

Дослідження кінетики процесу екстрагування з листової чайної сировини в апаратах періодичної дії із різними вібраційними системами перемішування

Наведено результати дослідження масообмінних характеристик віброекстракторів періодичної дії для системи тверде тіло – рідина, що використовують новий принцип створення в робочому об'ємі апарата потужних вібротурбулізуючих потоків за допомогою віброперемішувальних пристроїв спеціальної конструкції. Порівняння вібро ефекту при екстрагуванні з іншими способами подано з використанням просторово-часових співвідношень.

Підвищений попит на продукцію чайного виробництва визначають її смакові, ароматичні, тонізуючі та лікувально-профілактичні властивості, які забезпечує складна гама вилучених на стадії екстрагування речовин, зокрема, танінів і флавонолових глікозидів – рутину і кверцетину [2, 4].

На сьогодні теорія процесу екстрагування із рослинної сировини трав'яного походження не забезпечує розв'язання багатьох важливих практичних задач [1, 3, 5, 12]. Тому, з метою розроблення досконалої системи розрахунку процесу екстрагування із листової чайної сировини, апаратури для його оформлення та пошуку нових способів інтенсифікації процесу необхідні ґрунтовні дослідження як механізму вилучення водорозчинних сухих речовин так і впливу різних інтенсифікуючих фізичних факторів на внутрішній і зовнішній масообмін [7, 8, 13, 14].

Крім того, традиційні технології періодичного твердофазного екстрагування супроводжує ряд недоліків, до числа яких відноситься ущільнення маси, що

переробляється, її одночасний рух із перемішувальними обертовими пристроями та ін., що призводить до зменшення відносної швидкості фаз та екранування часток між собою і, як наслідок, зниження їх активності в процесі масопередачі.

Зменшення і, навіть, повне виключення ефекта екранування може бути досягнуто в екстракторах, принцип роботи яких заснований на неперервному оновленні поверхні фазового контакту способом накладання на взаємодіючі середовища поля низькочастотних механічних коливань.

З цією метою в НУХТ розроблено віброекстрактори періодичної дії для системи тверде тіло – рідина, що використовують новий принцип створення в робочому об'ємі апарата потужних вібротурбулізуючих потоків за допомогою віброперемішувальних пристроїв спеціальної конструкції незалежно від виду рослинної сировини та ступеню її подрібнення.

Технічним результатом першої конструкції вібраційного екстрактора є передбачена можливість створення турбулентних пульсуючих знакозмінних потоків, спрямованих як до периферії апарата так і до центральної його частини. Гідродинамічні властивості цих потоків визначають їх дію як турбулізуючого фактора на мікрорівні та макромасштабного фактора, що усуває застійні зони.

На рис. 1 схематично показана принципова схема віброекстрактора.

Екстрактор працює таким чином. У підготовлений та очищений гнучкий контейнер 4 екстрактора завантажують сировину, закривають кришку апарата 3 і після заповнення екстрагентом робочого об'єму апарата через штуцер 9, вмикають вібропривід. Після підготовчої стадії починається основний процес. При цьому екстрагент вільно циркулює в центральній та периферійній зоні всього робочого об'єму апарата. Дрібнофракційна рослинна сировина може бути завантажена у контейнер у перфорованій касеті. Після закінчення екстрагування екстракт відводять з апарата через штуцер 10, відкривають кришку корпуса 3 і виймають контейнер 4, який потім потребує очищення від проекстрагованої сировини.

