УДК 663.8

Кутняк М.М.
Коц І.В.

Аналіз відомих способів та пристроїв інтенсифікації масообмінних процесів в харчових технологіях

Вінницький національний технічний університет

Анотація
Виконано дослідження по встановленню перспективних способів, принципових та конструктивних рішень для інтенсифікації масообмінних процесів в харчових технологіях.
Ключові слова: екстрагування, інтенсифікація, вібрація, вібропривід.

Abstract
The research to establish perspective methods, principle and structural decisions for the intensification of mass transfer processes in food technologies.
Keywords: extraction, intensification, vibration, vibratory drive.

Вступ. Останнім часом підвищилася зацікавленість підприємств в застосуванні нових і вдосконалених методів виробництва в харчовому секторі виробництва. Найбільше поширення набувають прискорені процеси, методи економного використання сировинних ресурсів, маловідходні та безвідходні технології. Особлива увага приділяється випуску доброякісної та екологічно безпечної продукції. Одним з найважливіших процесів харчової та переробної промисловості можна вважати процес екстрагування, адже він є основним у цукровій, консервній, оліє-жировій, виноробній, лікеро-горілчаній, пивоварній та фармацевтичній промисловості.

Мета. Метою дослідження є аналіз відомих шляхів інтенсифікації масообмінних процесів харчового виробництва та встановлення перспективних принципових та конструктивних рішень для їх реалізації.

Результати. Екстракція - це процес вилучення необхідних речовин з рослинної і тваринної матеріалу за допомогою екстрагента. Складний процес екстракції є поєднанням цілого ряду процесів (змочування, набухання, розчинення, хімічну взаємодію, адсорбція, десорбція, дифузія, діаліз і ін.) [1].

У ньому розрізняють три основних стадії:

1. Просочування сухого рослинного матеріалу екстрагентів - так зване капілярне просочення - проникнення екстрагента в сировину і змочування речовин, що знаходяться в сировині.

2. Розчинення компонентів рослинної клітини - утворення первинного соку.

3. Перехід розчинених речовин в екстрагент - масообмін, массоперенесення речовин через пористі клітинні стінки.

Факторами, що істотно підвищують швидкість процесу вилучення сухих речовин, є всі види впливу на сировину, що прискорюють масообмін в системі рідина-тверде тіло. До них відносять: збільшення рушійної сили процесу, а також швидкості кожної стадії; подрібнення як спосіб збільшення поверхні контакту фаз; забезпечення пористості шару; створення оптимального співвідношення мас екстрагента і твердої фази; збільшення температури без негативного впливу на склад компонентів і погіршення гідродинамічного режиму в шарі; збільшення швидкості руху фаз; вакуумування капілярно-пористих рослинних частинок перед зануренням їх в рідину; заміна повітря в порах частинок на газ, легко розчинний в екстрагенті [1].

Кожен з наведених шляхів інтенсифікації масообмінних процесів має право на життя, проте зважаючи на значну різноманітність процесів та сировини, яка може використовуватись, один і той же метод, в окремих умовах буде по різному впливати на процес. Для прикладу оберемо процеси лікеро-горілчаного виробництва.

Перенесення речовини під час екстрагування здійснюється шляхом молекулярної і конвективної дифузії. Молекулярна дифузія являє собою вирівнювання концентрацій цільових компонентів в сировині та екстрагенті внаслідок хаотичного руху частинок речовини.

Основний закон молекулярної дифузії - закон Фіка - визначає залежність кількості речовини, що перейшла в розчин, від площі контакту фаз, градієнта концентрації і часу екстрагування:

$$M = DF\frac{\Delta C}{n}\tau,$$

де M - маса, кг; F - площа поверхні контакту фаз, м^2; D - молекулярний коефіцієнт дифузії, м^2/с; ΔC - різниця концентрацій речовини в сировині і розчиннику,%; n - товщина шару, через який відбувається дифузія, м; τ - час екстрагування, с.

Для практичних завдань застосування закону Фіка зазвичай неможливо через складний склад реальних середовищ, безлічі випадкових факторів, таких як фракційний склад частинок, злежуваність осаду тощо. Однак, аналізуючи основні змінні, можна зрозуміти можливості для збільшення швидкості масопереносу.

Інтенсивність перенесення речовини в обсязі частинок сировини характеризується коефіцієнтом дифузії, а від поверхні частинок до екстрагенту - коефіцієнтом масовіддачі. Коефіцієнт дифузії залежить від структури твердого тіла, температури і концентрації сухих речовин і не залежить від гідродинамічних умов на поверхні частинок, конструкції апарату. На величину коефіцієнта масовіддачі впливає режим руху і властивості рідини, форма і розмір твердих частинок, конструктивних особливостей апарату [2].

