

**Лекція № 5**

**Тема:** Переробка продукції олійних і технічних культур

**План:**

**Переробка продукції олійних і технічних культур**

1. Переробка олійних культур
  2. Харчова і технічна цінність сировини
  3. Технологія виробництва олії. Показники якості олії
  4. Відходи переробки насіння олійних культур і використання їх
2. Переробка цукрових буряків
  1. Особливості хімічного складу коренеплодів та їх зміни під час зберігання
  2. Технологічна схема виробництва цукру.
  3. Очищення, випаровування соку, уварювання сиропу і кристалізація цукру.

**ДЗ: Подпрятюв Г.І.** ст 177-186 с. 411-448... **Маньківський А.Я.,** с59-67.. с. 67-97.

**1. Харчова і технічна цінність сировини**

Рослинні жири широко застосовуються в різних галузях народного господарства. Надзвичайно висока їх харчова цінність полягає в тому, що вони легко засвоюються організмом людини і є високо енергетичним продуктом.

Слід зазначити, що термін „жир” є більш загальним і застосовується частіше, а термін „олія” вказує на те, що рослинний жир перебуває в рідкому стані. Олію використовують безпосередньо в їжу, у хлібопеченні, кондитерському виробництві, з неї виробляють оліфу, мийні засоби, лаки і фарби. Технічні рослинні жири використовують у виробництві пластичних мас, лінолеуму, клейончастих матеріалів, виготовленні охолоджувальних рідин, технологічних мастил.

Білки насіння олійних культур застосовують для підвищення біологічної цінності багатьох харчових продуктів, а також у виробництві комбікормів для тварин.

Основною сировиною для виробництва олії в Україні є насіння соняшнику, льону, озимого ріпаку, гірчиці, сої тощо. Провідну роль серед олійних культур, звичайно, відіграє соняшник. Річне виробництво соняшникової олії становить понад 1 млн. т. Насіння соняшнику містить близько 57 % олії, а ядро — до 65 %.

При переробці 100 т насіння соняшнику вихід олії становить 47 т, шроту 30, плодкових оболонок 20 т. Плодові і насінні оболонки складаються переважно з целюлози, тому вони є сировиною для гідролізного виробництва.

Рослинні жири, крім тригліцеринів, містять також фосфоліпіди, жиророзчинні вітаміни (А, Е, В, К), речовини, що містять фосфор, та ін. Фосфоліпіди мають значну біологічну активність, беруть участь у процесі обміну та сприяють підвищенню всмоктування поживних речовин у кишках. Особливо багаті на фосфоліпіди соняшникова, кукурудзяна та соєва олії. Крім того, в насінні олійних культур є макро-, мікро- й ультрамікроелементи, сумарний вміст яких майже вдвічі перевищує їх кількість у насінні інших культур.

Вміст олії в насінні деяких культур залежить від видових та сортових особливостей, умов вирощування, строків і способів збирання, а також способів переробки.

Середній вміст олії та інших компонентів у насінні олійних культур подано в табл. 1.

**Хімічний склад насіння олійних культур, % (на суху речовину)**

Культура	Олія	Азотисті речовини	Вуглеводи	Клітковина	Зольні елементи
Соняшник	33-57	15	20	21	3
Льон олійний	36-47	22	20	8	4
Коноплі	30-38	21	19	13	5
Соя	14-25	42	25	5	-
Ріпак озимий	42-51	19	20	7	3

За хімічним складом жири є сумішшю складних ефірів триатомного спирту гліцерину та високомолекулярних жирних кислот. Із загальної кількості існуючих жирних кислот (близько 60) до складу олії входить 6 — 8. Усі жирні кислоти, що входять до складу жирів, поділяють на *насичені*, які не містять подвійних зв'язків, і *ненасичені*, які мають подвійні зв'язки.

Властивість жирів визначається якісним складом жирних кислот, їх кількісним співвідношенням та процентним вмістом вільних, не зв'язаних з гліцерином жирних кислот.

Рослинні олії багаті на ненасичені жирні кислоти, тому здебільшого є рідкими при звичайній температурі (соняшникова, лляна та ін.). Тваринні жири, навпаки, при звичайній температурі тверді, тому що до їх складу входять переважно насичені жирні кислоти. На відміну від насичених кислот,

відносно стійких до різної взаємодії, ненасичені кислоти, маючи вільні ненасичені зв'язки, можуть приєднувати кисень та окислюватись (тобто гіркнуть), а також відновлюватися за місцем подвійних зв'язків.

Серед рослинних жирів твердими при звичайній температурі є кокосове масло і масло бобів какао. До їх складу входять переважно такі насичені жирні кислоти, як пальмітинова та стеаринова (табл. 2).

Загальною характерною для жирів реакцією є гідроліз на гліцерин і жирні кислоти, що відбувається в рослинній клітині під дією ферменту ліпази, а у виробничих умовах — під дією лугів і кислот.

**Вміст жирних кислот у деяких оліях, % до загальної кількості**

Кислота	Соняш икова	Ляна	Кукуру дзяна	Соєва	Масл инова
Пальмітинова	-	12	15	6	9
Стеаринова	9	12	15	6	9
Олеїнова	36	19	24	22	82
Лінолева	46	16	61	49	4
Ліноленова	-	52	-	10	-

## 2. Технологія виробництва олії

У світовій практиці існує два способи виробництва олії: механічний, або пресовий, і спосіб розчинення олії в легких органічних розчинниках, або екстракції. У виробництві рослинної олії ці два способи використовуються окремо або сумісно.

