

Львівський національний університет ветеринарної медицини та
біотехнологій імені С.З.Гжицького
(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет харчових технологій та біотехнологій
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технологій м'яса, м'ясних та олійно-жирових виробів
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістр
(освітній ступінь)

на тему: Сучасні аспекти одержання лікувальної сировини при технології
переробки вторинних продуктів м'ясопереробних підприємств.

Виконав: студент(ка) 6-го курсу
групи № 1
Спеціальність 181 Харчові технології
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Баранецький Василь
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н. Драчук У. Р.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Львів – 2023 року

**Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С.З. Гжицького**

(повне найменування закладу вищої навчальної)

Інститут, факультет, відділення **факультет харчових технологій та біотехнологій**
Кафедра (циклова комісія) **кафедра технологій м'яса, м'ясних та олійно-жирових виробів**

Освітній ступінь

магістр

Спеціальність

181 «Харчові технології»

(шифр і назва)

ОПП

«Технології зберігання, консервування та переробки м'яса»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри (голова
циклової комісії)**

«___»

_____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я

Кваліфікаційну роботу

Баранецький Василь

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Сучасні аспекти одержання лікувальної сировини при технології переробки вторинних продуктів м'ясопереробних підприємств.

керівник проекту (роботи) Драчук Уляна Романівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «22» 11 2023 року
№ 937-4

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 5.12.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

Характеристика, сторинної сировини, хрящів трахеї, поверхнево-активні речовини, гідродинамічні показники процесу екстрагування, властивості хонсуриду, фізичні властивості розчинів екстрагентів, поверхневий натяг, динамічна в'язкість.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ, огляд літератури, матеріали та методи досліджень, результати власних досліджень, економічна ефективність, висновки, перелік використаної літератури, додатки.

5. Перелік графічного матеріалу рисунки, таблиці, принципові технологічні схеми виробництва хонсуриду.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Консультант ПІБ, посада	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1. Вступ	доц. Драчук У.Р.	підпис	підпис
2. Огляд літератури	доц. Драчук У.Р.	підпис	підпис
3. Матеріали і методи досліджень	доц. Драчук У.Р.	підпис	підпис
4. Експериментальна частина	доц. Драчук У.Р.	підпис	підпис
5. Економічна ефективність	доц. Березівський Я.П.	підпис	підпис
6. Висновки та пропозиції виробництву	доц. Драчук У.Р.	підпис	підпис

7. Дата видачі завдання 29.05.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання	примітка
1.	Огляд літератури		30%
	I атестація:	11.09.2023	30%
2.	Матеріали і методи досліджень		20%
3.	Експериментальна частина		35%
	II атестація:	1.11.2023	55%
4.	Розрахунок економічної ефективності виробництва		10%
5.	Висновки та пропозиції виробництву		5%
	III атестація:	5.12.2023	15%
	Допущення до захисту:	8.12.2023	100%

Студент(ка)

підпис

(підпис)

Баранецький

Василь

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту
(роботи)

підпис —
(підпис)

Драчук У.Р.

(прізвище та ініціали)

ВСТУП

За останні роки великий інтерес та попит спостерігається до фармацевтичних препаратів не синтетичного походження. До них належать органопрепарати. Цікавим є те що сировиною для цих фармацевтичних продуктів є вторинна сировина м'ясокомбінатів. До такої належать хрящі трахеї і носа, легені, сім'яники, очі, селезінки забійних тварин. Відсоток такої сировини є досить малим порівняно з забійною масою тварин. Раціональне використання сировинних ресурсів та енергетичних показників є важливим компонентом при формуванні ціни продукту. Стрімкий розвиток галузей промисловості вимагає інтенсифікації технологічних процесів із застосуванням енергозберігаючих технологій, що збільшить рентабельність виробництва.

Актуальність теми

Сьогодні споживачі звертають більше уваги на природність і натуральність продуктів харчової, легкої, фармацевтичної промисловостей. Технологічні процеси виготовлення багатьох видів харчової і фармацевтичної промисловості пов'язані з переробкою сировини тваринного походження.

Максимальне використання та переробка вторинних сировинних ресурсів є актуальним питанням сьогодення. Значна кількість вторинної сировини м'ясокомбінатів на сьогоднішній день утилізується. Переробка малоцінної харчової сировини для виробництва технічних напівфабрикатів або фармацевтичних препаратів дозволила б м'ясопереробним підприємствам отримати додаткові прибутки. Проте виробництво таких продуктів потребує значних енергетичних затрат. Тому пошук сучасних енергозберігаючих технологій для виробництва продуктів харчування, технічної продукції та фармацевтичних препаратів є актуальним.

Інноваційними технологіями сучасного фармацевтичного виробництва є використання природної сировини. Оскільки сировинні джерела є досить дорогими і цінними за своїм походженням, тому

максимальна їх переробка є вагомим аспектом при виробництві конкретних продуктів.

Підвищення ціни на енергоносії залишається проблемою сучасних підприємств різних галузей. Підприємства фармацевтичної промисловості, зокрема з виробництва органопрепаратів гостро відчують цю проблему. Технологічні процеси виробництва органопрепаратів передбачають ряд складних схем у поєднанні з фізичними, хімічними, біологічними процесами, що відбуваються у рухомій апаратурі і потребують значних енергозатрат. Удосконалення технологічних процесів із застосуванням енергозберігаючих технологій залишається важливою проблемою для розвитку і процвітання сучасних м'ясопереробних підприємств. При удосконаленні технологічних схем виробництва велика увага приділяється енергоефективності, а також поєднанню технологічних та режимних параметрів, оскільки такі показники суттєво впливають на собівартість продукції.

Найважливішим кроком виробництва органопрепаратів є процеси екстрагування відповідних субстанцій. Такий процес екстрагування належить до дифузійних процесів, які проходять в системі тверде тіло – рідина. Швидкість проходження процесу у такій системі залежить від молекулярного переходу цільового компонента з поверхні твердого тіла в рідину (розчин екстрагенту), а саме процесу масовіддачі.

Перспективними методами інтенсифікації масообмінних процесів, які використовуються у сучасних технологічних схемах народного господарства є зміни гідродинамічних показників розчинів екстрагентів. Врахування таких характеристик у масообмінних процесах у системі тверде тіло – рідина дозволяє розглядати питання інтенсифікації за умови зміни контакту фаз у даній системі. Врахування фізико – хімічних параметрів сировини і розчинника, а також оптимізація певних значень сприяє збільшенню виходу екстракту з сировини за однакових енергетичних затрат.

Такий концептуальний підхід до процесів масообміну у системі тверде тіло-рідина дає змогу отримувати більше продуктів природного походження без збільшення енерговитрат, а також із збереженням найцінніших якостей у продукті, який екстрагується.

В останні роки росте попит на новітні технологічні схеми, реалізація яких дозволяє отримувати якісні, цінні, природні засоби лікування, збільшення виходу таких продуктів при виробництві та введення ресурсозберігаючих процесів.

До перспективних напрямків сучасної харчової промисловості належить переробка вторинної сировини м'ясокомбінатів, а саме виробництво хонсуриду (хондроїтинсульфат), який має широке застосування у медицині, зокрема у косметології.

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є інтенсифікація технології хонсуриду за додавання у розчин екстрагенту поверхнево – активних речовин (ПАР), які змінюють його гідродинамічні властивості.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі завдання:

- визначення фізико – хімічних властивостей рідкофазних середовищ екстрагента хонсуриду (коефіцієнта поверхневого натягу, коефіцієнта динамічної в'язкості, косинуса кута змочування, густини);
- визначення концентрації ПАР в розчині екстрагента, за якої коефіцієнт поверхневого натягу є мінімальним;
- математичними розрахунками визначити середні товщини приповерхневого ламінарного (Л) шару за екстрагування хонсуриду промисловим розчином і запропонованими із додаванням встановлених концентрацій ПАР (в екстракторах з мішалкою);
- проведення математичних розрахунків оптимізації параметрів подрібнення ендокринної сировини (хрящів трахеї і носа);
- проведення процесу екстрагування групи органопрепаратів у гравітаційних екстракторах з псевдозрідженим шаром.

Об'єкт досліджень: технологія хонсуриду із застосуванням екстрагентів з додаванням ПАР, енергетичні та економічні показники масо обмінної апаратури.

Предмет досліджень: зміна гідродинамічних показників

екстрагування хонсуриду під впливом ПАР.

Методи досліджень: вимірювання динамічного коефіцієнта в'язкості рідких розчинів екстрагента, методи вимірювання коефіцієнт поверхневого натягу розчинів екстрагентів, визначення крайового кута змочування, методи вимірювання густини рідких середовищ і твердих тіл, комп'ютерні методи математичних розрахунків, метод статистичного аналізу, дослідження кінетики екстрагування органопрепаратів, метод оптичної спектроскопії.

РОЗДІЛ 1 .

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Технологічні схеми виробництва хонсуриду і джерела його походження, фармацевтичні властивості

Органопрепарати – фармацевтичні препарати, які екстрагують сировини природного походження. Вторинна сировина м'ясокомбінатів, зокрема хрящі трахеї і носа забійних тварин спрямована на виробництво хонсуриду. Основною ланкою технологічного процесу виробництва хонсуриду є процес екстрагування відповідної субстанції сировинного продукту. Хонсурид – органопрепарат, який екстрагуються розчинам різних солей, відповідної концентрації із хрящів трахеї і носа забійних тварин.

Хонсурид – отриманий з гіалінових хрящів ВРХ. Він містить хондроїтинсірчану кислоту.

Хонсурид (хімічна назва хондроїтинсульфат) – це біла пориста маса. Хондроїтинсульфат є високомолекулярним мукополісахаридом з молекулярною масою 20000-30000 і, застосовують зовнішньо для прискорення репаративних процесів при загоюванні ран, які довго не заживають після травм і оперативних втручань, а також трофічних язв, пролежнях. Препаратами хондсуриду є – хондроїтин, структур, румалон, артепарон, солкосерил [1]. Оскільки класифікація за хімічною будовою, або біологічною роллю для багатьох полісахаридів, через відсутність вичерпних даних неможлива, частіше за все їх класифікують за джерелами виділення. Хондроїтинсульфати належить до полісахаридів тваринного походження і є лінійними полімерами, які складаються із залишків N-ацетил-D-

галактозаміну, що містить моносахаридний замісник у положенні 3, і D-глюкуронової кислоти, заміщеної у положенні 4 [2].

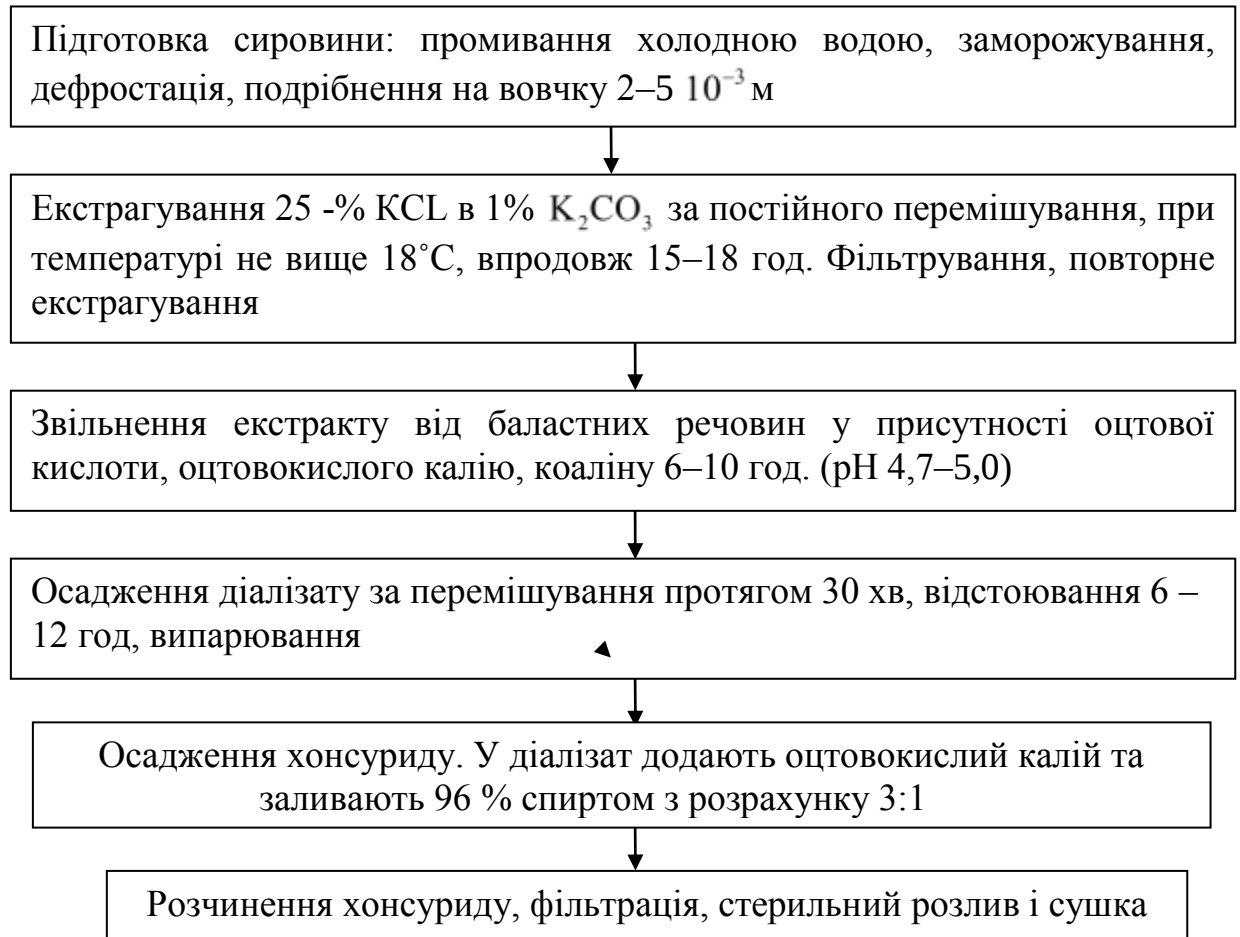
За гідролізу хондроїтин розпадається до глюкуронової кислоти і N-ацетилгалактозамінсульфату, з'єднаних один з одним β -1,3 та β -1,4 глюкозидними зв'язками. Хондроїтин – похідна сполука для трьох полісахаридів: хондроїтинсульфатів А, В і С [3].

