

**27.11.24.**

**35 група**

**Процеси випарювання та упарювання.**

**Тема: Поняття про екстракцію.**

Процесом екстрагування називається вибіркоче добування одного або декількох компонентів з розчину або твердого тіла за допомогою розчинника, що називається екстрагентом. У екстрагенті добре розчиняються тільки компоненти, що добуваються і значно гірше або практично зовсім не розчинюються інші компоненти; тому розчинник називається вибіркочим або селективним. У харчовій технології як екстрагенти застосовують воду, спирт і водно-спиртові суміші, зріджений вуглекислий газ, жир і різноманітні органічні розчинники – чотирихлористий вуглець, дихлоретан, бензин та ін.

За агрегатним станом розрізняють екстрагування в системі тверде тіло - рідина і рідина - рідина; останнє в харчовій технології трапляється рідше. Механізм процесу екстрагування з твердих тіл і застосовувана для цієї мети апаратура істотно відрізняються від екстрагування в системі рідина - рідина, і тому ці два процеси розглядаються окремо.

У харчовій технології значне розповсюдження має екстрагування в системі тверде тіло - рідина. Для деяких харчових виробництв екстрагування є основним технологічним процесом. До них відносяться, наприклад:

- видобування цукрози з бурякової стружки в цукровій промисловості (екстрагент - вода);
- екстрагування олії з насіння соняшнику, бавовнику, сої та ін. (екстрагент - бензин);
- екстрагування агару з морських водоростей в агаровому виробництві (екстрагент - вода);
- видобування дубильних, ароматичних і барвникових речовин з дуба в коньячному виробництві (екстрагент - спирт);
- одержання екстрактів прянощів з пряних рослин (екстрагент - зріджений діоксид вуглецю).

Процес екстрагування з твердих тіл відіграє важливу роль у виробництві вина, пива, крохмалю, желатину, лікєро-горілчанних виробів, розчинних кави і чаю. Широко використовуються ці процеси в ресторанному господарстві. Варення і смаження продуктів, як правило, завжди супроводжуються екстрагуванням тих або інших речовин з продукту в воду або жир. Процеси екстрагування мають місце під час приготування чаю і кави - це типовий процес екстрагування з твердих речовин (водою) компонентів, що зумовлюють смак і запах цих напоїв. Екстрагування має місце під час приготування бульйонів і відварів, екстрактів прянощів.

Екстрагування з рідини також застосовують на харчових виробництвах. Так, за допомогою екстрагування виділяють молочну кислоту і антибіотики з ферментаційних розчинів, сивушні масла з суміші компонентів, що відбираються з брагоректифікаційних апаратів. Під час екстрагування з рідини екстрагент повинен бути нерозчинним у рідині, що піддається обробленню, і володіти по відношенню до речовини, що добувається, більшою розчинністю, ніж вихідна рідина. Після проведення екстрагування рідини повинні легко відокремлюватися, відрізняючись між собою густиною.

Таким чином, під час екстрагування, як і в інших масообмінних процесах, є дві фази (тверда і рідка або дві рідики) і речовина, яка переходить з однієї фази в іншу, - екстрагована речовина. У ряді виробництв є необхідність одержання екстрагованої речовини в чистому вигляді (наприклад, цукру, олій, агару, розчинних чаю та кави). Для цього після екстрагування проводять випаровування або відгонку розчинника.

Фізична сутність процесу екстрагування полягає в наступному. Екстрагування є дифузійним процесом. Рушійною силою його є різниця концентрацій цільового компонента в двох фазах, що стикаються. Цільовий компонент переміщується в сторону меншої концентрації з однієї фази в іншу. Екстрагування при кімнатній температурі без перемішування відбувається за рахунок молекулярної дифузії, а при нагріванні або перемішуванні - конвективною дифузією.

Екстрагування в системі тверде тіло - рідина - це складний процес, який включає чотири стадії:

- 1) дифузія розчинника (екстрагента) в пори твердого тіла;
- 2) розчинення цільового компонента (або декількох компонентів);
- 3) перенесення екстрагованої речовини в капілярах усередині твердого тіла до поверхні поділу фаз (внутрішня дифузія);
- 4) перенесення екстрагованої речовини в рідкому розчинникові від поверхні поділу фаз через пограничну плівку в ядро потоку екстрагента (зовнішня дифузія).