На переробку зазвичай надходить неоднорідне за складом насіння олійних культур. Вміст домішок негативно впливає на якість олії, збільшує її втрати, знижує продуктивність машин. Отже, щоб забезпечити оптимальні умови переробки насіння олійних культур, його очищають від сторонніх органічних та мінеральних домішок. Процес **очищення** ґрунтується на різниці в розмірах, формі, густині та аеродинамічних властивостях насіння й домішок. Очищають насіння за допомогою сепараторів різної конструкції з відкритим або закритим повітряним циклом.

Для збереження якості насіння олійних культур і стабілізації технологічного процесу виробництва олії (шеретування, відокремлення оболонки, подрібнення ядра та ін.), крім очищення, необхідне **кондиціонування** насіння за вологістю.

Оптимальною для якісного зберігання насіння олійних культур вважається вологість, приблизно на 2 % нижча за критичну. Разом з тим для нормального ведення технологічного процесу вологість насіння більшості олійних культур (винятком є насіння бавовнику, яке перед надходженням на виробництво зволожують до 10-11 %) має бути нижчою, ніж при зберіганні. Якщо вологість насіння перед переробкою треба зменшити, застосовують теплове сушіння або активне вентилування. Для сушіння використовують шахтні, барабанні та газові рециркуляційні сушарки ЦСП-12, ДСП-24, ДСП-32, ДСП-50, „Цілинна-50”, ВТІ-8, ВТІ-16).

Основними компонентами насіння олійних культур з огляду на технологію їх переробки є ядро та оболонки. У насіння льону, сої, рицини, наприклад, є тільки насіннева оболонка, а в соняшнику — насіннева і плодова. За технологічною термінологією, як насінневі, так і плодові оболонки, називають **лузгою**.

Одним із основних процесів відокремлення оболонки від ядра є **шеретування**, після якого одержують суміш, яка називається **рушанкою** і складається з цілих ядер, оболонки та січки (частинки ядра), цілого і неповністю шеретованого насіння.

За технологічними нормами, рушанка може містити: нешеретованого насіння не більше 5 %, січки — не більше 3 % від маси ядра. Віялку треба відрегулювати так, щоб у ядрі залишилося лузги не більше 5 - 6 %, а лузга містила не більше 0,5 % ядра від його маси.

Після шеретування рушанку розділяють на такі фракції: ядро, оболонки, ціле насіння і недощеретоване. Оболонки видаляються, ядро надходить на подрібнення, а недощеретоване і ціле насіння — на повторне шеретування. Насіння соняшнику і сої шеретують на насіннерушальних машинах МНР та відцентрових А1-МРЦ. На машинах марки МНР насіння шеретується внаслідок ударів об біла барабана, які закріплені на барабані, що обертається, або внаслідок повторного удару об деку. Основними робочими органами відцентрової машини є ротор і дека. Насіння за рахунок відцентрової сили відкидається на деку і, ударяючись об неї, розколюється.

Наступним процесом є *сепарація рушанки* для максимального відокремлення плодкових і насінних оболонки від ядра при мінімальних втратах олії. Для цього використовують аспіраційну віяльну машину МІС-50 продуктивністю 50 т/добу. Вона складається з розсійника та аспіраційного корпусу. Розсійник має набір сит, призначених для сортування рушанки на сім сортів (фракцій). Після розподілення рушанки за розміром на ситах її розділяють за щільністю, змінюючи швидкість повітряних потоків.

Процес *подрібнення ядра* насіння впливає на вихід олії і продуктивність обладнання. Він спрямовується на подрібнення ядра насіння — максимально можливе руйнування структури клітин. Для цього використовують п'ятивальцьовий верстат — вальцівку марки ВС-5. Ядро насіння соняшнику подрібнюється за чотири проходи через вальцьові верстати.

Якість подрібнення ядра значно залежить від вологості насіння.

Структура клітин ядра максимально руйнується при його вологості 5,5-6 %. Подрібнене на вальцівках ядро називають *м'ятною*, її не можна зберігати тривалий час, бо ферменти клітин (ліпаза) швидко розкладають жири, гідролізуючи їх на гліцерин і вільні жирні кислоти та погіршуючи властивості олії.

Олія в м'ятці розподілена у вигляді тонких плівок на поверхні часточок подрібненого ядра або насіння й утримується на ній силами молекулярної взаємодії, величина яких перевищує тиск, який створюють преси для видавлювання олії. Для зменшення сил, що зв'язують олію з поверхнею м'ятки, застосовують волого-теплову обробку, що називається *підсмажуванням*. Волого-теплова обробка здійснюється у спеціальних апаратах — жаровнях. Продукт, одержаний після волого-теплової обробки, називається *мезгою*. В промисловості відомі два типи підсмажування — вологе й сухе.

*Вологе підсмажування* здійснюють у два етапи. На першому етапі проводять зволоження та нагрівання м'ятки з додаванням води, після чого її пропарюють, доводячи вміст у ній вологи й температуру до оптимальних значень. На другому етапі зволожену м'ятку висушують, тобто відбувається її кондиціонування, яке забезпечує необхідну структуру матеріалу для кращого його пресування.