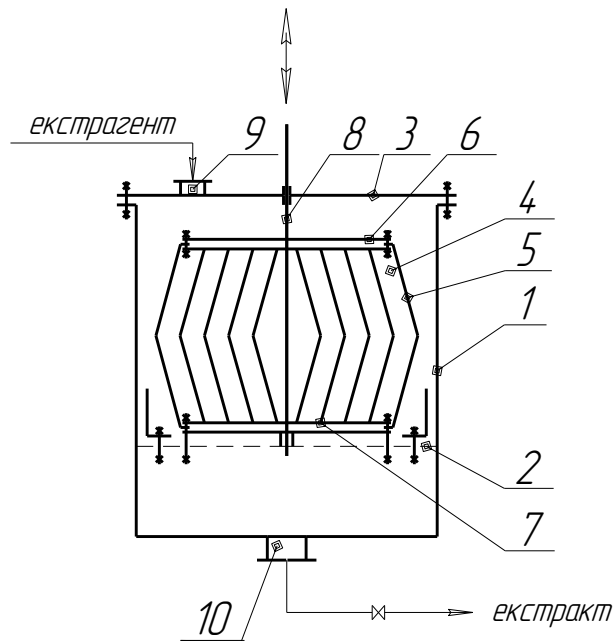


Рис. 1. Принципова схема віброекстрактора періодичної дії з гнучким контейнером.

1 – корпус; 2 – опора; 3 – кришка; 4 – гнучкий контейнер;
5 – стрічки; 6, 7 – фланці; 8 – шток; 9,10 – патрубки.

При режимних параметрах робочого процесу (амплітуди та частоти коливань вібраційної системи) інтенсивність перемішування оцінюється швидкісним режимом обтікання екстрагентом поверхні часток твердої фази. Так, знакозмінний рух гнучких стрічок 5 та перфорованої перегородки 6, на якій закріплено по периферії стрічки, створює різну рушійну силу, що сприяє перетоку середовища в зоні контейнера і за його межами. При цьому, очевидно, в середині контейнера створюються замкнені пульсуючі циркуляційні контури, а за його межами розімкнені, локалізовані на певній відстані, які утримують частинки твердої фази у завислому стані та створюють умови циркуляції екстрагента навколо їх поверхні.

Пульсуючий потік середовища, генерований перфорованою перегородкою 6, спрямований до дна апарата, збуджує шар частинок, що осіли на поверхні перфорованої фільтрувальної опори 2, примушує їх переміщатися до центральної активної зони апарата. Крім того, при екстрагуванні цільових компонентів із

рослинної сировини трав'яного та кореневого походження гнучкі стрічки створюють додатковий інтенсивний режим екстрагування – періодичний віджим.

Оригінальність конструкції іншого вібраційного екстрактора періодичної дії полягає у використанні в якості віброперемішувального пристрою гнучких мембран з переточними конічними елементами та передбаченою можливістю попередньої парової обробки рослинної сировини безпосередньо в робочому об'ємі апарата.

Принципову схему екстрактора та віброуючої гнучкої мембрани зображено на рис. 2, 3.

Екстрактор працює таким чином. У підготовлений та очищений екстрактор завантажують сировину. Для цього на стояки 6 і шток 5 встановлюють дистанційні втулки 9, розміщують першу мембрану 3. На неї певним шаром насипають розраховану масу рослинної сировини і такий процес послідовного заповнення повторюють. Останню мембрану жорстко закріплюють на штоці 5 і стояках 6, закривають герметично кришку апарата (умовно не показана), шток 5 з'єднують з електроприводом (умовно не показаний) і вмикають його. Далі подають гостру пару в парову оболонку 11 та короткочасно до парових колекторів 12 для гіротермічного оброблення сировини, після чого вводять попередньо підігрітий екстрагент через трубопровід 13. Після заповнення ним об'єму апарата починається власне основний процес екстрагування. По закінченні процесу екстракт відводять з апарата через трубопровід 13, відкривають кришку корпуса з електроприводом, знімають по чергово всі мембрани з наявною на них проекстрагованою сировиною (шротом).

Якщо на виробництві немає парової мережі, то апарат обігривають гарячою водою від зовнішнього підігрівача та електронагрівальних елементів 14. Температурний режим в апараті підтримують подачею у парову оболонку 11 нагрівної пари або пари, утвореної в самому екстракторі електронагрівальним елементом 14.

