). Върху стойността на налягането влияние оказва и месторазположението на конусния механизъм. Мливото, което се намира в пространството между



първата витка и заера съдържа празни пори и не се наблюдава съществено заздравяване на гелната част. Свиването на външните повърхности на частиците, което е в резултат от намаляване на свободният обем при втората и следващите витки, протича с уплътняване на материала и в него остават само зони запълнени с масло.

Под действие на нарастващото налягане в зоната на втория и последващите витки се наблюдава интензивно изтичане на масло. Частиците приемат по плътна структура, увеличава се деформацията им, което е свързано с разрушаване на клетъчната им структура и увеличаване на контактната повърхност между маслото и гелните части.

До петата витка външното триене на частиците на мливото с граничните повърхности, на шнека и заера, е по-голямо в сравнение с триенето между самите частици т.е вътрешното триене на материал. Мливото е все още в насипно състояние.

Уплътняването на частиците става при шестата витка, като добивът на масло значително намалява, частиците се слепват плътно и втвърдяват поради високото налягане и температура. Едва тогава вътрешното триене става по-голямо от външното. Мливото е вече под формата на пластично тяло с постоянна плътност.

Основното количество масло (90-95%) се добива още в първата половина на пресата, като трябва да се има в предвид, че в началните етапи на свиване на частиците на мливото добивът на масло също бива незначителен. Може да се приеме, че основната маса масло се получава при достигане на материала до средния участък на пресата, където имам интензивно отделяне на течната маслена фаза от твърдата.

Наблюдава се още една зависимост, че маслеността на материал в близост до шнека и тази до заера са различни. Тази до вала обикновено е 2-4 % по-висока от тази до повърхността контактуваща със заера, като тази разлика намалява в края на пресата.

В практиката се наблюдава и обратната зависимост т.е по-висока масленост във външния слой в сравнение с вътрешния. Това се дължи на това, че влагата намираща се на повърхността на експелера контактуващ с вала се изпарява по-бързо в сравнение с влагата намираща се на повърхността контактуваща със заера. Това става поради това, че температурата при вала е по-висока в сравнение с тази на заера. Образуваната пара изтласква маслото към външната повърхност, както и поради разликата в налягането при различните слоеве материал.

Степента на извличане на маслото зависи от начина на нарастване на налягането, максималната му стойност и продължителността на пресоване на материала под налягане т.е налягането се явява движеща сила на процеса. Налягането, което се създава в пресата, се определя преди всичко от свойствата на изпеченото мливо.

По отношение на мливото трябва да бъде спазено оптималното съчетание на влага и температура при изпичането с цел да се запази оптимална пластичност на мливото. При не спазване на оптималния технологичен режим при изпичане се наблюдават отклонения и некачествено пресоване.

В първият случай при прекомерно изсушаване мливото става сухо и има понижена пластичност. Това води до изтичане на маслото от заера едва към края на пресата, намален добив, претоварване на електромотора и некачествен експелер във вид на сухо брашно под формата на грис.

При прекалено влажно мливо пластичността е прекалено голяма и това води до изместване на основния добив на масло в началото на пресоването, но е свързано с излизане на голяма част от материала през заерните пластини и изтичането на масло след това на практика се преустановява В резултат добива намалява, качеството на полученото масло е много ниско (налага се допълнителна обработка) и експелера представлява безформена пластична маса с ниско качество.

Ето защо оптималната влаго-топлинна обработка е много важна по отношение на качеството на пресоване, тъй като тя пряко влияе върху пластичността на мливото, а от там и на стойността на налягането възникващо в пресата. Именно от това зависи до каква степен ще се получи максимален добив и добро качество на маслото и експелера.

Друг фактор, който оказва съществено влияние върху степента на извличане на масло и качествените му показатели е температурата, при която се провежда пресоването. От една страна тя оказва влияние върху пластичността и еластичността на мливото, както бе споменато по горе, при влаго-топлинната му обработка преди пресоването. От друга страна трябва да се има в предвид, че при използване на студена преса е невъзможно формирането на експелер под формата на брикети и извличане на маслото в достатъчна степен. Необходимо е пресата да бъде загрята предварително до 70-80°C. Това става като през нея се пропуска не голямо количество загрято мливо или ако шнековия вал е кух през него се пропуска прегрята пара в продължение на един час. Така благодарение на топлообмена между металните повърхности става загряване на пресата до определената работна температура. В последствие работната температура се поддържа от самия материал и процеса на пресоване, при който допълнително загряване се получава в следствие триене на мливото със шнековия вал и заера.