Для отримання хондроїтинсульфату використовують 30%-ний розчин KCL, який містить 1%-ний карбонат калію [4].

Хрящева тканина складається із круглих клітин і дуже розвинутої міжклітинної речовини, яка включає волокна і основні речовини. В залежності від властивостей міжклітинної речовини розрізняють гіаліновий, еластичний, і волокнистий хрящ. Гіаліновий хрящ найкраще вивчений у хімічному напрямі, його ще називають хондроїновим. Гіаліновий хрящ має однорідну, білу, або синьо – білу міжклітинну речовину. У хрящах міститься 67 -72 % води, 17 -20 % білка, 1,5 – 2,2 % золи, 3 – 5 % жиру. Міжклітинна речовина складається із хондромукоїду, хондроїтинсірчаної кислоти, колагену і білкових речовин нерозчинних у воді, на які впливає дія кип'ячого їдкого калію. При кипінні з водою міжклітинна речовина переходить у клей. Якість такого клею низька так, як в склад його крім желатину, входять муцин і лужні солі хондроїтинсірчаної кислоти [5]. Тому за промислового виробництва хонсуриду необхідно підтримувати температуру 18 -20°C [6]. Хондроїтинсірчана кислота є парною ефірною кислотою, досить поширеною в організмі людини. Вона зустрічається у хрящевій тканині, жовчі, кістковій тканині. Ця кислота аморфна, добре розчинна у воді, осаджує з розчинів білки, при цьому утворює речовини, що схожі на хрящі. Хондроїтинсірчана кислота є добрим стабілізатором крові [5]. Препарати хондроїтину дуже добре засвоюються організмом. З проаналізованих хімічних і біохімічних властивостей хрящів і хонсуриду, впливає висновок про нестійкість до високих температур цих продуктів.

Технологічна схема виробництва хонсуриду [6 ст.147-148]:

Підготовка сировини, екстракції, обробка екстракту від баластних речовин, діаліз, звільнення діалізату від баластних речовин, випарювання, осадження хондроїтинсульфату (хонсуриду) сольвим розчином, розчинення хонсуриду і стерилізуючи фільтрація, стерильний розлив і сушка.



Технологія виробництва хонсуриду тривала за рахунок процесу екстрагування, який триває впродовж 15 год, за постійного перемішування.

Процес екстрагування субстанції хонсуриду повторний, а тому енергозатратний.

Аналіз технології хонсуриду показує, що основним процесом є екстрагування відповідних субстанцій з твердої сировини, а саме хрящів трахеї і носа. Цей процес є тривалим та енергозатратним, оскільки проходить повторно і за постійного перемішування. Зазначимо, що хонсурид є термолабільними продуктом, тому що промислові технології його передбачають проведення екстрагування за температури не вище 18°C.

Тривалість екстрагування та значні енергозатрати вимагають підбору ефективних методів інтенсифікації цього процесу. Структурна будова хрящів сприяє легкому розчиненню цільового компонента екстрагентом, оскільки немає твердої скелетно–пористої основи [2–5].

Сучасні технології дозволяють одержати фармацевтичні препарати синтетичним синтезом. Органопрепарати, одержані не з натуральної сировини, мають значно гірші властивості [4], часто викликають значні побічні дії та не завжди сприймаються організмом людини. Тому виробництво хонсуриду з природної сировини, а саме із хрящів забійних тварин одержують якісні фармацевтичні препарати. В роботі [6] описані: технологічні схеми виробництва хонсуриду, із наступними ступенями виробництва.

Хрящі трахеї і носа промивають, подрібнюють, пропускають через решітку з відповідним діаметром отворів.

Первинне екстрагування здійснюють сумішшю 1%-ного вуглекислого калію або 2%-ного їдкого калію в 25%-ному розчині хлористого калію з розрахунком 1 частина подрібненої сировини /фаршу/ і 4 частини вказаної суміші.

Екстракцію здійснюють в емальованому екстракторі з механічною мішалкою протягом 12-15 год. (рН10). Після екстракції масу відстоюють.

Відстояний екстракт фільтрують через 4 шари марлі. Густий залишок знову завантажують в екстрактор і проводять вторинну екстракцію, аналогічно першій, в новій порції екстрагенту. Далше екстракт фільтрують через 4 шари марлі і визначають загальний об'єм.

Звільнюють екстракт від баластних речовин. Для цього первинний і вторинний екстракти завантажують в екстрактор. На 1л екстракту додають 10мл оцтової кислоти (80-100%), 10г оцтовокислого калію і 10г каоліну. Перемішують 30хв, зливають у фарфорову чи емальовану ємкість і відстоюють 6-12год. (рН екстракту 4,7- 5,0).

Після відстоювання рідину сифонують, осад пропускають через фільтрпрес, а рідку частину очищують на сепараторі. Після сепарування екстракт повинен бути прозорим або з легкою опалесценцією.

Для здійснення діалізу екстракт розливають у подвійні целофанові мішки і проводять діаліз в проточній воді з барботером на протязі 48 годин (рН5,7).

Для звільнення діалізату від баластних речовин, його зливають в екстрактор з мішалкою додають оцтову кислоту, оцтовокислий калій і каолін. /стільки ж, скільки і при звільненні екстракту від баластних речовин/, перемішують 30хв (рН4,5-4,7). Далше масу заливають в ємкість і відстоюють 6-12год. Після відстоювання рідку частину сифонують і фільтрують чи сепарують.

Після фільтрації визначають об'єм діалізату і випарюють його у вакуумі при температурі не вище 30°C до початкового об'єму.

Для здійснення осадження хонсуриду упарений діалізат фільтрують і додають оцтово - кислий калій, перемішують його до розчинення.

У фарфорову чи емальовану ємність завантажують 96% ний спирт з розрахунку 3 об'єми на 1 об'єм упареної рідини (3:1) і в спирт повільно, при постійному помішуванні вливають упарений екстракт. Випадає осад хонсуриду, який відстоюють 1-2 години.

Після відстоювання спиртовий маточний розчин сифонують, а осад декантацією чотири рази інтенсивно промивають (в ємності) 96%-ним спиртом, після чого його переносять на нутч-фільтр, промивають, відсмоктують залишки спирту і осад промивають наркозним ефіром. Отриманий хонсурид переносять у витяжну шафу, для видалення залишків ефіру, порошок часто перемішують.

З отриманого порошку хондроїтинсульфату (хонсуриду) готують 5%-ний розчин і фільтрують його через стерилізуючі пластинки фільтру.

Готовий хондроїтинсульфат розливають у стерильні флакони та стерилізують.

1.2. Аспекти процесів масообміну в системі «тверде тіло–рідина»

При дослідженні процесів екстрагування суттєвими є гідродинамічні умови, які сприяють розвитку контакту двох фаз, зміні розмірів частинок

сировини, з яких екстрагують цільовий компонент [8, 9]. Властивості системи «тверде тіло–рідина» в процесі масообміну можуть класифікуватися за двома ознаками: за кількістю речовин в системі, за динамічними змінами у системі.

Властивості, які залежать від кількості речовин у системі, називаються екстенсивними, до них належать маса, загальний об'єм, теплоємність та інші. Динамічні зміни називаються інтенсивними властивостями в системі, до них належать температура, тиск, густина, концентрація, подрібнення тощо. Для характеризувannya та інтенсифікації процесу масообміну застосовують переважно інтенсивні властивості, які у цьому випадку називають термодинамічними параметрами системи в процесі масообміну [10].

Екстрагування в системі «тверде тіло – рідина», як правило, процес повільніший, ніж екстракція в системі рідина – рідина [11]. Речовини, які екстрагують з твердої сировини, можуть бути в порах у рідкій фазі, або в твердому стані розчиненої речовини. Якщо речовина, яку екстрагують, є в порах у вигляді рідини, то процес екстрагування пов'язаний з дифузією екстракту з пор сировини в рідке середовище розчинника. При процесі екстрагування твердого розчинного екстрагенту дифузії буде передувати процес розчинення твердого компоненту як одна з основних стадій екстрагування. При переході розчиненої речовини, яку екстрагують в розчин екстрагенту речовина дифундує через приповерхневий ламінарний шар, який виникає на межі розділення фаз і в ньому концентрується 98 % всього дифузійного опору системи «тверда частинка–потік екстрагента» [12].

Швидкість екстрагування залежить від багатьох факторів, які зумовлюють складність цього процесу, зокрема фізичного стану цільового компоненту (рідкий, або твердий); виникнення опору на стадії вилучення (опір може створювати скелет твердої частинки речовини, приповерхневий ламінарний шар, який виникає навколо подрібненої рухомої твердої частинки сировини); інертність цільового компоненту, а також кінетичні умови процесу екстрагування та умови рівноваги. До показників, що впливають на механізм екстрагування відносяться природа екстрагента, температурні режими, концентрація. Основними стадіями такого процесу є рух екстрагента

до цільового компоненту, хімічні реакції при взаємодії екстрагента з цільовим компонентом, рух цільового компоненту через приповерхневий шар, перенесення цільового компоненту від приповерхневого шару в потік екстрагента [8, 13].

При зануренні твердої частинки речовини з радіусом R , що містить цільовий компонент концентрації C_1 у розчин екстрагента з концентрацією C_2 , на поверхні частинки утворюється проміжна плівка δ з концентрацією C'_1 . У такому випадку масопередача відбувається, коли $C_1 > C'_1 > C_2$ і поділяється на дві стадії – молекулярну дифузію всередині твердої частинки та конвективний перехід цільового компонента з поверхні у розчин екстрагента [7, 14].

Процес молекулярної дифузії описується законами Фіка:

$$M = -\frac{D_{BH}}{R} F \tau (C_1 - C'_1), \quad (1.1)$$

де M – кількість речовини, що перенесена внаслідок дифузії;

D_{BH} – коефіцієнт дифузії, що показує кількість речовини, що дифундує, крізь поверхню площею 1 м^2 , протягом 1 год. за одиничної різниці концентрацій на відстані 1 м ;

F – площа проходження дифузійного процесу, що перпендикулярна до напрямку дифузійного потоку;

τ – тривалість дифузійного процесу;

$(C_1 - C'_1)$ – різниця концентрацій;

R – радіус частинки.

Друга стадія процесу масовіддачі – перехід цільового компонента з поверхні частинки у розчин екстрагента описується рівнянням:

$$M = \frac{D_{\hat{\delta}}}{\delta} F \tau (C'_1 - C_2), \quad (1.2)$$

де D_{BH} – коефіцієнт зовнішньої дифузії,

δ – товщина пристінного шару рідини з усередненою концентрацією C'_1

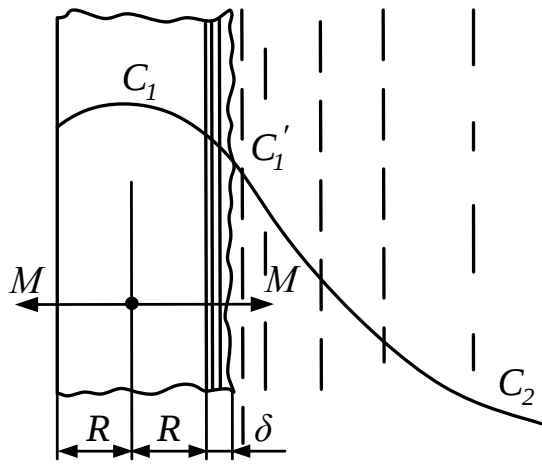


Рисунок 1.

Екстрагування органопрепаратів є процесом, що характеризується другою стадією [19, 22] процесу масовіддачі. Визначальним показником є перехід цільового компонента через приповерхневий ламінарний шар. Для зменшення середньої товщини приповерхневого шару покращують гідродинамічні умови проходження процесу екстрагування різними методами, наприклад збільшення швидкості омивання частинки екстрагентом, перемішування тощо. У всіх виробництвах, зменшуючи R , сировину подрібнюють і завдяки цьому збільшують площу F , що позитивно впливає на процеси екстрагування [14]. Такі способи інтенсифікують масовіддачу, але вимагають додаткових затрат енергії.

Процес екстрагування в системі «тверде тіло–рідина» широко застосовується у харчовій, хімічній, фармацевтичній галузях промисловості [8,9], зокрема, у процесах виробництва органопрепаратів. Вихід цільових компонентів у хімічній промисловості визначають з урахуванням коефіцієнтів масопередачі, оскільки мінеральні речовини не змінюють своїх фізичних властивостей [15]. В харчовій промисловості такі підходи не зовсім доцільні, тому що органічна речовина має непостійний склад та вміст у сировині. Складність визначення коефіцієнтів масопередачі за екстрагування органічних субстанцій полягає у проблемності визначення концентрації цільового компонента в приповерхневому шарі.

1.3. Методи інтенсифікації екстрагування у технології харчових продуктів.

Сучасними методами інтенсифікації екстрагування є :

1. Підвищення потужності масообмінної апаратури
2. Геометричні зміни у масообмінних апаратах
3. Проведення екстрагування під вакуумом.
4. Низькочастотні та високочастотні вібрації
5. Ультразвукові та комбіновані способи низькочастотних коливань.
6. Підвищення температури
7. Зміна середнього діаметра подрібнення сировини.
8. Зміна гідродинамічних показників системи.

Провівши аналіз методів інтенсифікації екстрагування субстанцій для харчової і фармацевтичної промисловості можна зробити висновок, що підвищення потужності масообмінної апаратури, геометричні зміни у масообмінних апаратах, проведення вакуумування систем, накладання ультразвукових та мікрохвильових випромінювань потребує значних капіталовкладень [16]. Тому такі способи для інтенсифікації технології хонсуриду можуть бути достатньо затратними. Застосування вібраційного способу можливе, але також потребуватиме певних капіталовкладень, а при збільшенні швидкості перемішування може призводити до поломок масо обмінної апаратури [22].