В екстракторі можливо здійснювати процес екстрагування у двох режимах: із попереднім пропарюванням сухої сировини гострою парою, або без такого.

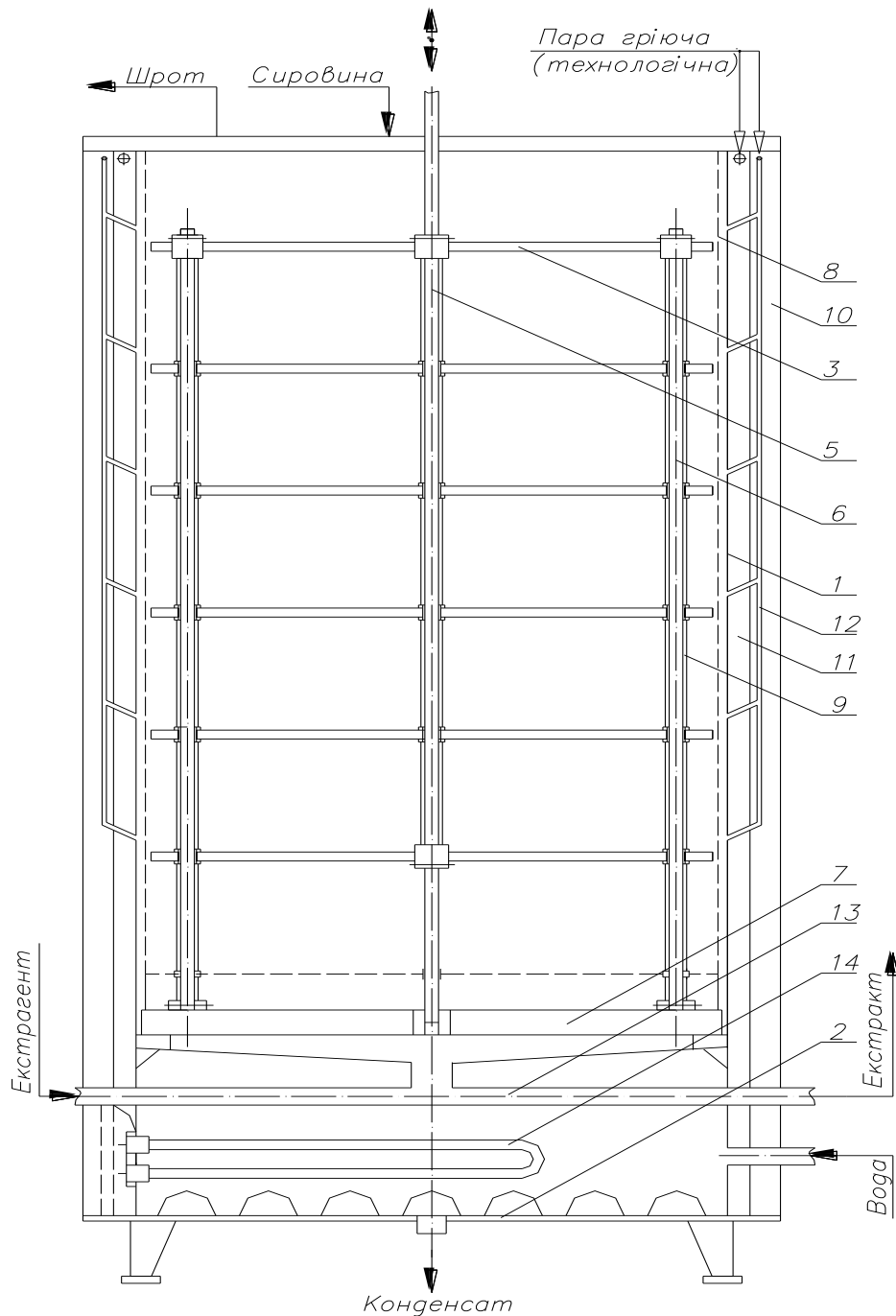


Рис. 2. Принципова схема віброекстрактора періодичної дії з гнучкими мембранами.