*Сухе підсмажування* полягає у висушуванні та нагріванні м'ятки до певної температури без попереднього її нагрівання і зволоження. Сумарна дія вологи, тепла і кисню повітря під час підсмажування сприяють інактивації ферментної системи м'ятки, яка сприяє інтенсивному протіканню гідролітичних та окислювальних процесів. Тому перед сухим підсмажуванням проводять інактивацію ферментів у м'ятці в пропарювальних шнеках інтенсивним і короткочасним нагріванням її до 80 - 85 °С з одночасним зволоженням.

Зволоження та підсмажування м'ятки на олійних заводах здійснюють на спеціальних жаровнях, які за конструкцією поділяють на три типи: чанні, шнекові та барабанні. Мезга із ядра соняшнику при одноразовому пресуванні на пресах подвійної дії (МП-21) після подрібнення надходить у пропарювально-зволожувальний шнек, де зволожується паром до вологості 8 — 9 % і нагрівається до температури 80 — 85 °С. Зволожену м'ятку підсушують на жаровні, доводячи вміст вологи у ній до 2 - 1,5 %, а температуру — до 115- 120 °С. Тривалість прожарювання 40 - 45 хв.

Для *добування олії пресовим способом*, раніше застосовували гідравлічні преси, недоліком яких було недостатньо повне видавлювання олії, внаслідок чого вміст її у шротах становив 7-8%.

На сучасних заводах застосовують шнекові преси, основними робочими органами яких є шнековий вал і зеєрний циліндр. Залежно від тиску, створюваного в зеєрному просторі, на матеріал, що пресується, а також від вмісту олії, яка залишається в макусі, на олійних заводах застосовують різні типи шнекових пресів. За призначенням вони поділяються на преси для попереднього відокремлення олії (форпреси), преси глибокого, або кінцевого, відокремлення олії (експелери) та преси подвійної дії (в одному агрегаті здійснюється попереднє і кінцеве відділення олії).

Тиск на початку пресування становить 0,03 МПа, в середній частині зеєрного простору 1,67-2,23 МПа і на виході макухи — 0,35 МПа. Тривалість перебування матеріалу в пресі (тривалість пресування) залежить від швидкості обертання вала, розміру вихідної щілини, фізико-механічних властивостей матеріалу тощо.

*Екстракційний спосіб* добування олії можна застосовувати як у чистому вигляді, так і в комбінації з форпресовим способом. Прикладом екстракційного способу добування олії в чистому вигляді є пряма екстракція „сирої м'ятки” при переробці сої.

Для добування олії з насіння соняшнику і льону застосовують схему *форпресування*, тобто на першому етапі використовують преси неглибокого одержання олії.

На олійних заводах для виділення олії екстракційним способом як розчинник використовують бензин, а в останні роки — суміш бутан-пропану, яка за нормальних умов є газоподібною.

Після форпресування макуху направляють на екстракцію для остаточного добування олії. Щоб збільшити поверхню дотику між розчинником та подрібненою сировиною (макуховою крупкою), останню пропускають через спарену плющильну вальцівку з гладенькими вальцями і дістають пластини завтовшки 0,2 - 0,4 мм.

Є два варіанти для добування олії при екстракційному способі — настоювання і послідовне знежирювання. При *настоюванні* матеріал заливають розчинником. Через деякий час олія переходить у розчинник та утворюється розчин (місцела), який потім зливають. Знежирений матеріал знову заливають чистим розчинником і так повторюють доти, поки не буде добута майже вся олія.

При *послідовному знежирюванні* чистий розчинник безперервно надходить на максимально знежирений матеріал. У процесі екстракції розрізняють два періоди:

1) добування вільної олії, тобто тієї, що міститься на зовнішніх і внутрішніх поверхнях;

2) добування олії, яка знаходиться у незруйнованих або частково деформованих клітинах. Після закінчення екстракції у шроті міститься приблизно 1 % олії та близько 40 % розчинника.

**Місцела**, яку одержують після екстракції, складається із легкого розчинника, олії і твердих часточок. Щоб видалити з неї тверду фракцію та розділити на олію й розчинник, часточки твердої фракції відокремлюють від місцели відстоюванням, центрифугуванням або фільтрацією. Із трьох основних способів розділення неоднорідних систем здебільшого застосовують спосіб *фільтрації*. Цей спосіб очищення місцели ґрунтується на затримці твердих часточок пористими перегородками, які здатні пропускати рідку фазу та затримувати тверді домішки. На виробництві процес фільтрації місцели здійснюється при постійному тиску і поступовому зменшенні швидкості фільтрації або при постійній швидкості фільтрації і поступовому збільшенні тиску.

Для відгонки легкого розчинника з місцели застосовують також спосіб *дистиляції*, використовуючи для цього спеціальні дистиляційні установках. Спочатку місцелу підігрівають у дистиляторі парою до температури 100 - 105°C. При цьому частина бензину випаровується і концентрація олії підвищується до 75-85 %. Після цього місцела надходить у кінцевий дистилятор, де бензин повністю відганяється парою при температурі 210- 220 °С. Утворена в кінцевому дистиляторі олія виводиться з нього, охолоджується водою в теплообміннику, зважується і направляється у сховище, з якого подається на очищення. Пара бензину по трубах відводиться в конденсатор з водяним охолодженням, де пари води й бензину, різні за густиною, розділяються на дві фракції.