Підвищення температури при екстрагуванні хонсуриду є недоступним, оскільки цей продукт термолабільний і тому при такому способі інтенсифікації його технології може втрачати свої властивості.

Зменшення діаметру подрібнення частинок сировини інтенсифікує процеси масообміну при умові якщо найповільнішою є внутрішня дифузія.

При дуже значному подрібненні сировини (до середнього діаметра менше $1 \cdot 10^{-3}$ мм) органічного походження утворюється маса порошкоподібної консистенції, а це може перешкоджати рівномірному перемішуванню частинок сировини та екстрагента, наслідком чого буде зменшення швидкості процесу [17].

Для збільшення фактичної площі контакту сировини й екстрагента необхідно оптимізувати параметри подрібнення сировини для кожного випадку окремо. В роботі [18] описано фізичний зміст числа оптимізації за проведення процесу екстрагування у гравітаційному апараті з урахуванням фізичних характеристик екстрагентів. Залежно від екстрагента, який використовується, можна визначити доцільний середній діаметр подрібнення сировини:

$$\frac{d_{onm}}{\delta_{onm}} = \sqrt[3]{Ar_{onm}}, \quad d_{onm} = \sqrt[3]{Ar_{onm}} \cdot \delta_{onm}, \quad (1.3)$$

де d_{onm} - доцільний діаметр подрібнення, м;

δ_{onm} - доцільна товщина приповерхневого шару, мм;

Ar_{onm} - доцільне число Архімеда.

Порівняння мас виходу екстракту, які виділяються із сировини з різними діаметрами подрібнення за одиницю часу можна визначити, не враховуючи різниці концентрацій з обох сторін приповерхневого ламінарного шару [37]:

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{Re_1^{0,5} \cdot d_2^2}{Re_2^{0,5} \cdot d_1^2} \left(\frac{Re_1^{0,5}}{Re_2^{0,5}} \cdot 0,66 \right)^{0,66} \quad (1.4)$$

де M_1 і M_2 маси екстракту, що виділяються із сировини за одиницю часу;

Re_2 , Re_1 число Рейнольдса із використанням різних екстрагентів;

d_1, d_2 – середні діаметри подрібнення сировини за використання різних екстрагентів.

У роботах Ю.Л. Білоноги екстрагування в системі «тверде тіло – рідина» розглядається з урахуванням середньої товщини приповерхневого ламінарного шару [12, 37]. Збільшення виходу цільового компоненту за екстрагування можна забезпечити зменшенням середньої товщини приповерхневого ламінарного (Л) шару σ , що виникає навколо подрібненої частинки сировини при її турбулентному осадженні [12, 19, 20, 21].

У рідинних потоках вплив в'язкості за дуже великих чисел Рейнольдса проявляється тільки в тонкому шарі, який знаходиться в безпосередній близькості від твердих стінок.

Для визначення середньої товщини ламінарного шару необхідними є характеристики коефіцієнта поверхневого натягу, динамічний коефіцієнт в'язкості екстрагента [36].

Інтенсивність дифузійних процесів за виробництва органопрепаратів, як наприклад інсуліну, який одержують шляхом екстрагування подрібнених підшлункових залоз ефіром, відбувається в системі «тверде тіло-рідина», залежить від ситуації на границі фаз, які межують між собою через ламінарний шар. Теоретичний розрахунок середньої товщини ламінарного шару показує, що мінімум буде при мінімальних значеннях коефіцієнта поверхневого натягу. В роботі [12] показано теоретичний розрахунок середньої товщини приповерхневого шару в процесі екстрагування за перемішування мішалкою, із врахуванням фізичних показників екстрагента [38]:

$$\delta = \frac{9,42 \cdot \sigma \cdot \cos \theta}{\frac{g(\rho_q - \rho_c)}{K_{T(n)}^{\mu}}}, \quad (1.5)$$

де ρ_q - густина твердої сировини, кг/м³;

ρ_c - густина розчину екстрагента, кг/м³;

μ - динамічний коефіцієнт в'язкості, Па·с;

σ - коефіцієнт поверхневого натягу, Н/м;

$\cos \theta$ - гідрофільність сировини;

$K_{T(n)}^{\mu} = \frac{0,152 \cdot (\psi \cdot Ar_M)^{0,715}}{2}$ - коефіцієнт турбулізації Л приповерхневого шару для перехідного режиму осадження;

де ψ - коефіцієнт форми частинки.

Зміна фізичних показників екстрагентів, а також позитивні аспекти проведення тепломасообмінних процесів у псевдозрідженому шарі базуються на умовах переходу нерухомого шару у псевдозріджений стан і описується рівнянням перепаду тисків [90]:

$$\Delta P = g(\rho_{\div} - \rho_{\delta})(l - \varepsilon) , \quad (1.6)$$

де ΔP - різниця тисків Па;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

$\rho_{\div}$ - густина твердої сировини, кг/м³;

ρ_p - густина розчину екстрагента, кг/м³;

ε – частка пустот у псевдозрідженому шарі;

l - висота шару у стані псевдозрідження при заданому значенні ε , м [38].

У приповерхневому ламінарному шарі швидкість руху потоку є досить малою і залежить від числа у приповерхневому шарі [39]:

$$N = \frac{\omega + \delta}{\nu} , \quad (1.7)$$

де ω - швидкість потоку рідини на поверхні шару,

δ - товщина шару, м.

Рівняння, що описує швидкість руху потоку в приповерхневому шарі має вигляд числа Рейнольдса. В роботі Т. Кука проведено багато досліджень і встановлено, що у приповерхневому ламінарному шарі число N має постійне значення і перебуває в межах 10,47 – 11,5 [39].

Для інтенсифікації технології хонсуриду в основі якої є екстрагування відповідної субстанцій найефективнішим ми вважаємо зміну гідродинамічних показників. Такий ефект можна досягти за допомогою введення у екстрагент поверхнево-активних речовин. Їх використання сприяє інтенсифікації процесів екстрагування за рахунок зменшення дії приповерхневих сил. Для інтенсифікації екстрагування у екстрагентах застосовують ПАР, які мають поверхневу дію на розчин і не впливають на його молекулярну структуру [40,41].

До ПАР належать сполуки, які мають дифільний характер, тобто їх молекули складаються з полярної атомної групи, яка є гідрофільною, і неполярної – гідрофобної. Маючи такі фізичні властивості, ПАР концентруються на межі розділення фаз і мають здатність знижувати коефіцієнт поверхневого натягу. Основною характеристикою амфотерних ПАР є наявність двох функціональних груп, одна з яких виявляє кислотний

характер, а друга – основний. рН середовища впливає на амфотерні ПАР, і наслідком такого впливу є їх аніоноактивні, або катіоноактивні властивості [23,24,25].

ПАР мають здатність зменшувати величину поверхневого натягу, що проявляється через силові поля, які діють на молекули у приповерхневому шарі з обох сторін середовища. Завдяки силам молекулярної взаємодії на границі розділу фаз речовини (рідини), можуть концентруватися певні речовини (рідини), що будуть знижувати коефіцієнт поверхневого натягу [25,26].

За малих концентрацій ПАР у розчинах величина коефіцієнта поверхневого натягу різко зменшується [27], а зі збільшенням концентрації ПАР величина коефіцієнта поверхневого натягу майже не зменшується і стабілізується. Вимірювання коефіцієнта поверхневого натягу проводять такими методами: зважування краплі рідини; висадженням краплі рідини на плоску поверхню; методом відриву кільця; методом максимального тиску в бульбашці [28, 29].

Одним із проявів поверхневих явищ є змочування. Кількісною характеристикою ступеня змочування є косинус крайового кута, тобто кута змочування θ . Крайовий кут вимірюють за допомогою простої установки, принцип якої полягає у проектуванні на екран краплі і вимірювання крайового кута на її проекції. [30, 31]. Зміна величин коефіцієнта поверхневого натягу і кута змочування за додавання до розчинів ПАР впливає на глибину і швидкість розчинопоглинання частинок сировини. Особливо ефективними є такі процеси, коли ПАР в розчинах відповідають критичній концентрації міцелоутворення (ККМ), тобто коефіцієнт поверхневого натягу розчину має майже мінімальне значення [32].

ПАР мають широке застосування у різних галузях народного господарства: харчовій, фармацевтичній, нафтовидобувній, легкій промисловості, їх використовують для очищення води [33, 34, 35, 36], для інтенсифікації процесів масообміну за виробництва інсуліну [21], а також хонсуриду [20].

Тому нами розглянемо інтенсифікацію технології хонсуриду шляхом підвищення процесу екстрагування відповідної субстанції. Введення у екстрагент поверхнево-активної речовини (ПАР) в відповідній концентрації забезпечить підвищення ефективності технологічного процесу в цілому. ПАР сприяє інтенсифікації екстрагування за рахунок зменшення дії приповерхневих сил. Для інтенсифікації екстрагування у екстрагентах застосовують ПАР, які мають поверхневу дію на розчин і не впливають на його молекулярну структуру [40,41].

Для досягнення поставленої мети, а саме удосконалення технології хонсуриду, нами були передбачені проведення таких досліджень



Рисунок 2. Послідовність дослідження інтенсифікації технології хонсуриду

РОЗДІЛ 2.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Важливим фактором інтенсифікації технології хонсуриду є екстрагування його субстанції. Нами запропоновано для проведення цього процесу застосовувати ПАР з метою зменшення середньої товщини приповерхневого ламінарного шару.

Для удосконалення технології хонсуриду із використанняс ПАР ми проводили аналіз існуючої технології та досліджували важливі аспекти зміни гідродинамічних показників із додаванням у екстраген ПАР. Проводилися дослідження підбору найефективнішої ПАР.

Оскільки важливим аспектом зміни гідродинамічної ситуації є середня товщина при поверхневого ламінарного шару, тому дослідження доцільно проводити за такою блок–схемою:

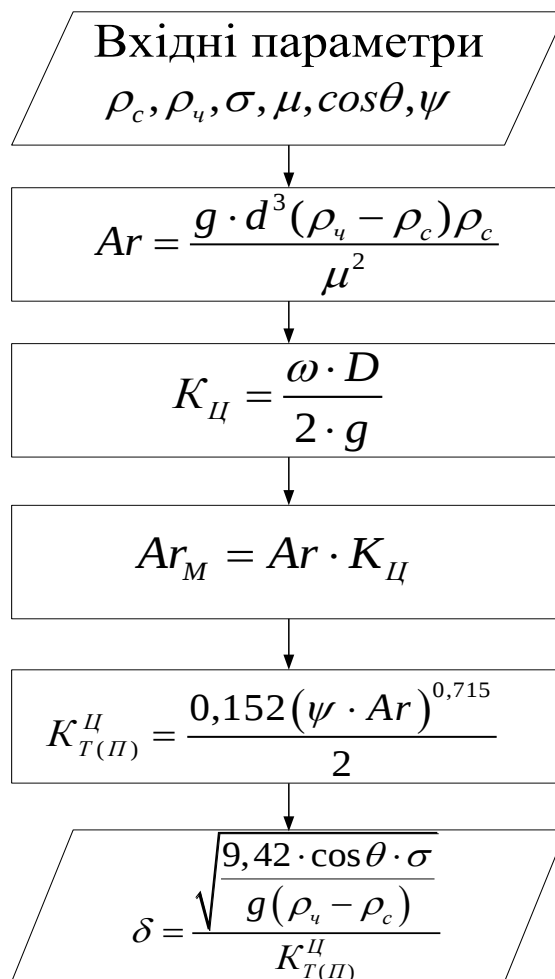


Рис. 3. Блок-схема визначення товщини приповерхневого шару

В основі його розрахунку є середня товщина приповерхневого ламінарного шару, для її визначення та обчислення необхідні такі величини, як: коефіцієнт поверхневого натягу, динамічний коефіцієнт в'язкості, величина косинуса кута змочування екстрагентом твердої частинки сировини, густина екстрагента, густина твердої частинки сировини [36].

Для вирішення поставленої нами задачі проводився ряд експериментів у лабораторних умовах кафедри технології м'яса, м'ясних та олійно-жирових виробів Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.

2.1. Приготування розчину промислового екстрагента

Приготуємо промисловий розчин у лабораторних умовах. Для визначення фізико-хімічних показників промислового екстрагента та підбору ПАР достатньо 100 мл розчину.

Промисловим екстрагентом для виробництва хонсуриду є 25 % розчин хлористого калію у 1 % - ому розчині вуглекислого калію. Для приготування 100 мл розчину необхідно 99 г дистильованої води і 1 г солі вуглекислого калію (K_2CO_3). Змішавши разом речовини, отримуємо 1 % –ий розчин K_2CO_3 . Зважують 25 г солі хлориду калію (KCl) і, додавши до 75 г 1 % розчин K_2CO_3 , одержують промисловий екстрагент для хонсуриду.

2.2. Визначення коефіцієнта поверхневого натягу

Величину коефіцієнта поверхневого натягу для розчину, що є екстрагентом при виробництві хонсуриду, визначали методом зважування краплі [20]. Величину коефіцієнта поверхневого натягу знаходили за формулою:

$$\sigma = \frac{Q}{2\pi r}, \quad (2.1)$$

де σ -коефіцієнт поверхневого натягу, Н/м;

Q - вага краплі, кг;

r – радіус піпетки, з якої крапали екстрагент, м.

Масу краплі визначали за формулою:

$$Q = \frac{Q_n}{n}, \quad (2.2)$$

де Q_n – загальна маса крапель, кг $\cdot 10^{-6}$;

n – кількість крапель.

З піпетки діаметром 1 мм на електронну вагу крапали по 10 крапель промислового розчину екстрагента для виробництва хонсуриду (25 %-ий розчин KCl в 1%-ному розчині K_2CO_3). Маса десяти крапель – $0,302 \cdot 10^{-6}$ кг, відповідно середня маса однієї краплі сольового розчину 25%-ого KCL у 1 %-ому розчині K_2CO_3 - $0,0302 \cdot 10^{-6}$ кг.

До сольового розчину додавали в якості поверхнево-активної речовини бутанол в різних концентраціях і визначали середню масу краплі запропонованих розчинів та коефіцієнт поверхневого натягу.