1 - циліндричний корпус; 2 – опора; 3 - гнучкі мембрани; 4 - транспортувальні канали; 5 - рухомий шток; 6 - нерухомі стояки; 7 - хрестовина; 8 - ситчастий корпус; 9 - дистанційні втулки; 10, 11 - термоізолювана з покриттям парова оболонка; 12 - парові колектори; 13 – трубопровід; 14 - кип'ятильна камера.

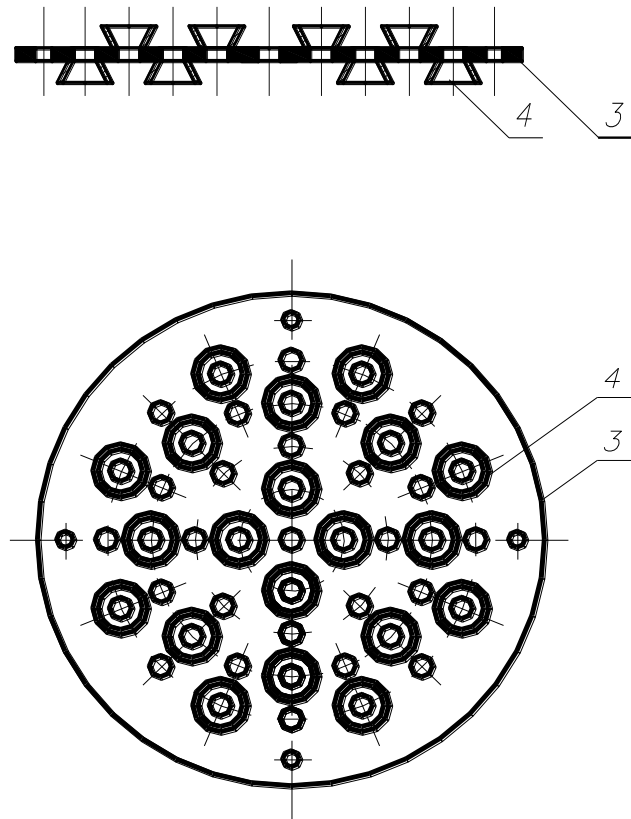


Рис. 3. Робоча мембрана. 3 – гнучка мембрана; 4 – конічні елементи.

У розробленому екстракторі механізм практичної реалізації інтенсивного режиму перемішування при періодичному віброекстрагуванні зумовлений турбулентними пульсуючими струменями, що генеруються різнонаправленими конічними елементами, встановленими в отворах гнучких мембран. При цьому створюються умови для виникнення великої міжфазової поверхні за рахунок інтенсивного мікроперемішування поперечного та поздовжнього напрямів.

Дослідження масообмінних характеристик віброекстракторів із запропонованими системами перемішування виконувалось на експериментальній установці за схемами рис. 1 і рис. 2 в системі листового чайного сировини – вода в режимі повного змішування. Параметри коливань віброперемішувальних пристроїв змінювались у межах 3 – 9 Гц, при фіксованій амплітуді 10 мм і 20 мм, розмірі часток сировини 2, 6 і 10 мм та тривалості проведення процесу 15, 30 і 45 хв, співвідношення твердої та рідкої фаз (гідромодуль) складало 25:1, 30:1 і 35:1. Температура суміші підтримувалась у межах 338 – 358° К системою

терморегулювання, що складалась з блока терморегулювання ТЛ – 150 та контактного термометра типу ТПК.

Визначення коефіцієнта дифузії вихідної чайної сировини здійснювався за методикою проф. В.М. Лисянського [12]. При цьому в дослідах підтримувалось співвідношення фаз 1 : 20, відбір проб виконувався через кожні 5 хвилин.