Нині екстракційний спосіб добування олії на заводах України є провідним, тому що забезпечує більший вихід олії, ніж при використанні пресового способу.

**Рослинна олія** — складна багатокомпонентна система, в якій, крім гліцеридів, містяться механічні домішки та деякі інші речовини. Тому високу її якість можна забезпечити ретельним її очищенням. Умовно розрізняють **очищення первинне і глибоке — рафінування.**

За ступенем очищення та цільовим призначенням рослинна олія буває нерафінована (очищена від механічних домішок), гідратована (очищена від фосфатидів), рафінована (очищена від фосфатидів, вільних жирних кислот, барвників), рафіновано-дезодорована (рафінована олія, очищена від ароматичних та смакових речовин, пестицидів і канцерогенів).

Найпоширенішим способом очищення олії є фільтрація на спеціальних фільтрпресах. Перевагою цього способу є те, що він дає змогу відокремлювати механічні домішки, густина яких не відрізняється від густини олії. Олію фільтрують крізь спеціальну тканину або тканину з фільтрувальним папером у фільтрпресах рамного чи камерного типу.

На олійних пресових заводах продуктивністю до 200 - 250 т насіння за добу олію очищають переважно способом *подвійної фільтрації*. Після відокремлення крупних часточок на гущеуловлювачах олія надходить на першу так звану гарячу фільтрацію, яка здійснюється на рамних фільтрах. Після першої фільтрації олія охолоджується до 20 - 25 °С за допомогою повітряних калориферів і знову повторно фільтрується на таких самих фільтрпресах. Відфільтрована й охолоджена олія надходить у складські місткості для зберігання. Від фосфатидів олію очищають *гідратацією*. В неї вводять насичену пару або воду при перемішуванні, внаслідок чого фосфатиди і білкові речовини звожуються. Маючи гідрофільні властивості, білкові речовини підчас гідратації інтенсивно вбирають воду, набухають, укрупнюються, утворюючи пластівці, які випадають в осад.

Одним з поширених способів очищення олії від жирних кислот є обробка її слабкими розчинами лугів (NaOH). При взаємодії жирних кислот з лугами утворюються нерозчинні в олії солі — мила, які випадають в осад у вигляді пластівців. Щоб очистити олію від барвників, застосовують так зване *адсорбційне рафінування*. Суть його полягає в обробці олії спеціальними відбілюючими порошками, дрібненькі часточки яких адсорбують на своїй поверхні барвники.

Неприємний запах і смак видаляються з олії *дезодорацією*. Для цього у спеціальних апаратах періодичної або безперервної дії кризь шар олії пропускають перегріту, дуже розріджену водяну пару що в техніці називається *дистиляцією*.

### 3. Показники якості олії

Якість і склад олії значною мірою залежать від географічних районів, ґрунтово-кліматичних умов, сорту та агротехніки вирощування олійних властивості і якість олії визначають за такими показниками, як число омилення, йодне і кислотне числа (табл. 3).

Можна визначити якість олії органолептичне й інструментальними методами (кислотне і йодне числа, число омилення).

Якість олії характеризують її запах, колір і прозорість. Харчова олія повинна бути цілком прозорою, мати світло-жовтий колір та характерний запах. Однією з ознак якості олії є кількість відстою (нежирних домішок).

**Число омилення** - кількість міліграмів їдкоого калію КОН, необхідна для нейтралізації вільних і зв'язаних з гліцерином жирних кислот, одержаних при омиленні 1 г жиру.

### Показники якості олії з насіння олійних культур

Культура	Число омилення, мг КОН на 1 г олії	Йодне число, г йоду на 100 г олії	Кислотне число, мг КОН на 1 г олії
Соняшник	183-196	119-144	0,01-2,4
Ріпак озимий	190-217	107-137	0,0-5,7
Соя	168-185	94-112	0,1-1,1
Льон олійний	186-195	165 -292	0,6-3,5

**Йодне число** - кількість грамів йоду, яка зв'язується із 100 г жиру. Воно дає змогу оцінити якість олії, придатність її для використання. Оскільки приєднання йоду відбувається у місці подвійних зв'язків у молекулах ненасичених жирних кислот, йодне число дає уявлення про вміст цих кислот у жирі. Чим вище йодне число, тим легше окислюється жир, тому він більш придатний для виготовлення лаків, фарб, оліфи і менш придатний для вживання в їжу.

**Кислотне число** - кількість міліграмів їдкоого калію КОН, необхідна для нейтралізації вільних жирних кислот, що містяться в 1 г жиру. Це важливий показник властивостей і стану жиру оскільки може легко збільшуватися при зберіганні як жиру, так і багатих на жир харчових продуктів.

За можливість ненасичених жирних кислот швидко окислюватися визначають здатність олії до висихання. За цією ознакою олії поділяють на: швидковисихаючі, напіввисихаючі та невисихаючі. **Швидко висихаючі олії** — лляна, конопляна, йодне число яких 130 - 295. До їх складу входять гліцерин, лінолева (50-60 %) та ліноленова (17-45%) кислоти. **Напіввисихаючі і слабковисихаючі** - соняшникова, соєва, кукурудзяна з йодним числом вище 85 до 130 У їх складі переважають гліцериди лінолевої (40 — 57 %) та олеїнової (28 -50 %) кислот. **Невисихаючі олії** — арахісова, рицинова з йодним числом до 85. У них переважає олеїнова кислота (до 83 %).