Під час екстрагування розчинних речовин з тканин рослинної сировини природно, що не всі чотири стадії мають місце або не всі відіграють істотну роль. Наприклад, у цукробуряковому виробництві екстрагування здійснюється з рослинної тканини, в якій екстрагована речовина (цукор) знаходиться вже в розчиненому стані (в клітинному соці); тому перші дві стадії в цьому процесі будуть відсутні.

При екстрагуванні в більшості інших харчових виробництв з перерахованих чотирьох стадій процесу лімітують загальну швидкість масопередачі, зазвичай, останні дві, бо швидкість масоперенесення на перших двох стадіях звичайно значно вища порівняно зі швидкістю протікання двох наступних стадій. Таким чином, загальний дифузійний опір масоперенесення складається з дифузійного опору всередині твердого тіла і в розчинникові, а швидкість екстрагування визначається швидкістю протікання внутрішньої та зовнішньої дифузії.

На ефективність процесу екстрагування з рослинної сировини, тобто швидкість екстрагування, впливає ряд факторів.

1. *Правильний вибір розчинника.* Він полягає в тому, що екстрагент повинен добувати з сировини тільки потрібний компонент без сторонніх домішок. Екстрагент повинен також відповідати таким вимогам: бути хімічно чистим, не спричинювати корозії апаратури, легко відокремлюватися від екстрагованої речовини шляхом перегонки або випаровування, не залишаючи шкідливих для організму сполучень і не змінюючи запаху і кольору продукту. Застосовувані в харчуванні екстрагенти - вода, харчові жири, зріджена вуглекислота - в основному відповідають цим вимогам.

2. *Подрібнення твердої сировини до оптимального розміру.*

Розміри частинок матеріалу, який екстрагується, повинні бути настільки малі, щоб створити найбільшу поверхню зіткнення з розчинником і найменший шлях для внутрішньої дифузії. Проте не треба припускати переподрібнення матеріалу, а також неоднорідного подрібнення, бо при цьому переподрібнені частинки утворюють густий шар, перегороджуючи шлях розчиннику.

3. *Створення оптимальних температурних умов.*

Підвищення температури зумовлює прискорення процесу дифузії внаслідок при-скорення теплового руху молекул і зменшення при цьому в'язкості середовища, що полегшує і прискорює пересування компонента, який екстрагується, і розчинника. Підвищення температури (до 60° C) сприяє також руйнуванню оболонки клітин рослинної і тваринної сировини. Помітимо, що швидкість внутрішньої дифузії компонента можна підвищити, створюючи умови для виникнення термодифузії, що посилює потік компонента, який екстрагується, до поверхні. Цього можна досягти шляхом нагрівання твердого тіла до вищої температури, ніж температура екстрагента

4. *Створення підвищеного тиску,* що сприяє тіснішому контакту розчинника і сировини і, отже, приводить до більш повного добування продукту, який екстрагується. Проте використання підвищеного тиску під час екстрагування потребує складнішої за конструкцією герметичної апаратури.

5. *Створення ефективної гідродинамічної обстановки процесу.* Для збільшення швидкості зовнішньої дифузії треба створювати інтенсивний турбулентний рух екстрагента і перемішувати матеріал.

6. *Оптимальне співвідношення розчинника й сировини, що надходять на екстрагування.* Збільшення кількості розчинника сприяє повнішому добуванню

речовин, які екстрагуються, але може екстрагувати небажані домішки. Крім того, концентрація екстрагованої речовини в екстрагенті при цьому буде невисокою, що робить важким їхній наступний розподіл. Занадто малі кількості розчинника, що подається на екстрагування, призведуть до неповного добування продукту із сировини, що економічно недоцільно.

7. *Дотримання умов оптимальної тривалості процесу екстрагування.* Під час збільшення тривалості процесу

підвищується виділення компонента, який екстрагується, але знижується продуктивність апаратів. Скороченню тривалості проведення екстрагування сприяють рівномірніше подрібнення сировини, підвищення температури розчинника і сировини, а також збільшення кількості екстрагента.

*Матеріальний баланс екстрагування.* Розглянемо періодичний прямотечійний процес екстрагування на прикладі приготування чаю. На рис. 5.10 наведено екстракційні криві, які характеризують зміни концентрацій компонента, що добувається (дубильні, ароматичні і барвні речовини), в твердому тілі (чайних) та екстрагенті (гарячій воді) під час періодичного процесу.