2.3. Визначення густини рідких розчинів

Густину розчинів вимірювали за допомогою комплексу лабораторних ареометрів ТУ-25-11.1514-79. Ареометром визначають густину у випадках, коли немає необхідності визначення її з точністю вищою ніж 0,001-0,005 і за наявності розчину в достатній кількості. Досліджуваний розчин наливали в проградуйовану колбу діаметром 40 мм, у розчин по черзі занурювали ареометри до тих пір, доки не віднайшли ареометр, який зафіксував значення густини розчину в межах своєї проградуйованої шкали.

2.4. Визначення динамічного коефіцієнта в'язкості

Такі вимірювання проводили з допомогою приладу Арреніуса. Робота приладу ґрунтується на використанні формули Пуазейля, згідно з якою об'єм рідини W , яка витікає з довгої капілярної трубки, визначається співвідношенням:

$$W = \frac{\pi \Delta p d^4 \tau}{128 \mu l}, \quad (2.3)$$

де Δp - різниця тисків на кінцях капіляра, Па;

τ – час витікання рідини, с;

l – довжина капіляра, м;

d - діаметр капіляра, м;

μ - в'язкість рідини, Па·с.

З формули (2.3) маємо:

$$\mu = \frac{\pi \Delta p d^4 \tau}{128 W l}, \quad (2.4)$$

В нашій роботі визначається в'язкість рідини, що витікає з капіляра під дією сили тяжіння. В цьому випадку різниця тисків

$$\Delta p = \rho g \left(l + \frac{h}{2} \right), \quad (2.5)$$

де ρ - густина рідини;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

l, h - відповідно довжина капіляра і розширеної частини трубки, м·10⁻³

Робоча формула:

$$\mu = \frac{\pi \rho g d^4 \tau}{128 W l} \left(l + \frac{h}{2} \right), \quad (2.6)$$

де ρ - густина рідини, кг/м³;

τ - час витікання, с;

W - об'єм рідини, м³.

Прилад Арреніуса (рис.4) складається з довгого капіляра 1 діаметром d (в даному приладі $d = 1,5 \cdot 10^{-3}$ м), розширеного зверху. На початку і в кінці розширеної частини є мітки а і b. Капіляр з розширенням знаходиться в термостаті 2 (зовнішня трубка, заповнена водою). Під приладом розміщується мензурка 3, призначена для вимірювання об'єму рідини, що витекла з капіляра.

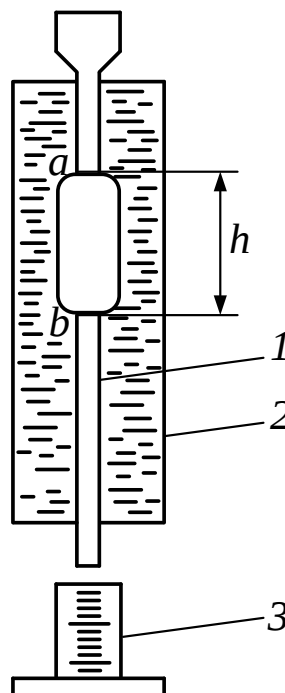


Рисунок. 4. Схема приладу Арреніуса: 1 – капіляр; 2 – термостат; 3 – мензурка

Масштабною лінійкою вимірюють довжину капіляра l і довжину розширеної частини h . Промивають капіляр досліджуваною рідиною. Нижній отвір капіляра закривають і наливають досліджувану рідину в розширену частину до верхньої мітки a , потім відкривають нижній отвір і випускають рідину в мензурку доти, доки рівень опуститься від мітки a до мітки b , секундоміром відраховують час витікання τ та об'єм рідини, яка витікає. За отриманими даними, згідно з робочою формулою (2.6), визначають динамічний коефіцієнт в'язкості. Дослід проводили декілька разів для виявлення похибки експерименту. Значення динамічної в'язкості досліджуваних розчинів обчислюють в редакторі EXCEL.

2.5. Визначення густини сировини для виробництва хонсуриду.

Сировина для виробництва органопрепаратів є твердої консистенції. Значення густини твердої сировини обчислювали відношенням величини маси тіла до його об'єму.

Масу тіла m , знаходили зважуючи шматочок сировини на електронній вазі. Зважений шматочок сировини занурювали у мірну колбу з дистильованою водою – збільшення об'єму рідини буде об'ємом досліджуваної сировини. Діленням значення маси досліджуваного зразка на об'єм визначили густину твердого тіла.

2.6. Метод вимірювання крайового кута змочування

Крайовий кут змочування знаходять за основними розмірами крапель екстрагента, які наносять на тверду поверхню частинки сировини; висоті h і ширині (діаметру) d рис.5.

Значення $\cos \theta$ розраховують за формуло :

$$\cos \theta = \frac{(d/2)^2 - h^2}{(d/2)^2 + h^2} \quad (2.7)$$

Параметри краплі h і d вимірюють за допомогою спеціальної установки, основним вимірювальним приладом якої є катетометр (типу КМ - 6). До складу установки входять вимірювальна чарунка й освітлювальний пристрій для забезпечення контрастності зображення краплі. Для точних вимірювань користуються вимірювальною чарункою, яка забезпечує сталість об'єму краплі

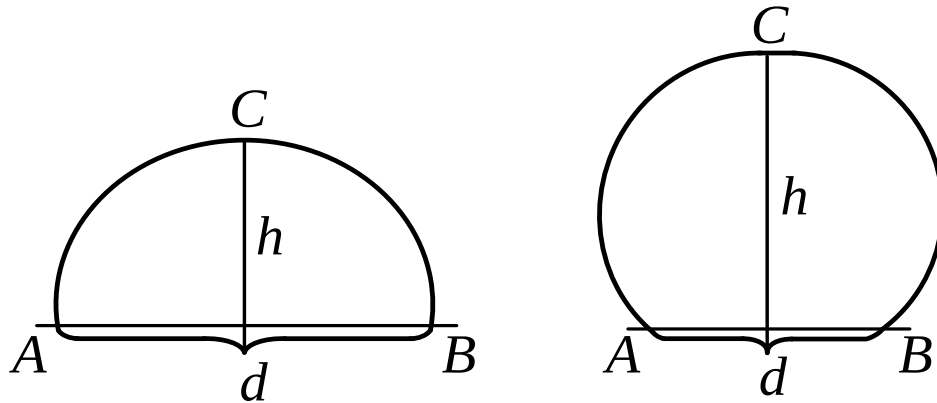


Рисунок. 5. Фронтальна проекція краплі на твердій поверхні

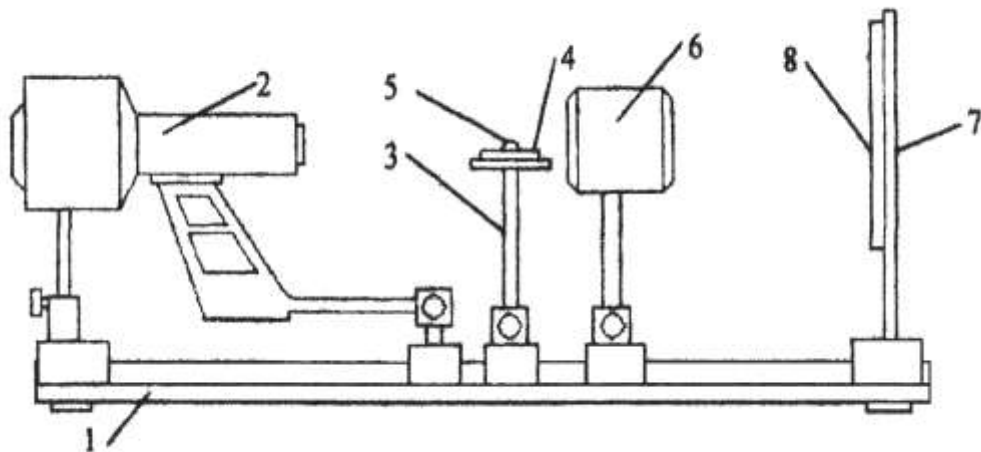


Рисунок. 6. Схема установки для вимірювання крайового кута змочування:

1 – станина; 2 - проекційна лампа; 3 – предметний столик; 4 – скляна пластинка; 5 – досліджувана крапля; 6 – конденсатор; 7 – екран; 8 – міліметровий папір

Готують сольові розчини з додаванням різної концентрації ПАР (досліджувані розчини екстрагентів). Зрізані тонкі пластинки сировини (хрящів трахеї, легенів, сім'яників) встановлюють на предметний столик установки для дослідження крайового кута змочування. На поверхню скляної пластинки на відстані 1 см одна від одної з мікропіпетки по черзі наносять по 3 краплі досліджуваного розчину з однією масовою концентрацією ПАР. За допомогою освітлювача й оптичної системи добиваються чіткої проекції краплі на екрані. Контури збільшеного зображення краплі акуратно обводять олівцем на міліметровому папері. Все це проводять з кожною з трьох вибраних крапель. Аналогічні операції проводять із усіма досліджуваними розчинами з різними концентраціями ПАР. Після одержання проекцій крапель всіх розчинів запропонованих екстрагентів, визначають геометричні розміри крапель, тобто ширину d і висоту h . За цими результатами й обчислюють величину косинуса крайового кута змочування.

2.7. Визначення середньої товщини приповерхневого ламінарного шару

Середню товщину приповерхневого Л-шару, що виникає навколо твердої частинки в «системі тверде тіло–рідина» знаходимо за методикою, запропонованою Ю.Л. Білоногою [36].

1. Визначаємо число Архімеда:

$$Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot (\rho_q - \rho_c) \cdot \rho_c}{\mu^2}, \quad (2.8)$$

де d -середній діаметр подрібненої частинки, м;

ρ_q -густина твердої сировини, кг/м³;

ρ_c - густина екстрагента, кг/м³;

μ - динамічний коефіцієнт в'язкості, Па·с.

2. Фактор роздільної здатності екстрактора:

$$K_{\text{ц}} = \frac{\omega^2 \cdot D}{2 \cdot g}, \quad (2.9)$$

де ω -частота обертання мішалки, с^{-1} ;

D -діаметр днища мішалки, м.

3. Модифіковане число Архімеда:

$$Ar_m = Ar \cdot K_{ц} \quad (2.10)$$

4. Коефіцієнт турбулізації ламінарної плівки для перехідного режиму осадження:

$$K_{T(II)}^u = \frac{0,152 \cdot (\psi \cdot Ar_M)^{0,715}}{2}, \quad (2.11)$$

де ψ - коефіцієнт форми частинки.

5. Середня товщина приповерхневого ламінарного шару:

$$\delta = \frac{\sqrt{\frac{9,42 \cdot \sigma \cdot \cos \theta}{g(\rho_c - \rho_s)}}}{K_{T(II)}^u}, \quad (2.12)$$

де σ - коефіцієнт поверхневого натягу, Н/м;

$\cos \theta$ - крайовий кут змочування.

Гідрофільність сировини – показник, який описується крайовим кутом змочування.

2.9. Оптимізація параметрів подрібнення сировини для апарата із псевдозрідженим шаром

Доцільні параметри подрібнення сировини визначаємо за методикою [18, 19].

1. Число оптимізації за гравітаційного екстрагування:

$$B = 3,076 \sqrt{\frac{(\sigma \cdot \cos \theta)^3 \cdot \rho_c^2}{\mu^4 \cdot g \cdot (\rho_{\div} - \rho_{\tilde{n}})}} \quad (2.13.)$$

2. Доцільне значення числа Рейнольдса:

$$Re_{opt} = 2 \cdot B \quad (2.14)$$

3. Доцільне значення числа Архімеда для перехідного режиму осадження частинки сировини:

$$\psi Ar_{opt} = (Re_{opt} / 0,152)^{1,4} \quad (2.15)$$

4. Доцільна середня товщина приповерхневого Л – шару за використання відповідного екстрагента:

$$\delta_{i\dot{o}} = \sqrt[3]{\frac{\mu^2}{g \cdot (\rho_{\div} - \rho_{\tilde{n}}) \cdot \rho_{\tilde{n}}}} \quad (2.16)$$

5. Доцільний діаметр подрібнення сировини:

$$\begin{aligned} \frac{d_{onm}}{\delta_{onm}} &= \sqrt[3]{Ar_{onm}}, \\ d_{onm} &= \sqrt[3]{Ar_{onm}} \cdot \delta_{onm} \end{aligned} \quad (2.16)$$

6. Доцільна швидкість подачі екстрагента в екстрактор:

$$V_{opt} = \frac{Re_{onm} \cdot \mu}{d_{onm} \cdot \rho_{\div}} \quad (2.18)$$

7. Число Рейнольдса з кривої псевдозрідження в точках початку і кінця процесу. К – точка початку псевдозрідження, В – кінець процесу псевдозрідження:

$$\begin{aligned} Re_K &= \frac{Ar_{onm}}{1400 + 5,22\sqrt{Ar_{onm}}} \\ Re_B &= \frac{Ar_{onm}}{18 + 0,575\sqrt{Ar_{onm}}} \end{aligned} \quad (2.19)$$

8. Неоднорідність псевдозрідженого шару для максимальної інтенсивності процесу екстрагування:

$$\varepsilon_{onm} = \frac{18Re_{onm} + 0,3Re_{onm}^2}{Ar_{onm}} \quad (2.20)$$

2.10. Розрахунок споживаної потужності процесу екстрагування при перемішуванні мішалкою

1. Обчислення числа Архімеда.
2. Фактор роздільної здатності екстрактора:

$$K_{\div} = \frac{\omega^2 \cdot D}{2 \cdot g}, \quad (2.21)$$

де ω - частота обертання мішалки, с^{-1} ;

D -діаметр днища мішалки, м.

3. Модифіковане число Архімеда:

$$\text{Ar}_m = \text{Ar} \cdot K_\alpha$$

4. Модифіковане число Рейнольдса при перемішуванні:

$$\text{Re}_M = \frac{\omega \cdot D \cdot \rho}{\mu} \quad (2.22)$$

5. Визначають число Ейлера за перемішування, з якого обчислюють споживану потужність апарата з мішалкою.