### 4. Відходи переробки насіння олійних культур і використання їх

Побічними продуктами виробництва олії з насіння олійних культур є макуха і шрот. Це високобілковий концентрований корм для всіх видів сільськогосподарських тварин, який входить переважно до складу комбікормів. Загальна поживність макухи і шроту прирівнюється до поживності зернових культур, але в них значно вищий вміст протеїну (див.табл.4).

За амінокислотним складом, біохімічною цінністю білки макухи і шроту відрізняються від зернових злаків більшим вмістом лізину, метіоніну, цистину, триптофану, кальцію та фосфору, вітамінів групи В.

### Хімічний склад та поживність макухи і шроту, % в середньому

Види макухи і шроту	Корм.оди н., в 100 г	Сирий протеїн	Сирий жир	Клітково-вина	Мін. речовини			Амінокислоти	
					Кальцій	Фосфор	Натрій	Лізін	Метіонін + цистин
Макуха:									
соняшникова	110	39,8	7,5	13,3	0,3	0,82	0,94	1,31	1,54
лляна	113	31,0	9,9	9,4	0,31	0,71	0,06	1,12	0,89
соєва	125	38,2	7,9	5,3	0,43	0,89	0,05	2,78	1,19
ріпакова	100	33,0	9,0	13,2	0,71	1,00	0,07	1,58	1,33
Шрот:									
соняшниковий	104	38,6	3,6	14,1	0,33	0,82	0,94	1,38	1,84
лляний	103	33,3	1,9	9,7	0,33	0,74	0,14	1,18	1,08
соєвий	119	40,5	1,0	6,2	0,55	0,70	0,51	2,27	1,16
ріпаковий	90	38,3	2,3	12,0	0,66	0,93	0,02	1,69	1,95
кукурудзяний	116	18,0	3,7	7,6	0,05	0,36	0,03	0,94	0,72

Вуглеводи макухи і шроту складаються переважно з клітковини, геміцелюлози, невеликої кількості цукрів і пектинових речовин, олії (до складу олії входять переважно ненасичені жирні кислоти). Вміст вітамінів та Інших біологічно активних речовин залежить як від якості сировини, так і від правильності ведення технологічного процесу.

За фізико-хімічними показниками макуха повинна відповідати певним нормам (табл. 5).

#### Фізико-хімічні показники макухи

Показники	Соняшникова	Конопляна	Ляна	Ріпакова
Вологість, % не більше	8	6-8	6-8	6-9
Сирий жир, % не більше	7	8	7	7,2
Сирий протеїн, % не менше	44	35	34	37
Зольні речовини, нерозчинні в 10%-му розчині соляної кислоти, % не більше	1,5	2	1,5	1,5
Лузга, % не більше	15,5	-	-	-

Зберігання макухи і шроту має свої особливості. Після виготовлення на виробництві вони мають дуже низьку вологість і високу температуру (шрот — 100-105 °С). Крім того, шрот містить деяку кількість розчинника. В такому вигляді макуха і шрот непридатні для тривалого зберігання, тому що олія швидко окислюється киснем повітря, гіркне і її кормові якості різко знижуються. До того ж при розщепленні жиру виділяється теплота, що може призвести до самозгрівання і навіть до само загоряння продукту.

Для підвищення стійкості макухи і шроту під час зберігання їх висушують та охолоджують, проводять відгонку розчинника. Вологість макухи і шроту відповідно до стандарту становить 6 - 10 %. Температура — не вище 35°С, а влітку вона не повинна перевищувати температури повітря більш як на 5 °С. Вміст розчинника у шроті при його відвантаженні — не більше 0,1 %. Макуху і шрот зберігають насипом або в мішках у сухому темному й охолодженому приміщенні.

## 2. Технологічна схема виробництва цукру

Сучасний великий цукровий завод переробляє за добу 25-50 тис. ц цукрових буряків і одержує 4-8 тис. ц готового цукру-піску. Виробництво цукру-піску з буряків за своєю основою є фізико-хімічним процесом. Сахарозу добувають з клітин коренеплодів дифузиею, після чого завдяки хімічним і теплофізичним впливам цукор відокремлюється від нецукрів і перетворюється на чистий кристалічний продукт.

**Переробляють цукрові буряки на заводі за такою технологічною схемою:** 1) подача коренеплодів на завод; 2) миття коренеплодів; 3) зважування на автоматичних вагах; 4) подрібнення на стружку; 5) вироблення соку на дифузійних установках; 6) очищення соку; 7) згущення соку (випаровування); 8) уварювання сиропу до кристалізації цукру; 9) відокремлення кристалів цукру від патоки і відбілювання його; 10) сушіння цукру; 11) пакування цукру в мішки.

### Подрібнення буряків і одержання соку

З кагатного поля буряки надходять у бурячну, яка являє собою один або кілька довгих наземних чи заглиблених у землю засіків. Місткість її розрахована на дводобову роботу заводу. У бурячну коренеплоди доставляються автомашинами, залізничними або гідравлічними саморозвантажувальними вагонами, гідроконвеєрами. Бурячні розвантажуються струменем води, який подається гідрантами під тиском 2-3 атм. Вода змиває буряки в жолоб гідравлічного конвеєра, яким вони подаються на переробку.