Прегряването на материала води до влошаване на работата на шнековата преса, прегряване на повърхността на експелера, повишаване на неговата масленост и влошаване на качествата на добитото масло. Ето защо за някои преси се налага охлаждане на вала, тъй като температурата там е по-висока от тази на заера, или охлаждане на целия заер.

Важен фактор, за добра производителност на пресата, е продължителността на пресоване. При нормална работа продължителността на пресоване и времето, което прекарва материала в

пресата са приблизително равни, тъй като процеса на пресоване е непрекъснат и материала се подава непрекъснато, пресова се и се отделят масло и експелер на другия край на пресата. Продължителността на пресоване е важен фактор, влияещ на степента на извличане на маслото и производителността на пресата. Колкото е по-продължително пресоването толкова по-пълно е извличането на маслото и в същото време е по-малка производителността. Продължителността на пресоване зависи от формата на свободното заерно пространство, оборотите на шнековия вали разстоянието между шнека и конусното устройство, начина на придвижване на материала в пресата, физико-механичните свойства на материала и др.

Под производителност на шнековите преси се разбира количеството масладаен материал, преработван за единица време, като цяло се изразява в количество семе преработено за едно денонощие.

Производителността а пресите зависи от :

- диаметърът на заера;
- честотата на въртене на шнековия вал;
- насипната маса на изпеченото мливо, което постъпва в пресата;
- разстоянието между конусния механизъм и края на шнековия вал.

За установяване на постоянен режим на работа е необходимо да се контролират качествата на получаваното масло и маслеността и структурата на получаваният експелер.

След като бъде извлечено основното количество масло (80- 85%) мливото вече под формата на твърд експелер се подлага на вторична обработка. Възможно е да бъде подложен на вторично пресоване, но най-често използван метод е този на екстракция с различни органични разтворители, при което се разделят напълно маслената фаза от твърдата

целулозна част на мливото и остатъчната масленост на материала е от 0,5 до 1,5 %.

*Екстракция – окончателно извличане на маслото от мливото (експелера)*

Окончателното извличане на рапичното масло от мливото става чрез процес на екстракция. Извличането на растителни масла чрез екстракция се основава на разтворимостта им в органични разтворители. Този метод позволява максимално извличане на маслото като остатъчната масленост в експелера (шрота) се довежда до 0,5-1%. Органичните разтворители позволяват за отделяне на маслото от повърхността на експелера и от вътрешността на клетките в него, като в зависимост от състоянието на маслото на материала се определя скоростта на процеса и степента на обезмасляване на материала. За извличане на свободното масло се изисква само добър контакт между частиците на материала и разтворителя. Освен това разтворителя трябва да прониква през клетъчните стени и вторични структури да осигурява дифузията на разтвореното масло в обратно направление. Като краен продукт се получава обезмаслен материал шрот.

При извличане на рапичното масло от мливото са възможни два метода на екстрахиране: метод на накисване и метод на последователно обезмасляване.

При първият метод (метод на накисване) материалът в екстрактора е неподвижен и се залива с разтворител, при което част от маслото преминава в разтворителя и се получава наситен на масло разтвор (мисцела), която се отдекантира. Този процес се извършва многократно като след всяко заливане се изчаква определен период от време и след това става отделянето. Процесът продължава периодично до постигане на пълно извличане на маслото. Основните недостатъци на този метод са периодичност на процеса и получаване на разредени разтвори.

При метода на последователно обезмасляване чистият разтворител непрекъснато се среща с максимално обезмаслен материал, а концентрираната мисцела с постъпващия за екстракция материал, като по този начин се получава по-концентрирана мисцела и се намалява продължителността на екстрахирането. По тази причина този метод е по-предпочитан и се използва по-често в промишлеността. Този метод позволява:

- използването само на един апарат, в който се прилага принципа на противоток;
- пълна механизированост на операциите;
- намаляване на оборотния разтворител;
- намаляване на поддържащия персонал и автоматизиране на процеса.