Збільшення рушійної сили процесу. З рівняння Фіка слід, що, збільшуючи поверхню (F), через яку відбувається процес дифузії, різниця концентрації (ΔC), час (τ) і зменшуючи довжину шляху дифундування, можна прискорити процес дифузії. Довжину шляху, який повинна проходити частка, можна ефективно скоротити як дробленням (скорочення довжини шляху всередині рослинної клітини), так і перемішуванням (оновлення екстрагента на поверхні частинки), в процесі якого руйнується дифузний шар розчину, що оточує частинки рослинної сировини. Одним з найбільш поширених способів збільшення рушійної сили процесу екстрагування є механічне перемішування в шарі взаємодіючих фаз, а також використання різного виду механічних коливань, псевдозрідження, накладення силових полів, застосування ультра-інфразвукового випромінювання і т. п. Найбільш простим методом екстрагування є одноразове екстрагування.

Подрібнення. Крім збільшення F - площі поверхні контакту фаз, і зменшення n - товщини шару, через який відбувається дифузія, при дрібному дробленні зростає число зруйнованих клітин, що сприятливо позначається на процесі екстрагування, так як відбувається безпосереднє розчинення вмісту зруйнованих клітин. Стадія розчинення речовин легко прискорюється перемішуванням. Однак тонке подрібнення сировини ускладнює технологічний процес при отриманні настоїв і морсів - сировина злежується (зменшується поверхня зіткнення частинок з розчином), настій виходить каламутним [3].

Вплив зовнішніх полів. Дослідження і практичне застосуванням показало, що швидкість дифузії в системі тверде тіло - рідина можна збільшити дією зовнішніх силових полів: ультразвукового, постійного електричного, електромагнітного, високочастотного, відцентрового, а також застосуванням пульсацій.

Створення оптимального співвідношення мас екстрагента і твердої фази. На ефективність добування розчинних речовин із сировини впливає вид екстрагенту. Правильний підбір екстрагента забезпечує не тільки повноту вилучення речовин, але і їх стійкість при подальшій переробці. Вода в харчовій промисловості є найбільш поширеним екстрагентом внаслідок дешевизни, доступності, пожежної безпеки, але її застосування обмежене для вилучення деяких груп компонентів. Наприклад, аглікони, глікозиди флавоноїдів у воді практично не розчиняються, в водні розчини більшою мірою переходять полімерні форми флавоноїдів. Тому часто в якості екстрагента застосовують органічні розчинники, зокрема спирт[4].

Збільшення температури. З огляду на фізико-технологічні закономірності, один з параметрів, за допомогою якого можна збільшити коефіцієнт дифузії - це підвищення температури. Однак стосовно до процесу екстрагування цільових компонентів з рослинної сировини при діючих технологічних

способах це не може бути використано, так як збільшення температури вище допустимої межі веде до погіршення якості екстракту (смак «компоту»), зміни фізичних властивостей сировини, збільшення дифузійного опору і погіршення умов масовіддачі.

Висновки. Створенню ефективної технології вилучення цільових компонентів з рослинної сировини заважає брак даних щодо оптимальних режимів роботи і умов, що забезпечують інтенсифікацію тепломасообміну при збереженні або поліпшенні якості кінцевої продукції (екстрактів). Аналіз шляхи інтенсифікації масообмінних процесів показав, що найбільш перспективним для їх реалізації є застосування віброекстракційних апаратів з можливістю гнучкого регулювання робочих параметрів, що викликає необхідність пошуку та розроблення оригінальних їх привідної, вібропереміщувальної і, в окремих випадках, одночасно вібротранспортувальної систем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бачурин П.Я., Смирнов В.А. Технология ликероводочного производства. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 326 с.
2. Струтинський В.Б., Калмиков М.О. Вібраційна обробка (Теорія й практика застосування): монографія - Луганськ: Вид-во «Ноулідж», 2010. – 427 с.
3. Бурачевский И.И., Воробьева Е.В. Эффективные способы осветления полуфабрикатов и повышения стабильности напитков // Обзорная информация, серия 24, вып.3. – М.: АгроНИИПЭИПП, 1988. – 24 с.
4. Донченко Л.В. Технология пектина и пектинопродуктов. – М.: ДеЛи принт, 2000. – 190 с.

Микола Миколайович Кутняк – аспірант кафедри ІСБ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: kutniak.mykola@gmail.com
Mykola M. Kutniak – Postgraduate student of ISB, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia city, email: kutniak.mykola@gmail.com

Коц Іван Васильович – кандидат технічних наук, професор кафедри інженерних систем у будівництві, Україна, м. Вінниця, Вінницький національний технічний університет, E-mail: ivkots@i.ua
Ivan V. Kots — Ph. D. (Eng.), professor of the department of the engineering systems in construction, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: ivkots@i.ua