2.11. Розрахунок споживаної потужності при створенні псевдозрідженого шару

Розрахунок споживаної потужності при створенні псевдозрідженого стану проводимо за методикою [38].

1. Спад напору у псевдозрідженому шарі:

$$\Delta P = g(\rho_m - \rho_p) \cdot (l - \epsilon), \quad (2.23)$$

де g - прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

ρ_q -густина твердої сировини, кг/м^3 ;

ρ_p - густина розчину екстрагента, кг/м^3 ;

ϵ – частка пустот у псевдозрідженому шарі;

l - висота шару у стані псевдозрідження при заданому значенні ϵ .

2. Густина суміші подрібненої сировини і розчинника обчислюють за формулою:

$$\rho_{\text{сер}} = \frac{100}{\frac{x_m}{\rho_q} + \frac{100 - x_m}{\rho_p}}, \quad (2.34)$$

де X_T - процентний вміст твердої фази.

3. Робочий тиск подачі розчину в екстрактор, Па:

$$P_p = \Delta P + \rho_p \cdot g \cdot h, \quad (2.35)$$

4. Площа дзеркала суміші в екстракторі [м²],:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (2.26)$$

де D-діаметр днища.

5. Сила тиску подачі розчинника в екстрактор, Н:

$$F = S \cdot P_p, \quad (2.27)$$

6. Робоче значення числа Рейнольдса в екстракторі:

$$Re_p = \frac{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}{18 + 0,6\sqrt{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}} \quad (2.28)$$

7. Швидкість подачі розчинника в екстрактор, м/с:

$$V = \frac{Re_p \cdot \mu}{d \cdot \rho_p} \quad (2.29)$$

8. Споживана потужність екстрактора, Вт:

$$N_o = F \cdot V \quad (2.30)$$

2.12. Дослідження оптичних властивостей розчинів

Оптичний двопроменевий спектрометр Specord–400 дозволяє проводити вимірювання коефіцієнтів оптичного пропускання, поглинання та відбивання твердотільних і рідкофазних неорганічних та органічних (в т.ч. біологічних) об'єктів у спектральній області 200...900 нм в температурному інтервалі 20...200°С на повітрі та різних газових атмосферах.

Результати можна отримувати у вигляді неперервних спектрів вибраних масштабів на паперовому та електронному носіях.

Для проведення вимірювань необхідно представити зразки в одному із варіантів:

1. Прозорі плівки (: 1х3 см);
2. Поліровані поверхні (: 1х3 см);
3. Рідкофазні матеріали (2 мл).

Методика вимірювання коефіцієнтів оптичного пропускання і відбивання різних матеріалів на комп'ютеризованому двопроменевому оптичному спектрометрі Specord–400 включає такі етапи: увімкнення спектрометра і комп'ютера, інсталювання комп'ютерної програми керування спектрометром Waspect, задання на комп'ютері умов експерименту (ширину щілини, спектральний діапазон, час та крок інтегрування, швидкість записування спектру, вид і межі вимірювального параметру, спосіб корекції), запис калібрувального спектра (оптичне пропускання повітря – 100%), завантаження досліджуваного матеріалу (розчину) в кювету (екстрагенти хонсуриду, гепарину, ронідази), розташування кювети у вимірювальній камері.

Запис спектрів оптичного пропускання чи поглинання при вибраних параметрах. Запис отриманих спектрів у формі вибраних файлів на комп'ютер. Досліджувані зразки виймаються і кювету промивають для наступного експерименту.

Світлове випромінювання від джерела 1 розділяється на два пучки системою дзеркал 2. Робочий пучок проходить через кювету 3 із

досліджуваною речовиною, а пучок порівняння – через компенсатор фону 4. За допомогою дискomodлятора 5 пучки поперемінно направляються на вхідну щілину монохроматора 6 і крізь неї – на дифракційну решітку 7, яка розкладає світлове випромінювання в спектр і направляє його на вихідну щілину. Після щілини монохроматичний промінь попадає на приймач світла – фотоелектронний помножувач 9.

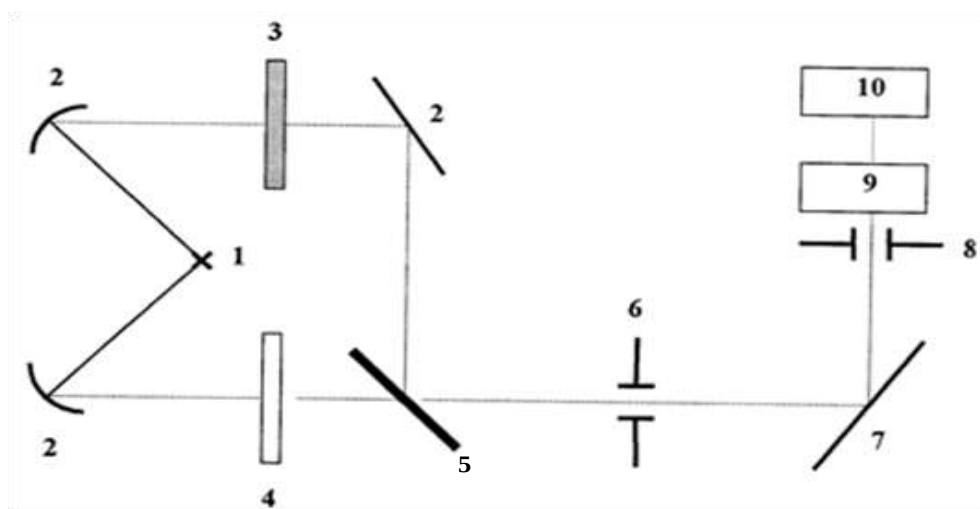


Рисунок. 7. Принципова схема двопроменевого оптичного спектрометра Specord M-400: 1 – джерело світла; 2 – система дзеркал; 3 – досліджуваний зразок; 4 – компенсатор фону; 5 – дискomodлятор; 6 – монохроматор; 7 – дифракційна решітка; 8 – вихідна щілина; 9 – фотоелектронний помножувач; 10 – комп'ютерно-аналітична система

За відсутності досліджуваного зразка інтенсивність робочого пучка та пучка порівняння однакові, в приймачі сигнали від цих пучків віднімаються і на виході сигнал відсутній. При поглинанні робочого пучка досліджуваною речовиною на приймач попадають промені різної інтенсивності, в результаті чого в приймачі виникає змінний сигнал. Після підсилення і перетворення цей сигнал обробляється комп'ютерно-аналітичною системою та відображається на моніторі.

2.13. Установки для дослідження кінетики екстрагування

Дослідження кінетики екстрагування проводилися за допомогою екстракційної лабораторної установки з мішалкою (рис.8.).

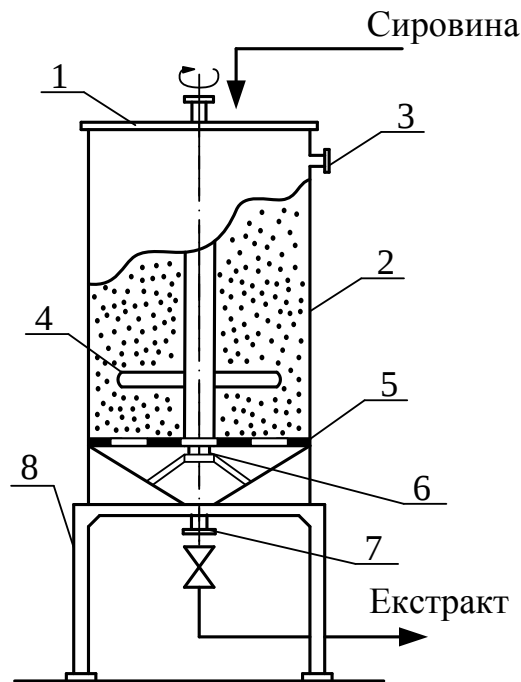


Рисунок 8. Екстракційний апарат з мішалкою

Сировина завантажується через верхню частину корпусу 2 об'ємом $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ і закривається кришкою 1. Через патрубок 3 подається розчин для екстрагування. Приводять в рух мішалку 4. Після закінчення процесу сировина залишається на ситі 5, а екстрагент через клапан 6, патрубок 7 виводиться із установки. Робочий корпус закріплений на станині 8.

2.14. Математична обробка експериментальних даних

Кількісну міру статистичного взаємозв'язку між двома досліджуваними випадковими змінними виражає коефіцієнт парної кореляції r_{xy} , який визначається відношенням кореляційного моменту M_{xy} до добутку середніх квадратичних відхилень величини σ_x, σ_y :

$$r_{xy} = \frac{M \{ [x - M(X)] [y - M(Y)] \}}{\sigma_x \sigma_y}. \quad (2.31)$$

На практиці обчислення коефіцієнта кореляції зручно проводити за такими формулами:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i y_i - n \bar{x} \bar{y})}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2)(\sum_{i=1}^n y_i^2 - n \bar{y}^2)}}, \quad (2.32)$$

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}. \quad (2.33)$$

У загальному випадку, коли між випадковими величинами X та Y існує статистичний зв'язок, значення коефіцієнта парної кореляції лежать у межах $-1 \leq r_{xy} \leq +1$. У випадку, якщо $r_{xy} \neq 0$, то між величинами X та Y існує додатний кореляційний зв'язок, якщо $r_{xy} > 0$ – від'ємний. У випадку, коли $r_{xy} = 0$, то між величинами X та Y немає кореляційного зв'язку, і вони є незалежними.

РОЗДІЛ 3.

РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Опис гідромеханічних характеристик екстрагентів за виробництва хонсуриду.

Технологічна схеми виробництва хонсуриду є процесом складними багатоступінчатими, а тому енергозатратними. Найважливішим ступенем технологічного процесу в цілому є екстрагування субстанцій органопрепаратів з сировини тваринного походження. Збільшення виходу цільового компоненту при екстрагуванні можна забезпечити зменшенням середньої товщини приповерхневого ламінарного (Л) шару δ , що виникає навколо подрібненої частинки сировини при її турбулентному осадженні, оскільки в ньому концентрується 98% всього дифузійного опору системи тверде тіло – рідина .

Для інтенсифікації процесу екстрагування хонсуриду додавали в базовий розчин ПАР, а саме спирти з більшою молекулярною масою і досліджували фізико-хімічні характеристики таких розчинів. Метою таких досліджень було визначити коефіцієнт поверхневого натягу, коефіцієнт динамічної в'язкості, косинус кута змочування. Перераховані характеристики необхідні для визначення середньої товщини приповерхневого Л шару за методикою [19]. При додаванні у розчини ПАР в мінімальних встановлених концентраціях [12] виникають зміни гідродинамічних показників, які сприяють зростанню чисел Рейнольдса і турбулізації потоків екстрагування.

В таких випадках концентраційна ситуація на поверхні частинок постійно змінюється [11], а із зменшенням середньої товщини приповерхневого шару інтенсифікація екстрагування зростає ще більше, як показано на рисунку 3.1

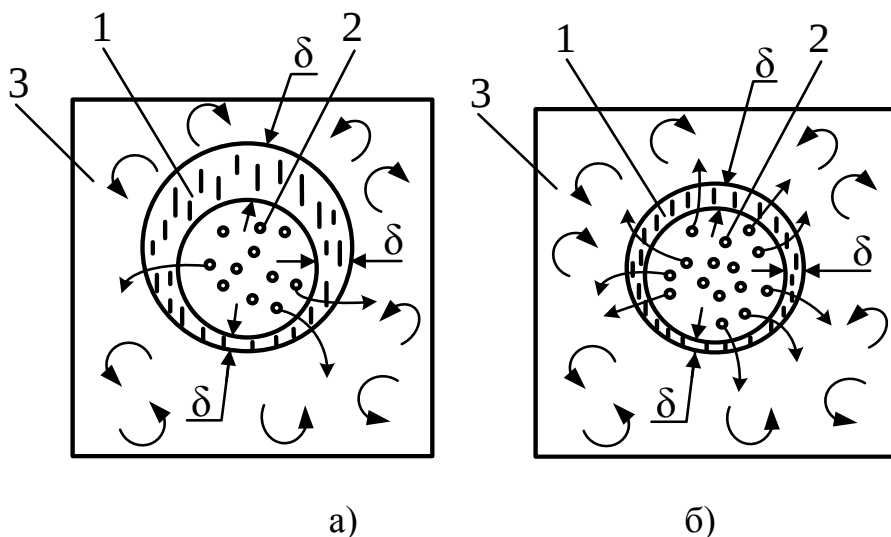


Рисунок. 3.1. Схема виходу екстракту з частинки сировини через приповерхневий Л шар: а) без ПАР, б) з додаванням ПАР, 1 – приповерхневий Л шар, 2 – цільовий компонент (подрібнена частинка сировини), 3 – турбулентний потік екстрагента.

При додаванні ПАР фізико-хімічні характеристики таких розчинів змінюються. До них належать густина середовища, коефіцієнт поверхневого натягу, коефіцієнт динамічної в'язкості, гідрофільність сировини, тобто зміна кута змочування сировини відповідним екстрагентом.

3.2. Екстрагування субстанції хонсуриду із застосуванням промислового розчину екстрагента та розчину з додаванням ПАР

Для дослідження зміни фізичних характеристик екстрагентів підбирали поверхнево-активні речовини, які зменшують коефіцієнт поверхневого натягу у сольових промислових розчинах.

3.2.1. Обґрунтування вибору ПАР для екстрагента хонсуриду. Для розрахунку середньої товщини приповерхневого Л – шару експериментально визначена густина сировини, для цього нами проведений ряд досліджень, за допомогою яких були виміряні необхідні характеристики промислового екстрагента хонсуриду.

До 10 мл промислового розчину додавали: 0,03 мл, 0,04 мл, 0,05 мл, 0,06 мл, 0,07 мл спирту бутанолу і методом зважування краплі визначали коефіцієнт поверхневого натягу.