Според принципа си на действие екстракторите биват 3 основни типа:

- екстрактори при които става непрекъснато потапяне на материала в движеща се в противоток мисцела и промиване на най-обезмасления материал с чист разтворител

- екстрактори работещи на принципа на многократното оросяване на движещия се върху лента или кошове материал с мисцела и накрая чист разтворител

- екстрактори работещи по смесеният метод, при който материалът най-напред се омокря с концентрирана мисцела и след това се обезмаслява чрез многократно оросяване с мисцела и накрая с чист разтворител



Като цяло екстракцията е масообменен дифузионен процес при който маслото се разтваря в разтворителя като движещата сила е концентрацията маслото в материала и извън него. Това става чрез молекулна и конвективна дифузия или като комбинация от двата вида.

Молекулната дифузия е свързана с пренасянето на молекули от маслото в разтворителя, като при това още при контакт става смесване поради близката полярност на молекулите на маслото и разтворителя. Колкото по голяма е температурата толкова по-лесно се получава това поради по високата кинетична енергия на молекулите на маслото и разтворителя. Независимо от безпорядъчното движение на молекулите поради стремеж към термодинамично равновесие те преминават от област с по-висока концентрация към места с по-ниска концентрация, до пълно изравняване на концентрациите, което е същността на молекулната дифузия. От друга страна колкото е по-голяма е разликата в

концентрациите толкова по-интензивно ще преминават молекулите на маслото от по-концентрираната в по-малко концентрираната зона т.е. толкова по-бързо ще протича изравняването на концентрациите в двете зони. От значение е и големината на повърхността, през която се осъществява дифузията. Колкото тя е по-голяма толкова повече вещество ще дефундира за единица време в дадената система.

При конвективната дифузия маслото се пренася във вид на отделни малки обеми от неговия разтвор. Колкото по-големи са тези обеми от маслото за единица време при единица повърхност, толкова по-бързо протича пренасянето на маслото. Тук също е от значение големината на допирната повърхност. Колкото тя е по-голяма, толкова по-големи обеми от маслото могат да се пренасят за единица време. Както и при молекулната така и при конвективната дифузия разликата в концентрацията се отразява при масообмена. При по-голяма разлика скоростта на дифузия с цел изравняване на концентрациите е по-голяма.

Механизмът на екстрахиране на маслото от частиците на материала изглежда по следния начин:

Разтворителят намокря външната повърхност на частиците и разтваря намиращото се на повърхността им масло, като едновременно с това изтласква въздуха от пространствата между тях. Следва проникване на разтворителя през порите, като изтласква въздуха и от там и разтваря маслото намиращо се в частиците. Външния поток и този от вътрешността на материала се свързват и се образува единна система.

В потока между частиците разтвореното масло се движи от вътрешността към повърхността през порите, капиллярите, през неразрушените клетъчни стени и т.н.т и излиза на повърхността през обгръщания ги граничен слой – дифузионен слой. Този слой от движеща се течност се образува на повърхността на частиците. От външната



повърхност на граничния слой маслото се общия поток, който се движи в екстрактора.

В зависимост от характера на дифузионния път процесът на екстрахиране на маслото се дели на три етапа:

- първи етап – молекулна дифузия на маслото от вътрешността на частицата към нейната повърхност;
- втори етап – молекулна дифузия през граничния слой;
- трети етап – конвективна дифузия на маслото от граничния слой.

При екстракция на маслото на общата маса от мливо, екстракцията се провежда в неподвижен частично разбъркван слой и в суспендирано състояние. При това е възможно сбиване на частиците и блокиране на тяхната повърхност с други частици. Това зависи от това в какво състояние е експелера. Ако е под формата на грис сбиването е по-плътно, докато при материал на люспи това става в по-малка степен. Ако частиците имат свойство да се свиват, например люспи от неизпечено мливо, с увеличаване дебелината на слоя или под напора на течността, пропускливостта на слоя се влошава.

Освен това в слоя се образуват криволичещи канали между частиците. От това дали са непрекъснати, какъв диаметър имат и колко са изкривени зависи до каква степен ще проникне разтворител във вътрешността на частиците. Слягането на последните както и натрупването им на определени места затруднява движението на разтворителя. Интензивността на разбъркването също оказва влияние върху струпването на частиците, а при суспендирано състояние те не блокират взаимно повърхността си и продължителността на процеса намалява.

Върху скоростта на екстракция влияят различни фактори: размери на отделните частици, влажност на материала, температура на екстрахиране и количество разтворител.

Както беше споменато по-горе молекулната дифузия е в основата на ефективен процес на екстракция. За да се постигне добро проникване на разтворителя в частиците е необходимо да се създаде оптимална външна и вътрешна структура на материала, като му се предадат съответно необходимите структурно-механични свойства.