Кінетичні характеристики процесу визначались інтервально-ітераційним способом розрахунку експериментально знайдених екстракційних кривих [6, 12]. Ця методика дозволяє за даними, які характеризують зміну концентрації речовини в екстрагенті і в сировині, визначити коефіцієнт дифузії екстрактивних речовин з частинок сировини, а також знаходити методом наближеної ітерації коефіцієнт масовіддачі. За масовим балансом концентрації речовини в екстрагенті C_i і сировині C_i'' визначали середню надлишкову концентрацію. На початку процесу вона дорівнює $z = C_0 - C_{п''}$, де C_0 – початкова концентрація речовини в сировині, $C_{п''}$ – початкова концентрація речовини в екстракті.

Середня надлишкова концентрація визначається, знаючи z_i : $Z_i = \frac{z_i}{z_{i-1}}$.

Для сировини пластинчастої форми маємо:

$$Z_{роз.} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2Bi_d}{\mu^2(Bi_d^2 + B_0 + \mu^2)} \exp\left(\frac{-q+1}{q} \mu^2 \cdot Fo_d\right),$$

де Bi_d - дифузійний критерій Біо, μ - корінь характеристичного рівняння для необмеженої пластини, $\mu = Bi_d \cdot ctg \mu$, q – гідромодуль, $Fo_d = \frac{D\tau}{R^2}$ - дифузійний критерій Фур'є, D – коефіцієнт молекулярної дифузії таніну, τ - тривалість екстрагування, R – половина товщини частинок екстракційного матеріалу.

Вихід таніну і флавонолових глікозидів оцінювався за результатами двох заливів і падавався у відсотках від загального вмісту водорозчинних сухих речовин екстракту. Загальний вміст водорозчинних сухих речовин визначався рефрактометрично, а вміст танінів і флавонолових глікозидів – титруванням 0,1 н розчином перманганату калію. В якості індикатору використовували розчин індигокарміну у сірчаній кислоті [9, 14, 15].

Встановлено, що для досягнення більш високого ступеня вилучення слід подовжити тривалість екстрагування, або підвищити температуру, але при цьому знижується якість отриманого екстракту – його терпкість, міцність, яскравий і прозорий колір тощо. Отже, для забезпечення належної якості екстракту підвищення температури доцільно лише на початковій стадії під час підготовки сировини. Вплив режимних параметрів (гідромодуля, температури, тривалості процесу, розміру часток сировини, амплітуди і частоти коливань вібраційного пристрою) був розглянутий окремо, але їх оптимальне поєднання сприятиме проведенню процесу в ощадливих умовах, тобто при менших значеннях кожного з цих показників. Що стосується впливу температури і низькочастотних механічних коливань на процес вилучення таніну і флавонолових глікозидів з чайного листа, то оптимальною, як бачимо з дослідних даних, є температура 85° С, оскільки за тривалості проведення процесу 15 хвилин при частоті коливань вібропристрою 9 Гц досягається максимальне вилучення таніну і висока якість отриманого екстракту (високий ступінь прозорості і терпкості). Довше за 15 хвилин його проводити недоцільно, оскільки концентрація в екстракті надалі змінюється незначно. Аналогічна ситуація спостерігається і при температурі 65° С, але вихід сухих речовин є меншим (див. рис. 4, 5, 6).