У різних галузях харчової та фармацевтичної промисловостей екстрагентом є вода, спирт, сольові розчини, дихлоретан та ін. Щоб одержати чисті цільові компоненти сировинні субстанції добуті за допомогою різних екстрагентів, піддають додатковому очищенню від домішок, інколи їх згущують. На сьогодні широке застосування мають базові екстрагенти з додаванням в мінімальних масових частках поверхнево-активних речовин (ПАР).

Застосування ПАР у базовому розчині при екстрагуванні хонсуриду може суттєво зменшити енерговитрати, а також інтенсифікувати процес, що зробить його рентабельнішим.

Проведені нами аналіз базового розчину екстрагента і фізико-хімічних властивостей його дають підстави вважати ПАР-ою до базового екстрагенту може бути спирт. З його застосуванням зменшиться коефіцієнт поверхневого натягу σ і коефіцієнт динамічної в'язкості μ . При зменшенні цих параметрів процес екстрагування покращується. В базовий екстрагент для зменшення коефіцієнтів σ і μ доцільно додати бутанолу ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$). Цей спирт з 4-ох вуглецевим. Згідно правила Траубе-Дюкло поверхневий натяг зменшується тим більше чим довший вуглецевий ланцюг спирту, тобто із збільшенням молекулярної маси, поверхнева активність збільшується. По мірі збільшення величини (довжини), вуглецевих ланцюгів спиртів, їх розчинність буде знижуватися, проте адсорбність не буде значно змінюватися, так як покриття поверхні в основі визначається групою – OH, яка і розчиняється в поверхневому шарі, в нашому випадку в базовому розчині. Відповідний процент вмісту бутанолу до екстрагуючої суміші нами був встановлений експериментально. В сольовий розчин 1%-ного вуглекислого калію і 25%-ного хлористого калію додавали різні масові концентрації бутанолу: 0,03мл, 0,04мл, 0,05мл, 0,06мл, 0,07мл. Крапельним методом було визначено масу 1 краплі кожного зразку розчину. Коефіцієнт поверхневого натягу розраховано за формулою:

$$\sigma = Q/2\pi r,$$

де Q- маса краплі,

r- радіус піпетки.

Дані експериментальних результатів і результатів обчислення подано в таблиці №1

Зміна коефіцієнтів σ та μ з різними екстрагентами

Таблиця 1

№	Суміш 10гр	Маса 10крап., гр	Маса 1краплі. гр	σ Н/м	Густина Кг/м ³	В'язкість Па · с
1	Базовий екстрагент	0,302	0,03002г	0,0874	1181	0,00122
2	Базовий екстрагент + 0,03мл бутанолу	0,328	0,0328	0,0949		
3	Базовий екстрагент + 0,04мл бутанолу	0,384	0,0384	0,111		
4	Базовий екстрагент + 0,05мл бутанолу	0,194	0,0194	0,0561	1165	0,00107
5	Базовий екстрагент + 0,06мл бутанолу	0,292	0,0292	0,0845		

Розглянувши таблицю №1 бачимо що мінімум коефіцієнта поверхневого натягу ми маємо при додаванні до 10мл. базового розчину 0,05мл. бутанолу, тому можна вважати таку масову концентрацію бутанолу оптимальною для використання в екстрагуючій суміші, а бутанол поверхнево-активним до сольового розчину екстрагента (базового промислового розчину).

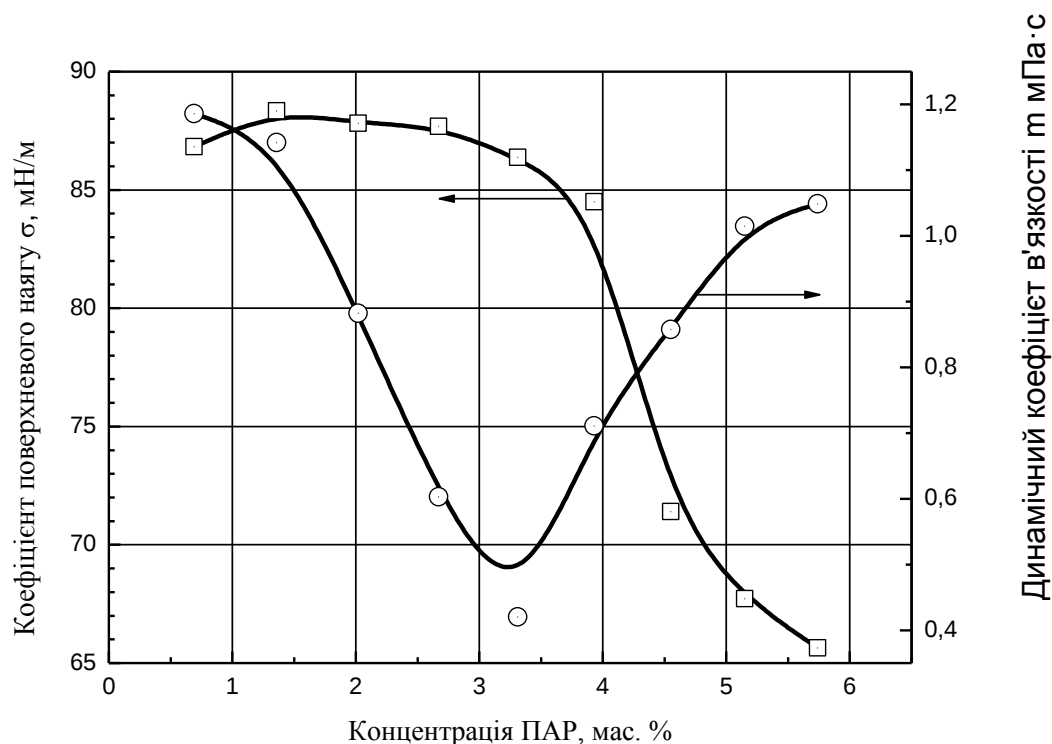


Рис. 3.2. Зміна коефіцієнта поверхневого натягу та коефіцієнта динамічної в'язкості за додавання у промисловий розчин різної масової частки бутанолу

Зниження коефіцієнта поверхневого натягу буде відбуватися за додавання масової концентрації 0,03 мас%, 0,04 мас%. Мінімум коефіцієнта поверхневого натягу екстрагента хонсуриду буде при додаванні до 10 мл промислового розчину 0,05 мл спирту бутанолу, тобто 0,05 мас%, у цьому випадку спирт бутанол є ПАВ. За додавання більшої масової концентрації коефіцієнт поверхневого натягу поступово зростає. Такі зміни пояснюються тим, що за концентрації 0,05 мас% бутанолу на поверхні розчину утворюється критична концентрація міцело утворення, тому поверхневий натяг є мінімальним. Зростання коефіцієнта поверхневого натягу за концентрації 0,06 мас% та 0,07 мас% відбувається тому, що промисловий екстрагент містить достатню концентрацію солі. Для підтвердження правильності вибору ПАВ до екстрагента хонсуриду та її оптимальної концентрації в сольовий розчин різних концентрацій додавали встановлену нами експериментально доцільну концентрацію бутанолу – 0,05 мас%.

Дослідження проводили із сольовим розчином концентрацією 5 %, 10 %, 15 %, 20 % і промисловим –25 % –им.

На рисунку 3.3 мінімум коефіцієнта поверхневого натягу досягається за концентрації сольового розчину, яка дорівнює промисловій концентрації солі та 0,05 мас % бутанолу.

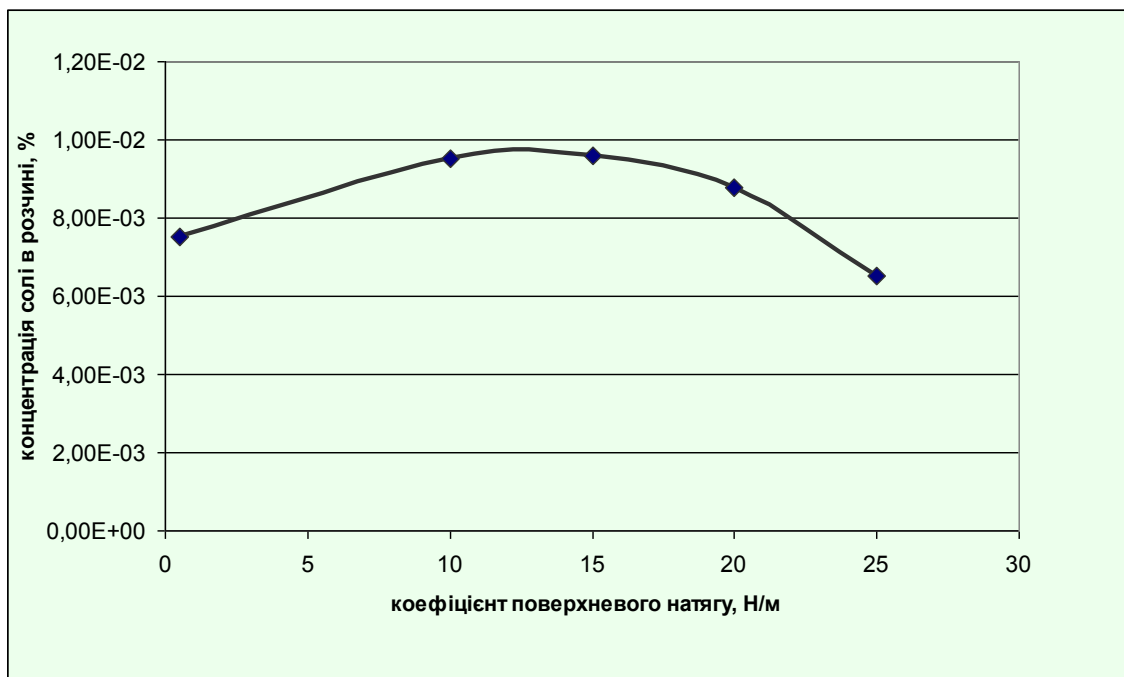


Рис. 3.3. Зміна коефіцієнта поверхневого натягу при зміні концентрації солі і стабільній концентрації ПАР (екстрагування хонсуриду)

За додавання доцільної концентрації бутанолу до екстрагента хонсуриду спостерігаються зміни значення динамічного коефіцієнта в'язкості (рис. 3.2), що визначали приладом Арреніуса. Зниження динамічного коефіцієнта відбувається поступово, але його залежність від зміни коефіцієнта поверхневого натягу не спостерігається (рис. 3.2.). Для розрахунку середньої товщини приповерхневого шару вибрали значення динамічного коефіцієнта в'язкості за концентрації бутанолу 0,05 мас%, тобто за мінімального значення коефіцієнта поверхневого натягу. Зменшення значень коефіцієнта поверхневого натягу та динамічного коефіцієнта в'язкості не прямо залежать від зміни масової концентрації бутанолу. тому масовий відсоток бутанолу до екстрагента хонсуриду необхідно визначати експериментально.

Дослідження з визначення крайового кута змочування показали, що збільшення цього показника відбувається за концентрації бутанолу в екстрагенті хонсуриду 0,05 мас% (рис 3.4). Крайовий кут змочування промислового екстрагента визначали за додаванням бутанолу у концентраціях 0,03–0,07 мас%.

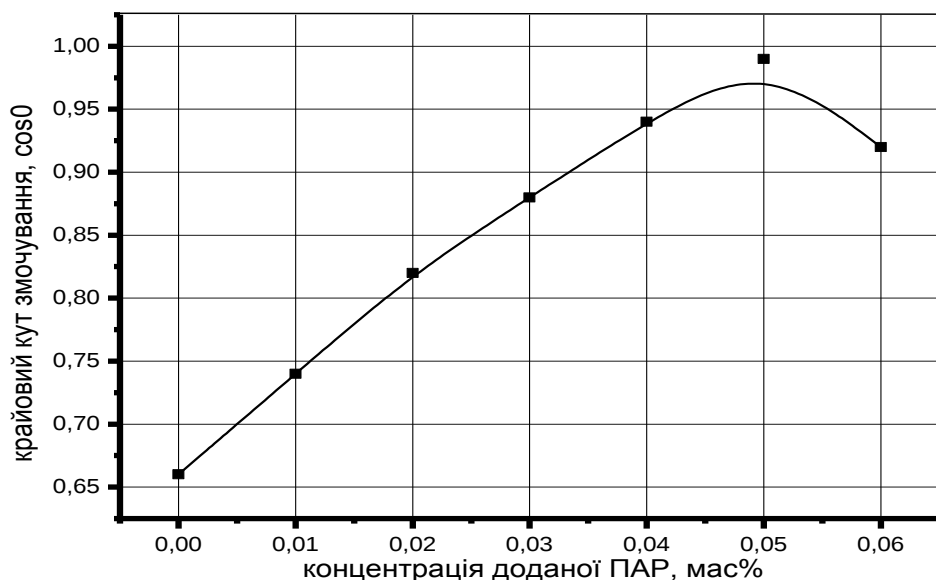


Рис.3.4. Зміна крайового косинуса кута змочування від впливом ПАР

Величина крайового кута змочування немає лінійної залежності від концентрації доданої в екстрагент хонсуриду ПАР, але залежить від коефіцієнта поверхневого натягу (рис. 3.2 і 3.4).

Додавання бутанолу в масовій концентрації 0,05 мас% до екстрагента хонсуриду впливає на позитивну зміну фізичних показників, необхідних для розрахунку середньої товщини приповерхневого шару.

Таблиця 2

Фізико – хімічні показники промислового екстогента хонсуриду.

Характеристики	Промисловий екстрагент
ρ_q , кг / м ³	1320
ρ_c , кг / м ³	1181
σ , Н / м	0,0874
μ , Па · с	0,00122
$\cos \theta$	0,66

Визначимо середню товщину приповерхневого Л – шару при виробництві хонсуриду із застосуванням як екстрагента промислового і запропонованого нами розчину з додаванням ПАР – бутанолу, за методикою [86].

Середньостатистичні значення цих параметрів дозволяють знайти середню товщину приповерхневого ламінарного Л шару, величина якого має важливе значення для інтенсифікації процесу. Визначимо середню товщину Л шару згідно методики [51], що описана в розділі 2 даної роботи, для екстрагування хонсуриду з використанням промислового розчину.