Външната структура се определя от размерите и формата на частиците и от съотношението между частици с различни размери. За максимално ускоряване и по-пълно екстрахиране на маслото е необходимо да бъдат изпълнени следните условия относно външната структура на материала:

- минимални размери на частиците – осигурява по добра повърхност за контакт с разтворителя, но не трябва да са с диаметър по-малък от 0,5mm, тъй като под тази граница те могат да бъдат увлечени от разтворителя и да се увеличи утайката;
- пропускливост на материала – да има разстояние между частиците достатъчно за лесно проникване на разтворителя;
- минимално поглъщане на разтворител – да не се наблюдава голямо поглъщане и задържане на разтворител, за да може разтворителя лесно да бъде отделен от материала, който вече е обезмаслен.

По отношение на вътрешната структура също трябва да са спазени някои изисквания към материала:

- да няма цели неразрушени клетки – клетъчните стени затрудняват процеса на дифузия;
- да няма неразрушени вторични прегради – различните мембрани на органелите на клетката и най-вече на вакуолите също затрудняват дифузията;

Влажността на екстрахируемият материал оказва влияние върху намокрянето му от разтворителя и върху дифузията на маслото вътре в

частиците. Повишената влажност влошава намокрянето от разтворителя на външната повърхност и намалява тяхната вътрешна порьозност. От друга страна овлажняването на материала води до неговото слягане, което нарушава системата от канали между частиците и влошава намокрянето от разтворителя. Ако влажността е прекалено ниска се наблюдава голямо количество дребна фракция. Ето защо е необходимо създаване на определена пластичност на материала осигуряваща здравина на частиците при разрушаване и агрегиране, което е предпоставка за образуване на слой с увеличена външна порьозност на екстрактора. Следователно влажността оказва съществено влияние върху структурно-механичните свойства на материала предназначен за екстрахиране.

Температурата на екстрахиране се определя от температурата на материала, температурата на разтворителя и количественото им съотношение. Тя оказва съществено влияние върху скоростта и пълнотата на екстрахирането. При по-висока температура се увеличава хаотичното движение на молекулите, намалява вискозитетът на маслото и разтворителя и се увеличава скоростта на дифузия. Трябва да се има в предвид обаче, че температурата на кипене на използваните разтворители е ниска (до 50-60°C) и температурата, при която се провежда екстрахирането не може да се увеличава много. Обикновено екстракцията се провежда при температура с около 10°C по-ниска от температурата на кипене на разтворителя.

Разликата в концентрациите и количеството на разтворителя оказват съществено влияние върху скоростта на екстракция. Необходимо е да се създадат условия за противотоково движение на разтвор с по-голяма концентрация спрямо чист разтворител, за да може да се поддържа голяма разлика между концентрацията на маслото в разтвора вътре и около частиците. На практика концентрираните вече разтвори се заместват от чист разтворител. Колкото по-голямо количество разтворител се подава в

екстрактора за единица време, толкова по-голяма е разликата в концентрациите. Същевременно количеството на разтворителя може да се увеличава до определени граници, с цел да се намали значително крайната концентрация на разтвора. Трябва да се има в предвид, че когато се увеличи количеството на разтворителя се увеличава и скоростта на неговото движение. Скоростта на движение на разтворителя, преминаващ през материала под формата на слой, трябва да създава възможно по турбулентен режим на неговото движение, най-малка дебелина на дифузионния слой и да поддържа значителна разлика в концентрациите.

Растителните масла има различна растворимост в различните разтворители, което се дължи на структурата на молекулата им (три мастни киселини свързани с глицерол) и малката полярност на молекулата.

Известно е, че колкото близка е степента на полярност на две вещества, толкова по-добре се разтварят едно в друго т.е в зависимост от стойностите на диелектричната константа на веществата

Растителните масла имат много малка полярност на молекулите си, която се дължи на слабата полярност, която възниква в следствие на образуваните естерни връзки между глицерола и мастните киселини. Диелектричната им константа е в границите 3,0 - 3,2 и по тази причина имат добра растворимост в неполярни хидрофобни разтворители с диелектрична константа подобна на тяхната (хексан, бензин, дихлоретан и др.). Това се дължи на ван-дер-ваалсови сили, които възникват между мастните киселини от молекулата на триацилглицеролите и молекулите на неполярните разтворители. С увеличаване разликата между диелектричните константи на маслото и разтворителя, като цяло взаимната растворимост намалява, а от там и степента на дифузия на маслото в разтворителя.