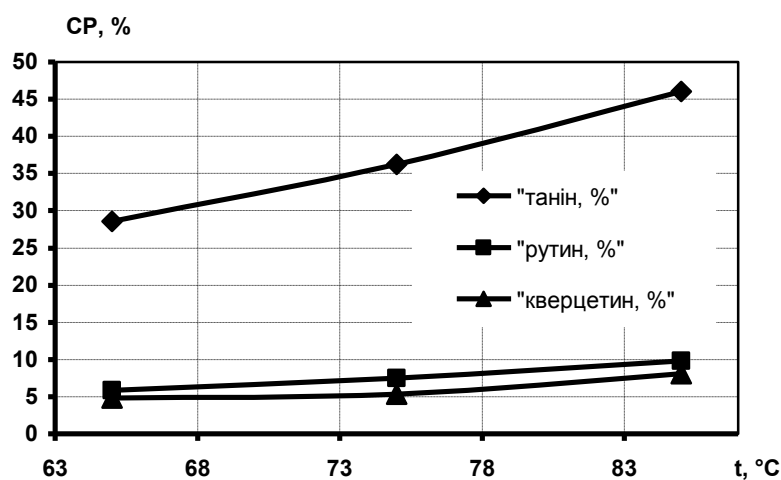
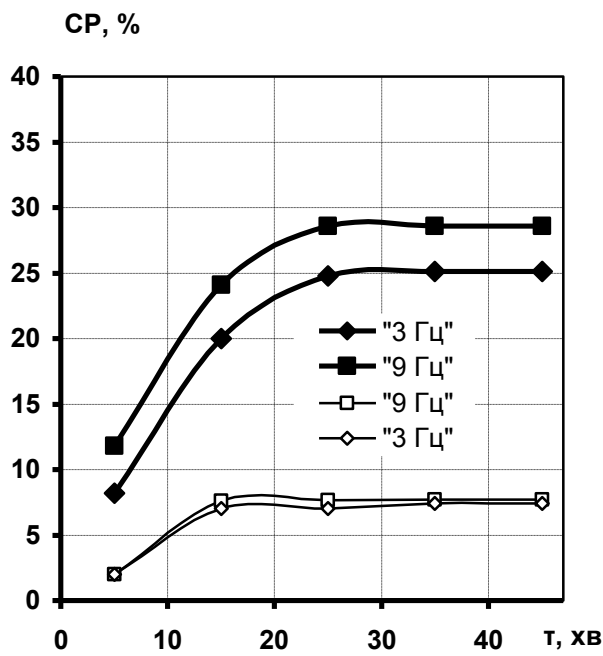
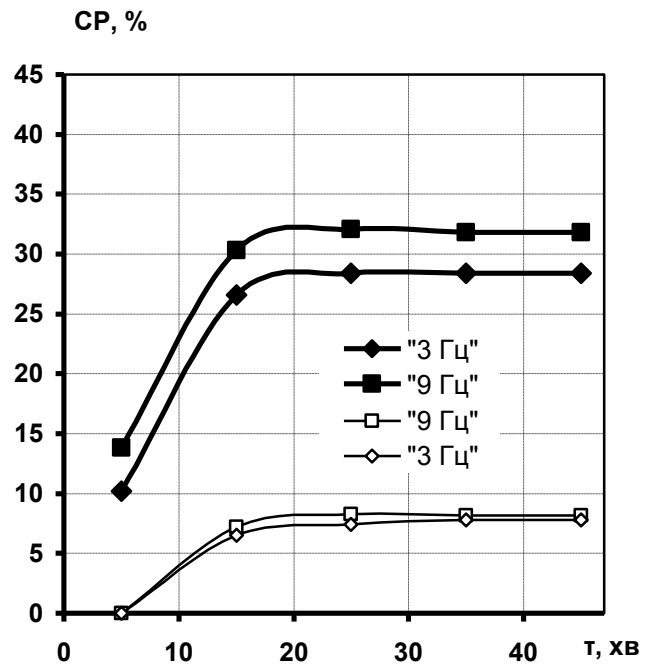