При транспортуванні буряків гідравлічними конвеєрами витрата води становить 5 - 7 ц на 1 ц коренеплодів. Для відокремлення від буряків сторонніх домішок (солонина, гичка, каміння, пісок та ін.) на конвеєрі встановлюють різні пристрої (пастки).

При гідравлічному транспортуванні буряки частково відмиваються від землі. Повне їх відмивання і відокремлення сторонніх домішок відбуваються в бурякомийці, куди корені подаються підйомно-транспортними механізмами (шнек, піднімальне колесо, буряковий відцентровий насос).

Останнім часом на цукрових заводах застосовують ефективні бурякомийні машини: СМК-ЗМ та струминну АЧ-ПМА-3,0 продуктивністю кожної 30 тис. ц переробки буряків за добу. Виміті корені надходять у буряковий елеватор, який піднімає їх на автоматичні ваги, розміщені над бурякорізками.

Для добування цукру коренеплоди цукрових буряків ріжуть на стружку. Дифузія сахарози відбувається повніше і швидше, якщо стружка має найбільшу поверхню на одиницю маси. Для цього корені ріжуть на спеціальних машинах (бурякорізках) у вигляді смужок жолобчастої форми або пластинки прямокутного перетину. Жолобчасту стружку отримують завширшки 4 - 6 і завтовшки 0,7-1 мм, а пластинчасту — відповідно 2,5 - 3 і 1,2-1,5 мм.

Якщо коренеплоди були доброї якості (пружні, з добрим тургором) і бурякорізка встановлена правильно, утворюється така стружка, що 100 г її при укладанні в довжину в одну лінію займають не менше 24 м. При цьому не менше 45 - 50 % стружки має бути правильної форми, а браку і м'язги (товсті, короткі шматочки неправильної форми, шматочки завтовшки менше 0,5 мм) не більше 3 %.

На цукрових заводах застосовують бурякорізки трьох типів: дискові, відцентрові та барабанні.

Бурякова стружка надходить на гробельний або стрічковий елеватор, який подає її в дифузійний апарат. Цукор із стружки вилучається гарячою водою на дифузійних апаратах безперервної дії або в дифузійних батареях.

Оболонки клітин коренів проникні для цукру та інших водорозчинних речовин, однак жива протоплазма клітин напівпроникна і майже не пропускає цукор та інші розчинні у клітинному соку речовини. Тому відносно повно добути цукор дифузійним способом можна тільки після нагрівання стружки до 60 °С, коли відбудеться процес коагуляції білків протоплазми. При цьому білки перетворюються на окремі згустки, грудочки, між якими проходять цукор та інші водорозчинні речовини до стінок клітин і крізь них — у навколишній розчин.

Для успішного добування цукру і зменшення переходу нецукрів у дифузійний сік процес дифузії проводять швидко і при слабкокислій реакції середовища (рН 5 - 6). У дифузійному соку міститься на 18 — 20 % менше нецукрів, ніж у клітинному, тобто доброякісність дифузійного соку вища, ніж клітинного.

На сучасних заводах у нашій країні широко застосовують різні типи дифузійних апаратів безперервної дії. Найбільш поширені з них вертикальні колонні і похилі шнекові дифузійні апарати. В кожний з них стружка надходить безперервно, а назустріч їй рухається вода, за допомогою якої і відбувається знесолоджування стружки, яка попередньо ошпарюється гарячим соком для плазмолізу клітин у спеціальних ошпарювачах, які додаються до дифузійного апарата або розміщені в ньому.

### **3. Очищення, випаровування соку, уварювання сиропу і кристалізація цукру**

**Дифузійний сік** — каламутна рідина, яка швидко темніє на повітрі. У ньому крім цукру містяться органічні і мінеральні нецукри, а також в замуленому стані дрібні частинки бурякової стружки. Сік має слабкокислу реакцію (рН 6 - 6,5) і може пінитись.

Технологічна схема очищення дифузійного соку включає такі основні операції: defeкація попередня і основна; сатурація перша і друга; фільтрація перша і друга; сульфитація і контрольна фільтрація соку.

Підігрітий до 85 — 90 °С дифузійний сік у defeкаторі двічі обробляється вапняним молоком у кількості 0,25 - 0,3 % від маси буряків — **попередня defeкація** і 2,0 - 2,25 % CaO — **основна defeкація**.

Під дією вапна білки й інші речовини, які містяться в дифузійному соку у вигляді великих міцел, коагулюють. Пояснюється це тим, що колоїдні частинки несуть певний електричний заряд, який можна нейтралізувати, ввівши у розчин електроліт з протилежним електричним зарядом. Колоїд, який втратив свій заряд, стає нестійким, переходить у нерозчинний стан і коагулює. Крім того, в процесі defeкації відбуваються реакції між нецукрами дифузійного соку та іонами Ca<sup>2+</sup> і OH<sup>-</sup>. При наявності іона кальцію випадають в осад щавелева, лимонна і оксикислоти, утворюючи нерозчинні солі кальцію. Поряд з цим вапно осаджує фосфорну кислоту і в незначній кількості сірчану. Під впливом гідроксильних іонів (OH<sup>-</sup>) відбуваються реакції осадження солей алюмінію, заліза і магнію у вигляді гідроокисів цих металів.

Тривалість процесу defeкації при нагріванні соку до 80 - 90 °С становить 8-10 хв. Defeкацію соку здійснюють у спеціальних апаратах — **defeкаторах безперервної дії**.