Температурата също оказва влияние, тъй като например метиловият, етиловият и изопропиловият алкохол се смесват трудно с

маслото при стайна температура, но при загряване растворимостта им значително нараства. Това се обяснява, с това че при загряване кинетичната енергия на молекулите на тези разтворители нараства и като се има в предвид малката им молекулна маса и голямата подвижност и проникваща способност на тези разтворители има възможност за по-добро смесване на тези вещества с маслото.

Разтворите на триацилглицеролите могат да бъдат разглеждани като близки до молекулните. Те се различават от свойствата на идеалните разтвори и не се подчиняват на закона на Раул. Причина за това са някои съпътстващи маслото вещества, екстрахирани от суровините и проявяващи колоидни свойства. Известно е, че мисцели с определени концентрации могат да се хидратират с отделяне на хидратна утайка, което е свързано с колоидното състояние на фосфолипидите (те имат хидрофилна и хидрофобна част, което дава възможност да образуват колоидни частици). Образуването на пяна при дестилация на разтворителя от мисцелата от своя страна се дължи на наличието на повърхностно активни вещества, които я стабилизират.

По отношение на използваните разтворители в практиката се използват следните групи вещества:

- алифатни въглеводороди (леки фракции на нефта) – екстракционен бензин, технически хексан
- хлорирани алифатни и олефинови въглеводороди – дихлоретан, тетрачлорметан, дихлоретилен
- ароматни въглеводороди – бензол и др.
- алифатни алкохоли – метилов, етилов, изпропилов и др.

По едни или други причини като най-често употребявани се явяват въглеводородите от първата група (леки фракции на нефта). Ароматни въглеводороди са излезли от употреба поради високата си токсичност и екологична опасност. Същото важи до известна степен и за втората група

(хлорирани алифатни и олефинови въглеводороди). Докато проблемите с четвъртата група (алифатни алкохоли) са свързани преди всичко с ниската разтворимост на маслото при стайна температура).

Като цяло относно разтворителите могат да бъдат формулирани следните изисквания:

- да разтварят бързо маслото без да разтварят други съдържащи се в суровината вещества;
- да не предизвикват корозия по апаратурата;
- да не оставят остатъчен мирис след отстраняването им от маслото и шрота;
- да са химически еднороден и да имат тесен интервал на кипене;
- да имат нисък топлинен капацитет и невисока специфична топлина на изпарение;
- да са водонеразтворими;
- да не изменят химическият си състав при съхранение и използването им в производството;
- да не са възпламеними и парите им да не образуват експлозивни смеси с въздуха;
- да са безвредни за обслужващия персонал;
- да не съдържат ароматни и ненаситени въглеводороди;
- да са достъпни и евтини.

След процеса на екстракция разтворителят се отдестилира и може да се използва отново, но трябва да се има в предвид, че при този процес е възможно да бъдат увлечени странични продукти, най-често вода, и разтворителят да не е напълно хомогенен. Ето защо използваните разтворители се съхраняват в отделни съдове снабдени с утаители, където става естественото разделяне на разтворител и странични продукти на база разликата в относителната маса на веществата.

Полученото масло след процесите на пресоване и екстракция съдържа някой механични примеси от шрота (целулозни и белтъчни остатъци), свободни мастни киселини, полярни мастноразтворими вещества (фосфолипиди), както и различни мастно разтворими пигменти (хлорофили, каротени и др.).

### **Пречистване и рафиниране на рапичното масло**

След като бъде отделено от разтворителя маслото се подлага на допълнителна обработка, за да може да покрие необходимите изисквания по отношение на физикохимичните си свойства. Това се налага, поради това че суровото масло съдържа голямо количество механични и мастноразтворими примеси, които в последствие оказват негативно и пречещо влияние върху последващите: период на съхранение и технологично приложение.

Най-общо етапите, през които преминава пречистването и рафинирането са следните:

- филтруване на суровото масло;
- обезслизяване;
- неутрализация;
- промиване и отделяне на суапцока
- обезцветяване;
- обезмиряване;
- филтруване на рафинираното масло;
- анализ на физикохимичните показатели на крайният

продукт.