Рис. 4. Вплив температури на вилучення таніну, рутину і кверцетину з листа чаю.°



а

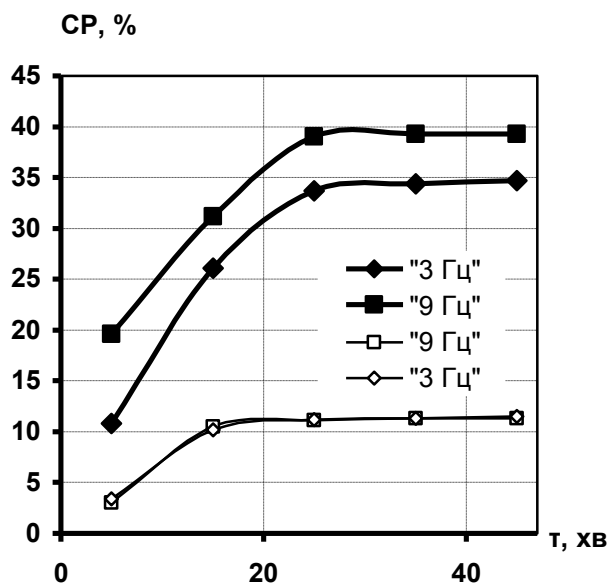


б

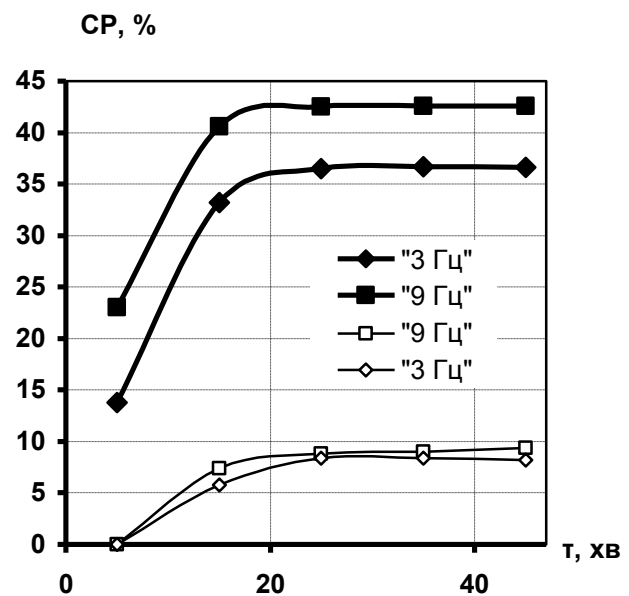
Рис. 5. Вплив низькочастотних механічних коливань на вилучення таніну з
листя чаю при 65 °С (I, II залив);

а – екстрактор з мембранною системою перемішування;

б – екстрактор з вібруючим контейнером.



а



б

Рис. 6. Вплив низькочастотних механічних коливань на вилучення таніну з
листя чаю при 85 °С (I, II залив);
а – екстрактор з мембранною системою перемішування;
б – екстрактор з вібруючим контейнером.

Необхідно також враховувати ще вплив розміру часток сировини і гідромодуля. При цьому рівноважного стану процес набуває швидше при меншому розмірі часток (клітини при цьому є більш пошкодженими і здатними до віддачі речовин) і меншому гідромодулі. А якщо гідромодуль збільшувати, то загальний вихід таніну підвищується, але процес вилучення при цьому розтягується у часі. З метою скорочення тривалості екстрагування слід рекомендувати мінімальний гідромодуль у дві стадії заливу.

Узагальнення експериментальних даних по дослідженню кінетики процесу віброекстрагування з листової чайної сировини та їх порівняння з іншими способами вилучення цільових компонентів виконувалось з використанням нових уявлень, заснованих на введенні функціональних просторово-часових співвідношень, що надає можливість оцінити результуюче перенесення речовини на мікро- і макрорівнях в єдиній системі понять у вигляді об'ємного коефіцієнта масопередачі [10, 11]. З цією метою будувалась залежність в системі функціонально зв'язаних координат, де за функціональний час приймався проміжок часу, за який рушійна сила процесу екстрагування змінювалась у e разів, тобто на порядок натуральних логарифмів. Враховуючи малий поперечний переріз часток сировини, можна вважати, що увесь опір масопередачі зосереджено в області перенесення маси від поверхні часточки сировини до екстрагента.