Якщо прийняти з достатньою для практики точністю, що витрата мас твердих частинок і екстрагента в процесі екстрагування не змінюється, то матеріальний баланс із компонента, що добувається, може бути наданий загальним для масообмінних процесів рівнянням

### **5.3.2. Апарати для екстрагування**

Апарати, в яких здійснюється процес екстрагування, називаються екстракторами.

Для проведення процесу екстрагування в системі "тверде тіло - рідина" - застосовують три способи взаємодії фаз (рис. 5.11): контакт у замкненому об'ємі; фільтрування рідини через нерухомий шар пористих частинок (перколяція); протитечійна взаємодія твердих частинок з рідиною.

Для деяких категорій екстрактів і настоїв, що одержуються в окремих галузях харчової промисловості, де виробляються невеликі партії продукції різноманітних найменувань, достатньо широке розповсюдження досі мають апарати періодичної дії. Так, екстрагування ароматичних і фарбуючих речовин у лікєро-горілчаному виробництві здійснюється зазвичай в апаратах з мішалкою. У цьому випадку концентрація екст-рагованої речовини в твердому тілі та розчиннику безперервно змінюється, а процес має нестационарний характер (див. рис. 5.10)

Широке застосування має екстрактор-дифузор для екстрагування в густому шарі (рис. 5.12). Це вертикальний циліндричний корпус 3 з конічним днищем, завантажувальним люком 1 угорі та відкидним розвантажувальним днищем 6 знизу. У нижній частині апарата знаходиться сталеве сито 4, на яке через верхній люк завантажуються шар подрібненого твердого матеріалу 7. У верхній горловині є штуцер 2 для введення розчинника, а в нижній - штуцер 5 для його випуску.

Місткість дифузорів становить 3,5-6 м<sup>3</sup>. Застосування одиничних дифузорів доцільно для проведення екстрагування настоюванням при значній тривалості процесу. Для інтенсифікації процесу може здійснюватися циркуляційне перемішування; при цьому розчинник циркулює за допомогою насоса через штуцери 5 і 2.

У багатьох харчових виробництвах (цукровому, вітамінному агаровому та ін.) звичайно з'єднують послідовно від 4 до 15 дифузорів у

батарею і проводять процес екстрагування за принципом протитечії, тобто свіжий екстрагент взаємодіє з матеріалом, який вже значною мірою екстрагований, а найбільш концентрований розчин зі свіжим матеріалом. При цьому в батареї завжди працює на ДВІ апарати менше, оскільки в будь-який момент часу один з апаратів знаходиться під завантаженням свіжого матеріалу, а інший, у якому досягнуто задану ступінь добування, відключається на розвантаження відпрацьованої сировини. Для підтримання відповідного температурного режиму між кожною парою дифуздорів для нагрівання екстрагента встановлюються теплообмінники. Рух екстрагента через усі дифузори відбувається за допомогою насоса.

Для приготування кави застосовують різноманітного виду кавоварки, які працюють за принципом однократного і багатократного фільтрування киплячої води через шар меленої кави. Схему кавоварки фонтануючого типу періодичної дії наведено на рис. 5.13. Кипляча вода з паровими бульбашками з кип'ятильника 1, що обігрівається електронагрівачами 7, по циркуляційній (фонтануючій) трубці 6 спрямовується вгору, ударяється об відбивач 5 і рівномірно омиває мелену каву, розташовану на сітці 4. При цьому вона екстрагує з кави харчові та ароматичні речовини і стікає в нижню частину резервуара 3. Розбір отриманого напою здійснюється через патрубок 2. У експрес-кавоварках ароматичні екстрактивні речовини екстрагуються кип'ятком, що проходить під тиском через шар меленої кави.

У харчовій промисловості найбільше поширений отримав безперервний протитечійний спосіб екстрагування, під час якого тверді частинки переміщуються назустріч потоку рідини (див. рис. 5.11, в). Під час протитечійної взаємодії фаз конструкція контактного пристрою визначається робочим органом, що забезпечує переміщення матеріалу. Як робочий орган надто широко використовуються шнеки, стрічкові та ланцюгові транспортери, а також ротори.