Наступною операцією очищення соку є процес **сатурації**, який здійснюють у два прийоми (перша сатурація і після відокремлення осаду — друга). Основне завдання цього процесу в тому, щоб насиченням соку вуглекислим газом, який міститься у сатураційному газі, викликати випадання вапна в осад у вигляді вуглекислого кальцію (CaCO<sub>3</sub>). Крейда, яка утворюється при цьому в апаратах-сатураторах, має дуже тонку структуру й активно вбирає різні органічні речовини, особливо нецукри, які забарвлюють сік. У результаті цієї реакції сік стає більш світлим і прозорим.

З defeкатора сік самопливом надходить до сатуратора - закритого вертикального циліндричного корпусу з конічним дном. Сік надходить до сатуратора зверху і, потрапляючи на

розбрикувальний диск, рівномірно стікає. Сатураційний газ (який містить  $\text{CO}_2$ ) подається в нижню частину апарата, надає соку обертового руху і добре з ним перемішується. По трубі, встановленій на рівні дна сатуратора, оброблений газом сік спрямовується до контрольного ящика, з якого відкачується насосом. Основна частина відгазованого соку першої сатурації після попереднього підігрівання в решоферах до  $90\text{ }^\circ\text{C}$  іде на **фільтрацію**.

**Відфільтрований сік**, підігрітий в решофері до  $100\text{ }^\circ\text{C}$ , надходить на другу сатурацію. Надмірне підігрівання запобігає утворенню двовуглекислих солей на другій сатурації.

Завдання другої сатурації полягає в максимальному осадженні і видаленні вапна та солей кальцію, які можуть викликати утруднення при уварюванні соку і призвести до утворення накипу на внутрішніх поверхнях нагрівальних трубок.

Обробляють сік вуглекислим газом на другій сатурації до оптимальної лужності, що дорівнює  $0,015 - 0,020\%$   $\text{CaO}$ , або  $\text{pH } 8,8 - 9$ . Друга сатурація проводиться безперервно в апаратах, які за своєю конструкцією не відрізняються від апаратів першої сатурації, але мають трохи менший об'єм. Після другої сатурації сік знову надходить на фільтрацію.

Фільтрують сік на фільтр-пресах і вакуум-фільтрах. Застосовувані ще на ряді цукрових заводів фільтр-преси є масивними металевими рамами із стояками, які підтримують два паралельних стрижні. На ці стрижні встановлюють по черзі рами і плити. На кожну раму натягують фільтрувальну тканину. Після встановлення рам і плит їх щільно стискають гідравлічним притискачем. Соковим каналом сік під тиском надходить у рами. Проходячи далі крізь фільтрувальну тканину рифленою поверхнею, він потрапляє в соковий жолоб.

У міру проходження соку на рамах нагромаджується осад (фільтр-пресовий бруд) і швидкість фільтрації зменшується. Фільтрпресовий бруд, що відкладається на фільтрувальній тканині, містить близько  $7 - 8\%$  цукру, тому подачу соку періодично припиняють і пускають гарячу воду для промивання осаду. Першу частину промивної води (промив) додають до соку, а решту (приблизно  $2/3$ ) використовують для приготування вапняного молока.

Робота на фільтр-пресах пов'язана із застосуванням важкої ручної праці (очищенням рам від бруду і встановленням їх), а також з періодичністю використання їх. У зв'язку з цим тепер застосовують вакуум-фільтраційні установки, на яких робота здійснюється безперервно, а всі операції щодо фільтрації соку повністю механізовані.

Основним робочим органом вакуум-фільтра є горизонтальний барабан, який весь час обертається. Зовнішня поверхня барабана обтягнута фільтрувальною тканиною. Під зовнішньою фільтрувальною поверхнею барабана розміщена внутрішня суцільна поверхня. Простір між цими двома поверхнями поділений перегородками на 24 вічка. За допомогою трубок вічка з'єднані з розподільною головкою фільтра, завдяки чому можна створити вакуум або повітряний тиск в окремих секціях.

Барабан частково занурений у корито, в яке надходить сік. У цьому положенні нижні секції барабана автоматично з'єднуються з вакуумом і сік засмоктується в секцію (зона фільтрації), а бруд відкладається ззовні фільтрувальної тканини. Коли секції барабана виходять із соку, вони потрапляють у зону осушення, а вакуум автоматично виключається. При подальшому рухові барабана секції потрапляють у зону зрошення, де за допомогою зрошувачів відбувається промивання осаду.

Внаслідок автоматичного включення вакууму всередину барабана засмоктується промив, який приєднується до відфільтрованого соку. Далі спеціальними скребками бруд знімається з поверхні барабана, а повітродувки, які включаються, подаючи повітря зсередини під тиском, здувають залишки бруду.

Нині освоєно виробництво і почали застосовувати автоматизовані установки для згущення соку першої сатурації продуктивністю від 3 до 6 тис. т переробки буряків за добу. Принцип їх дії ґрунтується на використанні листових фільтрів-згущувачів типів ФіЛС-60 та ФіЛС-100.

Для знебарвлювання і зменшення в'язкості відфільтрований сік піддають **сульфітації**, тобто обробляють сірчаним газом. При пропусканні газу в сік утворюється сірчиста кислота, яка є досить сильним відновником. Реагуючи з водою, вона частково переходить у сірчану кислоту з виділенням водню. Вивільнюваний при цьому водень відновлює органічні забарвлені речовини, перетворюючи їх на безбарвні сполуки. Крім того, сульфитація знижує лужність соку, сприяючи зменшенню в'язкості сиропу, що полегшує кристалізацію і відділення кристалів цукру.