Визначаємо критерій Архімеда:

$$Ar = \frac{g \cdot d^3 (\rho_q - \rho_c) \rho_c}{\mu^2} = \frac{9,8 \cdot (1 \cdot 10^{-3})^3 (1320 - 1181) 1181}{0,00122^2} = 1081 \quad (1.)$$

Фактор роздільної здатності при виробництві хонсуриду порахуємо за формулою:

$$K_{\Pi} = \frac{\omega \cdot D}{2 \cdot g} = \frac{3^2 \cdot 0,4}{2 \cdot 9,8} = 0,1836. \quad (2.)$$

Такий процес проходить при постійному перемішуванні, тому нам потрібний модифікований критерій Архімеда:

$$Ar_M = Ar \cdot K_{\Pi} = 1081 \cdot 0,1836 = 198,5. \quad (3.)$$

Визначимо коефіцієнт турбулізації приповерхневого шару:

$$K_{u(PrL)}^m = \frac{0,152(\psi \cdot Ar)^{0,715}}{2},$$

$$K_{u(PrL)}^m = \frac{0,152(0,77 \cdot 198,5)^{0,715}}{2} = 2,77 \quad (4.)$$

Середня товщина приповерхневого Л шару буде такою:

$$\delta = \frac{\sqrt{\frac{9,42 \cdot \cos \theta \cdot \sigma}{g(\rho_{\div} - \rho_{\tilde{n}})}}}{\hat{E} \ddot{O}(\ddot{I})} = \frac{\sqrt{\frac{9,42 \cdot 0,80 \cdot 0,0874}{9,8(1320 - 1181)}}}{2,77} 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ мм.} \quad (5.)$$

Проведемо розрахунок середньої товщини при поверхневого ламінарного шару із використання у екстрагенті хонсуриду ПАР, концентрація якої є мінімальною. Фізико – хімічні показники запропонованого екстрагента встановлені експериментально і подані у таблиці 3.

Таблиця 3

Фізико –хімічні показники екстрагента хонсуриду із ПАР.

Характеристики	Екстрагент із додаванням ПАР
ρ_q , кг / м ³	1320
ρ_c , кг / м ³	1165
σ , Н / м	0,0561
μ , Па · с	0,00042
$\cos \theta$	0,99

З проведених розрахунків бачимо, що середня товщина приповерхневого Л – шару, що виникає навколо подрібненої частинки хряща в турбулентному потоці екстрагента є меншою при застосуванні як екстрагента запропонованого розчину, з додаванням спирту бутанолу.

Порівняємо величини середніх товщин приповерхневих ламінарних шарів: $\frac{\delta_i}{\delta_\zeta} = \frac{7,2 \cdot 10^{-4}}{1,1 \cdot 10^{-4}} = 6,5$ рази. За використання в якості екстрагента запропонованого нами розчину, а саме: 25% KCl в 1% K₂CO₃ із додаванням 0,05 – 0,06 мас% спирту бутанолу екстрагуючі властивості покращуються в 6,5 рази [53, 95].

Критерій Архімеда:

$$Ar = \frac{g \cdot d^3 (\rho_q - \rho_c) \rho_c}{\mu^2} = \frac{9,8 \cdot (1 \cdot 10^{-3})^3 (1320 - 1165) 1165}{0,00042^2} = 10028. \quad (6.)$$

Фактор роздільної здатності має значення аналогічне, як при екстрагуванні хонсуриду промисловим розчином. Його розраховуємо за формулою 2.

$$K_{\zeta} = \frac{\omega \cdot D}{2 \cdot g} = \frac{3^2 \cdot 0,4}{2 \cdot 9,8} = 0,1836. \quad (7.)$$

Модифікований критерій Архімеда:

$$Ar_M = Ar \cdot K_{\zeta} = 10028 \cdot 0,1836 = 1841. \quad (8.)$$

Коефіцієнт турбулізації ламінарної плівки:

$$K_{T(II)}^{\zeta} = \frac{0,152 (\psi \cdot Ar)^{0,715}}{2} = \frac{0,152 (0,77 \cdot 1841)^{0,715}}{2} = 13,61. \quad (9.)$$

Середня товщина приповерхневого Л шару:

$$\delta = \frac{\sqrt{\frac{9,42 \cdot \cos \theta \cdot \sigma}{g(\rho_c - \rho_s)}}}{K_{T(II)}''} = \frac{\sqrt{\frac{9,42 \cdot 0,91 \cdot 0,0561}{9,8(1320 - 1165)}}}{13,61} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ мм} \quad (10.)$$

Таблиця 4

Середня товщина приповерхневого Л шару за екстрагування хонсуриду

Екстрагенти	Значення $\delta, 10^{-7} \text{ м}$
Промисловий розчин (25% розчин KCl в 1% розчині K ₂ CO ₃)	7,2
Запропонований розчин з ПАР (25% - ий KCl в 1% - ому K ₂ CO ₃ із 0,05 – 0,06 мас% спирту бутанолу)	1,1

3.3. Поверхнєве число та його зміна під впливом ПАР

Визначальним параметром інтенсифікації технології хонсуриду, зокрема процесу екстрагування його субстанцій є поверхнєве число.

На межі розділення двох фаз утворюється приповерхневий ламінарний шар, у якому існує силове поле, що діє на елементарний об'єм рідини, змінюючи його потік. Силове поле у приповерхневому ламінарному шарі характеризується силами поверхневого натягу. Поверхнєве число описує відношення сил поверхневого натягу до сил інерції в приповерхневому ламінарному шарі.

Проведені дослідження підтверджують, що додавання ПАР до промислового екстрагента хонсуриду суттєво зменшує коефіцієнт поверхневого натягу, динамічний коефіцієнт в'язкості та збільшує косинус кута змочування. Зменшення значень фізичних характеристик екстрагента впливає на зміну поверхневого числа та характеризує послаблення дії приповерхневих сил. Менші значення поверхневого числа означають

зменшення дифузійного опору системи «тверде тіло – рідина» при виробництві хонсуриду, що є наслідком зменшення середньої товщини приповерхневого ламінарного шару [37].

Поверхнєве число обчислювали за формулою:

$$P = \frac{2\pi\sigma \cos \theta}{V_x^2 \delta \rho}, \quad 11$$

де σ – коефіцієнт поверхневого натягу, Н/м;

$\cos \theta$ – крайовий кут змочування;

V_x – швидкість у пристінних шарах, м/с;

ρ – густина середовища, кг/м³;

δ – середня товщина приповерхневого ламінарного шару, м · 10⁻³.

Паралельно, обчисливши значення поверхневого числа [37,38,39], визначимо значення чисел Архімеда, Ейлера і Рейнольдса в приповерхневому ламінарному шарі за екстрагування органопрепаратів із використанням різних екстрагентів. Такі числа відповідають за силові фактори дії на елементарний об'єм розчину в ламінарному шарі при виході екстракту з подрібнених частинок сировини.

Використання промислового розчину

За формулою (6.), число Архімеда за використання промислового розчину: $Ar = 1081$; число Рейнольдса: $Re = 18,6$; швидкість екстрагента в пристінному шарі навколо подрібнених частинок хряща за перемішування:

$$V_x = \frac{Re \cdot \mu}{d \cdot \rho_c} = 0,0015 \text{ м/с}, \quad 12$$

середня товщина приповерхневого Л шару за формулою (3.2.5.) - $7,2 \cdot 10^{-3}$ м
Число Ейлера буде таким:

$$Eu = \frac{d(\rho_q - \rho_c)g}{3 \cdot \rho \cdot V_x} = 170 \quad 13$$

Поверхневий критерій:

$$P = \frac{1}{N} \cdot \frac{2\pi\sigma \cos \theta}{\mu V_x}, \quad 14$$

де N - видозмінене число Рейнольдса: $N = \frac{V_x \delta \rho}{\mu}$, тоді

$$P = \frac{2\pi\sigma \cos \theta \delta}{V_x^2 \delta \rho} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,0874 \cdot 0,80}{0,0015^2 \cdot 7,2 \cdot 10^{-3}} = 2295; \quad 15$$

$$\frac{1}{Re} = \frac{\mu}{\delta \rho V_x} = 0,095.$$

З наведених вище розрахунків, бачимо, що оберненим числом Рейнольдса можна знехтувати, оскільки ця величина є дуже маленькою, а також меншою на декілька порядків від числа Ейлера і ще значно меншою величиною від поверхневого критерію.

Поверхневий критерій за застосування запропонованого розчину

Число Архімеда за використанні промислового розчину за (6.) $Ar = 10028$; число Рейнольдса $Re = 91,5$; швидкість екстрагента за перемішування:

$$V_x = \frac{Re \cdot \mu}{d \cdot \rho_c} = 0,034 \text{ м/с}, \quad (16)$$

середня товщина приповерхневого Л шару за формулою (10.) - $1,1 \cdot 10^{-3}$ м.

Число Ейлера за застосування розчину екстрагента із додаванням ПАР (кількість мас.% встановлена експериментально):

$$Eu = \frac{d(\rho_q - \rho_c)g}{3 \cdot \rho \cdot V_x} = 37,5. \quad (17)$$

Поверхневий критерій за використання розчину із додаванням 0,05 мас % бутанолу:

$$P = \frac{2\pi\sigma \cos \theta \delta}{V_x^2 \delta \rho_c} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,0561 \cdot 0,91 \cdot 0,0011}{0,0034^2 \cdot 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot 1165} = 2164 \quad (18)$$

$$\frac{1}{Re} = \frac{\mu}{\delta \rho V_x} = 0,096$$

Таблиця 5

Основні числа в приповерхневому ламінарному шарі

Число подібності	Промисловий екстрагент	Запропонований екстрагент із ПАР
	хонсурид	хонсурид
Число Архімеда	1028	10028
Число Рейнольдса	18,6	91,5
Число Ейлера	170	37,5
Поверхнєве число	2295	2164

Порівнявши число Ейлера у випадках із застосуванням промислового і запропонованого нами екстрагентів, спостерігаємо зменшення цього показника при застосуванні розчину із ПАР. Аналогічну паралель можна провести при порівнянні поверхневих чисел у випадку із застосуванням промислового і запропонованого екстрагентів із ПАР.

Зміну поверхневого числа, що залежить від коефіцієнта поверхневого натягу екстрагента хонсуриду, який змінюється під дією різної масової концентрації ПАР, показано на рисунку 3.5. Мінімальне значення поверхневого числа буде при додаванні до промислового розчину 0,05 - 0,06 мас % бутанолу. При застосуванні екстрагента з ПАР поверхневий критерій

зменшується, а це означає, що дія сил тертя і приповерхневих сил також зменшується. Завдяки їх зменшенню, зменшується також дифузійний опір, навколо подрібненої частинки хряща за екстрагування хонсуриду. При середній товщині приповерхневого Л – шару $7,2 \cdot 10^{-3}$ мм – дифузійний опір становить 98 %, тоді як при середній товщині Л – шару $1,1 \cdot 10^{-3}$ мм дифузійний опір – 15%.

Застосування експериментально визначеної масової концентрації бутанол у екстрагенті хонсуриду змінює фізичні показники промислового розчину, які впливають на послаблення приповерхневих сил у ламінарному шарі та сприяють зменшенню дифузійного опору системи. Наслідком таких змін є збільшення виходу субстанції хонсуриду [95, 99].

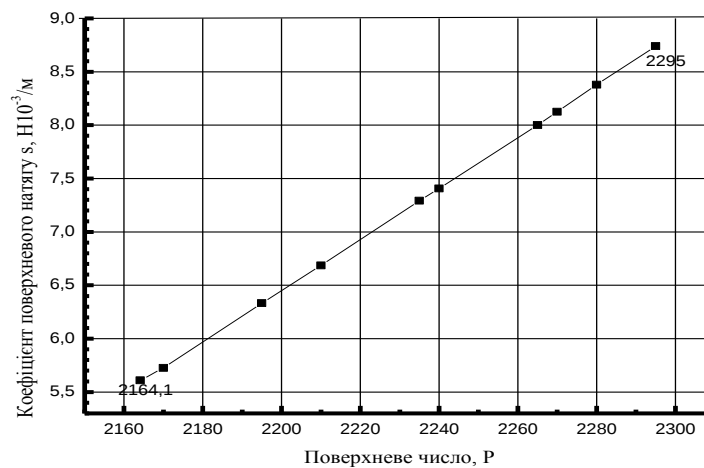


Рис.3.5. Залежність поверхневого числа від коефіцієнта поверхневого натягу розчину при виробництві хонсуриду

3.4. Кінетика екстрагування субстанцій органопрепаратів із використанням ПАР

Як зазначалось вище, застосування ПАР в екстрагентах сприяє зміні гідродинамічних умов системи, а також зменшенню приповерхневого Л – шару і, як наслідок, дифузійного опору системи. Завдяки цьому здійснюється інтенсифікація екстрагування. Тому застосування ПАР на збільшення

виходу екстракту хонсуриду є важливим етапом інтенсифікації виробництва, а отже і завданням наших досліджень.

Вивчення кінетики екстрагування проводилося за допомогою екстракційної лабораторної установки з мішалкою (рис. 8).

В екстрактор з мішалкою завантажували сировину для екстрагування відповідної субстанції та промисловий розчин екстрагента. Кожні 15 хвилин відбирали по 2 мл отриманого розчину і висушували в сушильній шафі, періодично зважуючи на електронній вазі. Зважування проводили, доки три останні маси мали однакову вагу.

Дослідження проводилися повторно з однаковим відношенням сировини та екстрагента. Діаметр подрібнення сировини приймали за $1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$. Для дослідження кінетики екстрагування використовували промисловий екстрагент хонсуриду, а також екстрагент із встановленою експериментально масовою концентрацією вибраної ПАР.

3.4.1. Кінетика екстрагування хонсуриду. Для екстрагування субстанції хонсуриду в лабораторну екстракційну установку з мішалкою, закладали 250 г подрібнених хрящів трахеї та носа забійних тварин і 1 л промислового екстрагента (1 % K_2CO_3 в 25% KCl). Процес екстрагування проводили 15 год, за постійного помішування, відбираючи при цьому по 2 мл проби для сушіння. Дослідження були проведені повторно із застосуванням запропонованого нами розчину екстрагента із додаванням ПАР (1 % K_2CO_3 в 25% KCl із додаванням 0,05 – 0,06 мас% бутанолу).