Фиг.4 Апаратура за рафиниране на рапично масло: 1,2-съдове за неутрализация; 3-съд за обезцветяване, 4-съд за обезмирисяване; 5-съд за охлаждане; 6-бойлер за нагряване на течности; 7,8-филтърпреси; 9-резервоар за сурово масло; 10- резервоар за рафинирано масло, 11- съд за съхранение на супащока; 12-съд за отдекантиране на супащока.

Първият етап на рафиниране на маслото е свързан с отстраняване на механичните примеси останали след процесите на пресоване и екстракция. Това става с помощта на филтърпреси като маслото се подгрява до 85-90°C, за да се облекчи филтруването, тъй като при тази температура вискозитетът на маслото е значително по-малък т.е по-лесно изтича.

След филтруването следва процес на отстраняване на полярните или частично полярните компоненти , които биха затруднили следващите процеси, тъй като увеличават драстично емулгиращата способност на маслото. Тези компоненти имат полярна част и за отстраняването им се ползват водни разтвори на фосфорна киселина или лимонена киселина. Температурата е около 85-90°C при слабо разбъркване. Маслото се оставя да отстои известно време, при което се разделят полярната компонента



воден разтвор на фосфорна киселина и полярни и частично полярни съединения от неполярната компонента масло и мастно разтворими вещества.

Същинският етап от рафинирането е неутрализацията. Това е процес на обработка на маслото с воден разтвор на натриева основа. Обикновено се използват разтвори с концентрация до 15%, в зависимост от съдържанието на свободни мастни киселини в маслото. Трябва да се има в предвид, че прекалено концентрирани разтвори могат да доведат, освен до осапунване на свободните мастни киселини и до осапунване на мастни киселини свързани с глицерола, което би било загуба на краен продукт и намаляване на крайният добив от масло. Като цяло целта на процеса е да се редуцират свободните мастни киселини до желаните минимални граници на кислинното число (0,2-1 mgKOH/g). Високата температура също засилва степента на осапунване и може да доведе до хидролиза на триацилглицероли. По тази причина процеса на неутрализация се провежда при 60-70°C.

За суровини с високо киселинно число се налага да се провеждат няколко последователни етапа на неутрализация поради това, че наличието на голямо количество сапуни при процеса води до увеличаване на голямо количество масло при отдекантирането на суапшока.

Сапуните представляват съединения на висшите мастни киселини и съответния метал (Na), като това ги прави водоразтворими (имат хидрофилна част при натрия). Освен това при наличие на малко количество вода те проявяват склонност да коагулират да образуват твърда маса. Ето защо при този процес се използва не повече от 15 обемни % воден разтвор на натриева основа спрямо количеството рафинирано масло. Остава се да отстои известно време докато не се уплътнят и отделят сапуните под формата на пихтиеста утайка и след това маслото се отдекантира.

Следва етап на промиване, при който се отстраняват остатъците от сапуни и нереагирала основа. Промивките се правят с чиста вода. Водата и маслото са взаимнонеразтворими. По тази причина се формират два отделни слоя хидрофобен (масло) и хидрофилен (воден), като всички водоразтворими вещества попадат в водния слой.

При първата промивка температурата е около 60°C, като целта е да се намали до минимум вероятността от хидролиза на триацилглицероли в следствие на остатъчни количества натриева основа.

Следващите промивки се правят при 85-90°C до отстраняване на всички водоразтворими компоненти, като степента на почистване се следи по рН на промивните води. Когато процесът на промиване е завършен рН е в неутралната област т.е еднакъв за водите преди и след обработката на маслото.

Тъй като все пак е възможно да остане някакво минимално количество вода в маслото се налага да се проведе етап на сушене. Той се провежда при 85°C под вакуум, като по този начин се отстраняват и следите от вода. Следва процес на избелване и обезмириряване. При този процеси се отстраняват примеси, които са мастноразтворими и нестабилни на окисление. Това става с помощта на контактен метод на пречистване, като за целта се използват белилна пръст, силициев гел и активен въглен. Тези вещества притежават голяма контактна повърхност, която е предварително активирана и има възможност да „улавя“ нежеланите компоненти посредством адсорбция на повърхността на твърдите си частици. Процесът се извършва при температура 80-85°C, след което маслото се отделя посредством процес на филтруване.

### **Изисквания към качествата на рафинирано рапично масло**

Получаваните масла трябва да отговарят на определени норми по отношение на техните физични и химични свойства, за да могат да се

съхраняват успешно без да настъпват количествени и качествени промени в състава им и след това да се използват в различни области на индустрията и хранителната промишленост.