Сульфитацію соку здійснюють на спеціальних апаратах-сульфі-таторах. Сік у них надходить зверху і, розбрикуючись у вигляді дощу, падає вниз. Сірчаний газ вентилятором відсмоктується із сір-копалювальної печі і подається назустріч соку.



**Випаровування соку, уварювання сиропу і кристалізація цукру.** Сік після другої сатурації і фільтрації має доброякісність 91-93 з вмістом сухих речовин 14 - 16 %, у тому числі сахарози 13 - 14 %. Наступне завдання полягає в тому, щоб кристалізацією вилучити з соку цукор. Для цього із соку видаляють воду в два прийоми. Спочатку випаровують її на випарних апаратах до сиропу із вмістом сухих речовин 65-70%. Після цього продукт додатково очищують і випарюють у вакуум-апаратах до вмісту сухих речовин 92 — 93 %. Сироп після випаровування буває каламутним і темного кольору, іноді з високою лужністю. Перед уварюванням і кристалізацією такий сироп додатково обробляють сірчистим газом (сульфітують) і фільтрують на фільтр-пресах або мішкових фільтрах. Сироп краще фільтрується при додаванні невеликої кількості кізельгуру, який містить 90 % аморфного кремнезему.

При подальшому випаровуванні води з сиропу розчин стає пересиченим і в ньому починають утворюватись кристали цукру. В результаті такого уварювання сиропу дістають продукт під назвою **перший утфель**. **Утфель** — це густа в'язка маса, яка складається з кристалів цукру і міжкристалічної рідини із вмістом 92 - 93 % сухих речовин. Для запобігання карамелізації цукру, що може спостерігатись при температурі кипіння утфелю (120 °С) за нормального атмосферного тиску, сироп уварюють в умовах вакууму. При цьому температура кипіння сиропу буває не вище 80 °С.

Для варіння утфелю застосовують вакуум-апарати. Спочатку сироп уварюють до згущення. Для цього в порожньому вакуум-апараті створюється розрідження. Сироп, надходячи в апарат, заповнює обігрівальну камеру. Потім під дією пари, що подається, відбувається випаровування води з сиропу. Ступінь згущення сиропу визначають, спостерігаючи через зорове скло вакуум-апарата.

На другому етапі сироп стає перенасиченим розчином і починається утворення кристалів. Для утворення кристалів у вакуум-апарат додають невелику кількість (50 - 100 г) цукрової пудри, яка сприяє швидкому утворенню центрів кристалізації. Далі, не припиняючи випаровування, в апарат подають свіжий сироп у такій кількості, щоб коефіцієнт перенасичення уварюваної маси був 1,05-1,1.

Коли вміст сухих речовин в утфелі досягне 92 - 93 %, подачу пари у вакуум-апарат і розрідження в ньому припиняють, забезпечують доступ зовнішнього повітря, продукт спускають в утфельмішалку, а потім у центрифуги для відокремлення кристалів цукру від патоки. При швидкому обертанні барабана центрифуги (1000 - 1400 об/хв) під дією відцентрової сили утфель притискається до стінок барабана, який являє собою центрифужні сита. При цьому міжкристалічна рідина відокремлюється від кристалів, проходить крізь отвори сит і витікає з центрифуги, а цукор залишається на ситах барабана центрифуги. Добута рідина називається **зеленою патокою**.

Кристали цукру, що залишилися на сітчастій поверхні барабана, відбілюють гарячою водою і парою, при цьому частина кристалів цукру розчиняється. Розчин, який утворився, складається з води, залишків патоки і розчиненого цукру і називається **білою патокою**, яка надходить у спеціальні збірники. Ця патока насосами подається у вакуум-апарати під кінець уварювання першого утфелю. Вивантажений з центрифуги білий цукор потрапляє на так званий трясун, яким він переміщується до елеватора, що подає цукор у сушильний цех.

Зелена патока надходить в інший вакуум-апарат для уварювання другого утфелю. Після додаткової кристалізації другого утфелю його розподільником спрямовують на швидкохідні центрифуги, де знову відокремлюються кристали цукру, але жовтого кольору (жовтий цукор).

Щоб мати більше якісного цукру, жовтий цукор повертають у виробництво, розчиняючи його у соці після другої сатурації. Цей процес називають **клеровкою**. Розчинений у соці жовтий цукор домішують до випареного сиропу, який надходить на сульфитацію.

**Витік другого утфелю називають кормовою патокою, або мелясою**, яка є відходом цукробурякового виробництва.

Вивантажуваний з центрифуг білий цукор-пісок має вологість 0,5 - 0,6 % і температуру 70 - 75 °С. Його підсушують до стандартної вологості (0,1 — 0,15 %) у барабанній сушарці за рахунок залишкового тепла самого цукру. Після цього цукор просіюють на ситах, пропускають крізь магнітний сепаратор і направляють у засіки для наступного пакування у мішки.

Вихід чистого цукру на сучасних заводах залежить від цукристості коренеплодів і становить 14-15% від маси перероблених буряків. Якщо під час зберігання цукрових буряків спостерігались погіршення їх якості і значні втрати цукру, то вихід його зменшується.