Як приклад, на рис. 5.14 схематично показаний стрічковий екстрактор з рециркуляцією екстрагента, який застосовується у виробництві олій. У ньому спеціально підготовлене маслинове насіння з бункера 2 надходить на перфоровану стрічку 3 транспортера і переміщується шаром на зустріч екстрагенту - бензину. Свіжий екстрагент подається в розпилувач 1, минає шар насіння, витягує з них останні залишки олії і стікає в збірник 5. Після цього насос 4 подає цей ще слабко насичений олією екстрагент у наступну зону оброблення шару насіння, одержуючи при цьому більш насичений екстрагент і т. д. У підсумку з правої частини екстрактора одержують екстракт, а з лівої - залишок твердого матеріалу, який майже не містить олії. З отриманого екстракту бензин відганяють, а олію очищують.

На рис. 5.15 зображено схему вертикального (колонного) екстрактора для добування олії з насіння. Екстрактор складається з завантажувальної колони 4, горизонтальної ланки 5 і екстракційної колони 3. Всередині колон розташовані перфоровані шнеки 2, що переміщують сировину і пропускають через отвори витків екстрагент. Для

запобігання обертання матеріалу разом зі шнеком і забезпечення його поступального руху колона всередині обладнується планками 1.

### **5.3.3. Особливості екстрагування**

Процес екстрагування, який супроводжує теплове оброблення продуктів у ресторанному господарстві і домашньому харчуванні має деякі особливості. Як уже відзначалося, під час варення основним способом або смаження у воду або жир переходить значна кількість поживних речовин, у тому числі й ароматичних.

При цьому якщо в супі або соусі варять ароматичне коріння, ріпчасту цибулю, то утворені ефірні масла переганяються з водяною парою і в значній кількості втрачаються. Під час смаження і пасерування цих продуктів ароматичні речовини розчиняються в жирі, який практично не дає пари, і втрати значно зменшуються. Так, ефірні масла більшості ароматичних корінців киплять за температури 130-150° С, і тому вони в жирових розчинах зберігаються, а з водяною парою значна частина їх переганяється вже за 98° С. Під час пасерування томату, моркви в жир переходять барвні речовини (лікопін, каротин).

Відзначимо деякі особливості варення м'яса і риби з точки зору масообміну, що при цьому відбувається. З м'яса і риби в доквілля переходять розчинні білки (коагулюючі і некоагулюючі), що виділяються на початку нагрівання, мінеральна сіль, жир і екстрактивні речовини (азотисті та безазотисті). Екстрактивні речовини м'яса і риби зумовлюють смак і сокогінну дію бульйонів, тому практично важливим є вибір такого режиму варення, під час якого найбільша кількість цих речовин переходить у розчин. Більша кількість екстрактивних речовин переходить у розчин у тому випадку, коли м'ясо заливають холодною водою, нагрівають до кипіння і варять при слабкому кипінні. При зануренні м'яса в гарячу воду і подальшому варенні за температури 85—90°С білки м'яса утворюють ніжніші згустки, утримують більше вологи, менше екстрактивних речовин і білків переходить у розчин. М'ясо під час такого оброблення виходить ніжне, смачне і соковитіше. Помітимо, що екстрактивні речовини в концентрованому м'ясокістковому бульйоні становлять до 60% від загальної кількості сухих речовин бульйону. Під час смаження з м'яса в навколишнє середовище переходить менше розчинних речовин, ніж під час варення. Пояснюється це двома причинами. Як відзначалося раніше, під час смаження м'ясо прогрівається до 80-85° С. У зв'язку з цим мускульні білки тужавіють менше, ніж під час варення, і виділяють у навколишнє середовище менше води з розчиненими в ній речовинами. Крім того, під час смаження з поверхні м'яса частина вологи випаровується.

#### ***Питання для самоперевірки***

1. У чому сутність процесу екстрагування?
2. З яких етапів складається процес перенесення речовини з рослинної сировини в екстрагент? Як визначається кількість екстрагованої речовини?

3. Які умови проведення процесу необхідно забезпечити в екстракторі для підтримки високої швидкості процесу?

4. Коли використовують багатоступінчасте екстрагування?

5. Чому при багатоступінчастому екстрагуванні застосовують протитечію?

6. Суть процесу екстрагування в системі "тверде тіло - рідина", "рідина - рідина".

7. Наведіть приклади процесу екстрагування в ресторанному господарстві.

8. Шляхи інтенсифікації процесу екстрагування.

9. Складіть матеріальний баланс екстрагування.

10. Що характеризує гідромодуль процесу екстрагування?