В процесах тепло- і масоперенесення використовують обернений функціональний час (τ^{-1} – обернений час релаксації), відомий як об'ємний коефіцієнт масоперенесення K_v [10].

На графіку рис. 7. показані дані для визначення об'ємного коефіцієнта масопередачі, отримані за екстракційними кривими (крива 1) – для шнекового

			системи, Гц	ни, мм		ня	ве екстра- гування	ним віджи- мом	вою мішал- кою
1	85	25 : 1	3	2	600	0,176	0,125	0,167	0,06
2	85	25 : 1	9	10	540	0,185	0,121	0,159	0,08
3	65	25 : 1	9	10	900	0,166	0,111	0,133	0,04

Як бачимо, табличні дані та графічні залежності переконливо свідчать про переваги віброекстракційного способу вилучення цільових компонентів із чайної сировини (крива 2).

Висновок.

Розроблені нові конструкції віброперемішувальних пристроїв при періодичному віброекстрагуванні забезпечують раціональний розподіл зовнішньої енергії, створюють оптимальні гідродинамічні умови для протікання масообміну за рахунок інтенсивного мікро- і макроперемішування, що забезпечує перспективність цього устаткування для харчової та фармацевтичної промисловості при екстрагуванні цільових компонентів із рослинної сировини плодово-ягідного, кореневого та трав'яного походження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аксельруд Г.А., Лысянский В.М. Экстрагирование /Система твердое тело - жидкость/. - Л.: Химия, 1974. -256 с.
2. Багиров А.Ю. Новая технология чая. – Баку: Азернешр, 1979. – 39 с.
3. Белоглазов И.Н. Твердофазные экстракторы. Л.: Химия, 1985. - 240 с
4. Бокучава М.А. Биохимия чая и чайного производства. – М.: Изд-во АН СССР, 1988. – 568 с.

5. Буренков Н.А. Интенсификация массообменных процессов в пищевой промышленности при помощи низкочастотных колебаний. - Киев.: Техніка, 1969. - 193 с.
6. Василик И.А. Интенсификация процесса экстрагирования в ликеро-водочном производстве: Дисс. канд. техн. наук. - К., 1981, 264 с.
7. Джинджолия Р.Р., Пруидзе М.Р., Дадиани Р.Г. Исследование продуктов окисления полифенольных соединений в настое черного чая // Прикладная биохимия и микробиология. – 1989. – Т. 4, вып.5. – С. 782 – 788.
8. Дзnelадзе З.Ю., Копалиани М.А. К вопросу получения сиропообразного черного чая // Субтропические культуры. – 1978. – №2 - 3.
9. Запертов С.В. Совершенствование процесса экстрагирования при производстве чайных экстрактов: Дисс. канд. техн. наук. - М., 1981, 239 с.
10. Карлаш Ю.В., Лобода П.П. Исследование гидродинамики и массообмена в колонном аппарате с вибрационной системой перемешивания при адсорбции кислорода // Пищ. Пром-сть. – 1982. – Т. 28. – С. 66 – 71.
11. Лобода П.П. Масштабирование тепломассопереноса в технологических системах на основе обобщенных пространственно – временных соотношений.// Пищ. Пром-сть. – 1993. – Т. 39. – С. 61 – 63.
12. Процесс экстракции сахара из свеклы. Теория и расчет. В.М. Лысянский. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 223 с.
13. Хоперия Р.М. Технология производства чая (Современные схемы и оборудование). – М.: ВО „Агропромиздат”, 1988. – 160 с.
14. Цоциашвили И.И., Бокучава М.А. Химия и технология чая. – М.: Агропромиздат, 1989. – 391 с.
15. Чхаидзе Ш.В. Интенсификация процесса экстрагирования чая: Дисс. канд. техн. наук: Дисс. канд. техн. наук. - К., 1988, 254 с.