### *Физични свойства*

В таблица 2 са посочени някои основни свойства характеризиращи физичните свойства на рапично масло.

Таблица 2 Физични свойства на рапично масло

Показател	Мерни единици	Стойности
Плътност	$\text{g/cm}^3$	0,914-0,917
Рефракционен индекс	nD 40 °C	1,465-1,467
Кинематичен вискозитет (40°C)	$\text{mm}^2/\text{s}$	34-38
Нискотемпературен тест (15h 4 °C)	-	отговаря
Температура на изпарение	°C	220-230
Пламна температура (открит тигел)	°C	275-290
Специфична топлемкост	J/g (20 °C)	1,910-1,916
Топлопроводимост	W/m °K	0,179-0,188

Плътността и рефракционния индекс са показатели, който зависят от състава на масните киселини в маслото, процента свободни мастни киселини и наличието на масно разтворими примеси. Обикновено в рапичното масло преобладават ненаситените C18 мастни киселини. при рафинираните масла процента на несвързаните мастни киселини е

минимален, както и примесите от мастноразтворими компоненти. Ето защо това са важни показатели, които показват степента на рафиниране на маслото.

Вискозитетът е показател показващ вътрешното триене на течности. При наличие на по-голямо количество наситени мастни киселини вискозитетът се покачва. Друга причина за повишен вискозитет е наличие на по-голямо количество свободни мастни киселини.

Процента ненаситени мастни киселини се отразява и на нискотемпературния тест. Полиненаситените мастни киселини (линолова, линоленова) имат по-ниски температури на застиване и подобряват представянето на маслото при нискотемпературния тест. Обратно наличието на наситени мастни киселини води до влошаване нискотемпературните качества на маслото.

Температурата на изпарение и пламната температура като цяло за по-голяма част от маслата са традиционно високи. Тези показатели са от значение при подлагане на маслото под термична обработка в последствие, както и показват наличие на остатъчен разтворител или други замърсители в състава му.

Топлоемкост и топлопроводимост са от значение за технологичните процеси при приложението на маслото в различни сфери на промишлеността.

Като цяло физичните свойства са тясно свързани със състава на маслото.

### *Химични свойства*

В таблица 3 са показани някои от основните химични показатели на които трябва да отговаря рапичното масло

Таблица 3 Химични свойства на рапичното масло

Показател	Мерни единици	Стойност
Триглицериди	%	91,8-99,0
Фосфолипиди	%	-
Вода	mg/g	до 0,8
Киселинно число	mg/g	0,5-1
Свободни мастни киселини	%	0,5-1,8
Неосапоняеми	%	0,5-1,2
Токофероли	ppm	700-1000
Хлорофили	ppm	5-35
Сяра	ppm	5-25

Триглицеридите са основната съставна единица на маслата. Колкото е по-голям процента на триглицеридите толкова по-чисто е маслото.

Фосфолипидите се отстраняват по време на обезслизването заедно с другите полярни и частично полярни съединения. Те оказват много негативно влияние, както по време на съхранение така и при преработка.

Водата също влошава качествата на маслото. Наличието на вода спомага възникване на емулсии, засилват се окислителните процеси, има възможност за корозия и т.н.

Киселинното число и процента на свободни мастни киселини има за цел да покаже степента на рафиниране. Високото съдържание на свободни мастни киселини показва наличие на окислителни процеси и намалява качеството на маслото.

Неосапоняемите вещества показват наличие на примеси в маслото. Това може да са мастноразтворими пигменти и други съединения.

Токофероли, хлорофили и сяра са показатели свидетелстващи за онечиствания в маслото.

При преработката на мливото до получаване на крайният продукт – рапично масло с добро качество изисква стриктно спазване на технологията във всички етапи. Най-често прилаганата последователност за получаване на техническо масло от рапица е: предварително пресоване до остатъчна масленост в експелера не повече от 15 %, след което следва етап на екстракция с хексан до масленост на шрота не повече от 1-1,5%. Рафинирането на масло се налага, тъй като в състава на маслото след извличането му присъстват вещества, които пречат на последващото съхранение и обработка. За качеството на получаваното масло се следи въз основа на основните му физикохимични параметри. Целта в крайна сметка е да се получи висок добив от масло без това да влошава качеството на продукта.