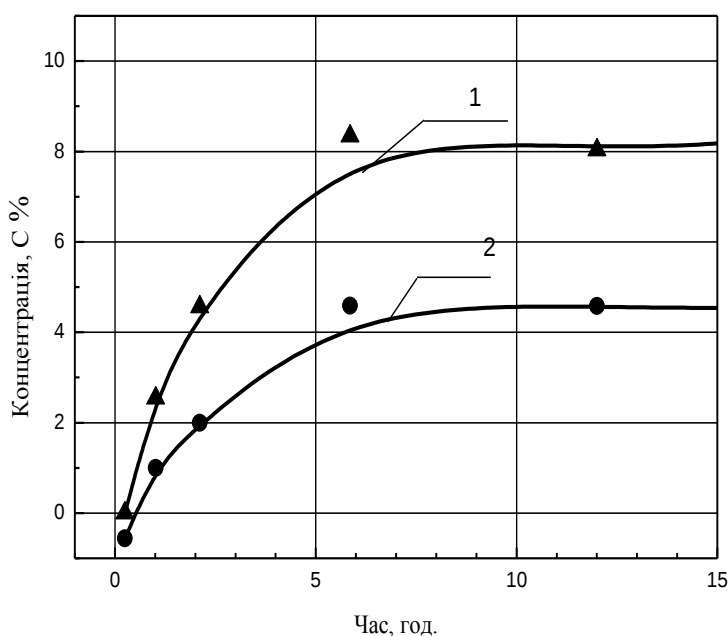


Рис. 3.6. Вихід маси субстанції хонсуриду залежно від використання екстрагента: 1 – екстрагент із додаванням ПАР; 2 – промисловий екстрагент

Концентрація цільового компоненту зростає з часом при використанні запропонованого екстрагента з ПАР (рис. 3.6) За час екстрагування вихід субстанції екстракту за використання промислового розчину $\tilde{N}=1,96\%$ до маси сировини, а за екстрагування розчином із ПАР $\tilde{N}'=2,74\%$, за такий же час. Якщо порівняти маси виходу цільових компонентів за екстрагування різними екстрагентами, отримаємо: $\frac{\tilde{N}'}{\tilde{N}} = \frac{2,74}{1,96} = 1,4$ рази збільшення маси виходу екстракту за екстрагування хонсуриду розчином 25% KCl в 1% K₂CO₃ із додаванням 0,05 – 0,06 мас% спирту бутанолу.

3.5. Оптичні властивості запропонованого розчину екстрагента хонсуриду

Оскільки хонсурид є фармацевтичним препаратом, нами досліджувався вплив ПАР на оптичні властивості запропонованого розчину порівнянно із промисловими. При наявності неоднорідностей у середовищі відбувається додаткове розсіювання світла. Такі зміни можуть бути обумовлені сторонніми частинками або флуктуаціями густини самого середовища.

Застосування бутанолу як поверхнево–активної речовини в екстрагенті розглянутої хонсуриду має лише поверхневу дію [20,21], тому спектри оптичного пропускання чи поглинання досліджуваних розчинів не повинні змінюватися, а ПАР, доданий у розчин, не повинна порушувати однорідності середовища. Дослідження спектрів оптичного пропускання екстрагентів органопрепаратів проводили на двопроменевому спектрометрі Specord M-400.

Спектральні криві екстрагентів суттєво відрізняються від спектральної лінії повітря та води (рис. 3.7). Оптичні спектри промислових розчинів і запропонованих із ПАР майже не відрізняються. Це означає, що ПАР не

впливають на внутрішньомолекулярну структуру розчинів, а мають вплив на розділі фази тверде тіло – рідина в тонкому мономолекулярному шарі 42]. Розміри мономолекулярного шару рідини, де ПАР мають вплив, на декілька порядків менші від розмірів досліджуваного зразка, тому зміни оптичного пропускання у цій плівці лежать поза межами чутливості двопроменевого спектрометра Specord M – 400.

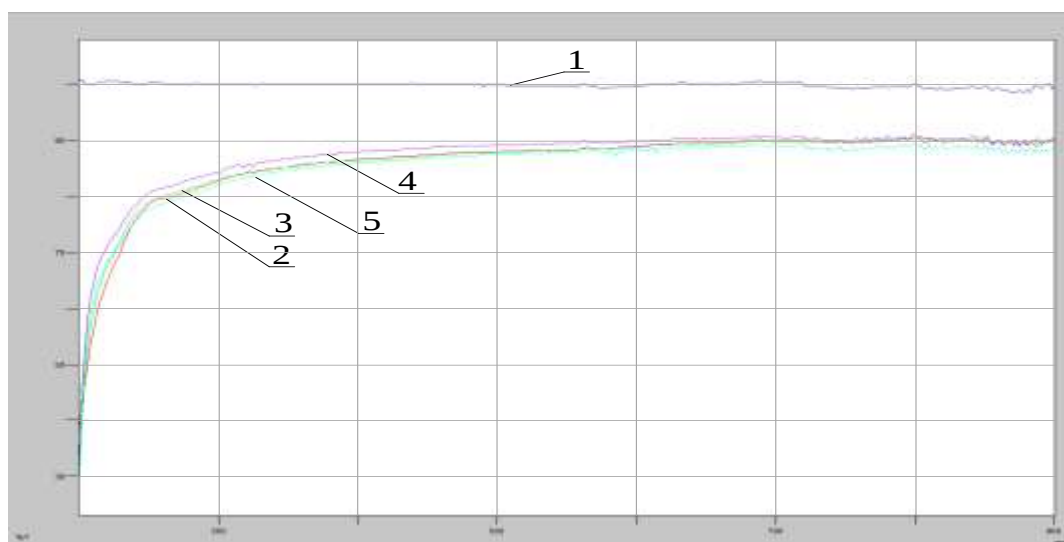


Рис. 3.7. Спектри оптичного пропускання екстрагентів хонсуриду: 1– повітря (калібрувальна крива); 2– дистильована вода; 3 – промисловий екстрагент хонсуриду; 4 – екстрагент хонсуриду з оптимальною концентрацією пропанолу; 5 – екстрагент хонсуриду з оптимальною концентрацією бутанолу.

На основі оптичної спектроскопії, можна зробити висновок про правильність вибору ПАР до промислових екстрагентів органопрепаратів, а також отримання субстанцій такого хімічного складу, як і при екстрагуванні промисловими розчинами. Крім цього, метод вимірювання коефіцієнтів поверхневого натягу розчинів (метод Ребіндера, зважування маси краплі) вибрані також вірно, оскільки є чутливими до зміни поверхневих властивостей різних рідких екстрагентів під впливом ПАР.

3.6. Екстрагування хонсуриду в апаратах з мішалками

Проведені вище дослідження ПАР на екстрагент хонсуриду підтвердили свій вплив на зміну гідродинамічної ситуації. Далі проведемо теоретичні дослідження, впливу ПАР інтенсифікацію технології хонсуриду за проведення процесів у різній масообмінній апаратурі, які підтвердимо математичними розрахунками. Процес екстрагування хонсуриду, проводять у апаратах з мішалкою [19,20]. Параметри апарату такі: об'єм апарату $W=1\text{м}^3$; частота обертання мішалки $n = 30 \text{ об/хв.}$; кутова швидкість $\omega = 3\tilde{n}^{-1}$; діаметр днища $D_1 = 1,3\tilde{\text{і}}$; діаметр мішалки $d = 0,4 \text{ м}$; робоча висота розчину в апараті $d=0,8 \text{ м}$.

Розрахуємо споживану потужність проведення процесу за використання змішувача з мішалкою. Критерій Архімеда за проведення процесу екстрагування хонсуриду відомий: за формулою (1.) $Ar=1081$. Також нам уже відомі значення фактора роздільної здатності і модифікованого критерію Архімеда: відповідно за формулами (2.) і (3.) - $K_{\text{Ц}}=0,1836$, $Ar=198,5$. Визначимо модифікований критерій Рейнольдса за перемішування:

$$Re_M = \frac{\omega \cdot D^2 \cdot S \cdot \rho_c}{\mu} = \frac{3 \cdot 0,4^2 \cdot 1181}{0,00122} = 464655 \quad (19)$$

Критерій Ейлера за перемішування визначимо з графіків залежності для мішалки [39, с. 110].

$$Eu_m = \frac{N_T}{\rho_c \cdot \omega^3 \cdot D^5} \approx 0,7 \quad (20.)$$

N_T – потужність споживана мішалки,

$$N_T = Eu_m \cdot \rho_c \cdot \omega^3 \cdot D^5 = 0,7 \cdot 1181 \cdot 3^3 \cdot 0,4^5 = 228 \text{ кВт.} \quad (21.)$$

Екстрагування хонсуриду в апаратах з мішалками вимагає великих затрат енергії враховуючи, що процеси вилучення відповідних субстанцій є повторними [19].

3.7. Екстрагування органопрепаратів в апаратах в умовах псевдозрідженого стану

Для забезпечення повного доступу екстрагента до частинки сировини та збереження енергоресурсів запропоновано проводити процес екстрагування хонсуриду у псевдозрідженому шарі [20]. Параметри апарата такі ж, як в екстрактора з мішалкою (об'єм апарату $W=1 \text{ м}^3$; робоча висота розчину в апараті $d=0,8 \text{ м}$).

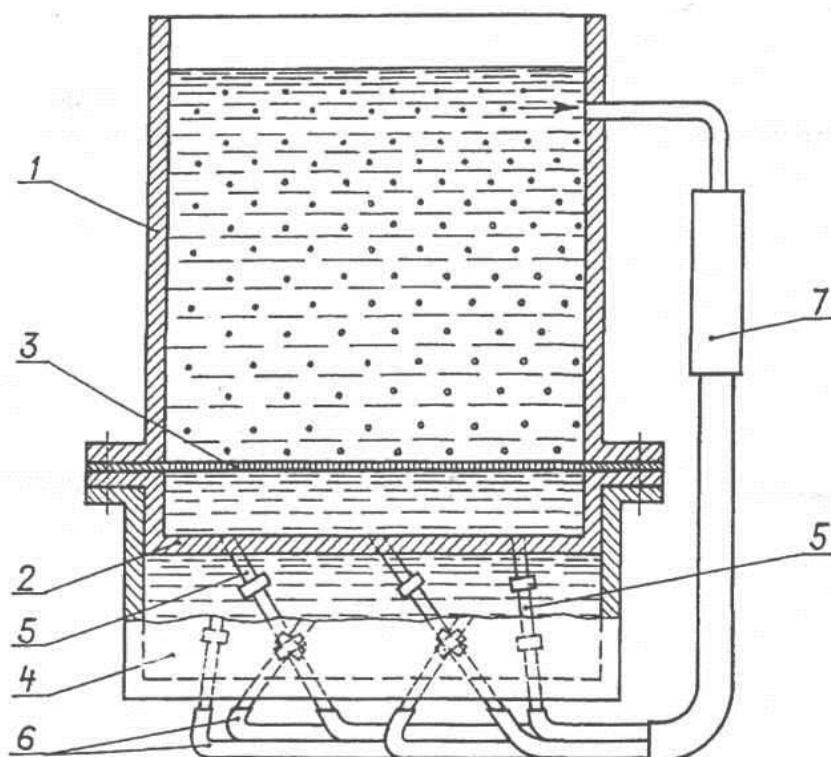


Рис. 3.8. Схема екстракційного апарату із псевдозрідженим шаром.

1 – циліндричний корпус екстрактора, 2 – днище екстрактора, 3 – решітка закріплена між корпусом і днищем екстрактора, 4 – ємкості – накладки екстрактора, 5 – трубки з спіралеподібними отворами, 6 – патрубки, 7 – pompa.

Екстрагування хонсуриду промисловим розчином у гравітаційному екстракторі.

1. Критерій оптимізації за гравітаційного екстрагування:

$$B_u = 3,07 \sqrt[6]{\frac{(\sigma \cdot \cos \theta)^3 \cdot \rho_c^2}{\mu^4 g(\rho_u - \rho_c)}} = 3,07 \sqrt[6]{\frac{(0,0874 \cdot 0,66)^3 \cdot 1181^2}{0,00122^4 9,8(1320 - 1181)}} = 205, \quad (22)$$

2. Доцільне значення числа Рейнольдса :

$$Re_{onm} = 2B = 410 \quad (33)$$

3. Доцільне значення числа Архімеда для перехідного режиму осадження:

$$\psi Ar_{onm} = \left(\frac{Re_{onm}}{0,152} \right)^{1,4},$$

$$Ar_{onm} = 82570 \quad (34.)$$

4. Доцільна середня товщина ламінарного приповерхневого шару :

$$\delta_{onm} = \sqrt[3]{\frac{\mu^2}{g(\rho_u - \rho_c) \rho_c}} = \sqrt[3]{\frac{0,00122^2}{9,8(1320 - 1181)1181}} = 0,097 \text{ мм} \quad (35.)$$

5. Доцільний діаметр подрібнення хрящів трахеї та носа:

$$\frac{d}{\delta_{onm}} = \sqrt[3]{Ar_{onm}} = 43,54 \quad (36.)$$

$$d_{onm} = 0,097 \cdot 43,54 = 4,2 \text{ мм} \quad (37)$$

6. Доцільна швидкість подачі розчинника в екстрактор:

$$V_{onm} = \frac{Re_{onm} \cdot \mu}{d_{onm} \cdot \rho_c} = \frac{410 \cdot 0,00122}{4 \cdot 10^{-3} \cdot 1181} = 0,105 \text{ м/с} \quad (38.)$$

7. З графіку кривої псевдозрідження визначимо числа Рейнольдса у точці початку псевдозрідження і критичній:

$$Re_k = \frac{Ar_{onm}}{1400 + 5,22\sqrt{Ar_{onm}}} \frac{82570}{1400 + 5,22\sqrt{82570}} = 28,48$$

$$Re_B = \frac{Ar_{onm}}{18 + 0,575\sqrt{Ar_{onm}}} \frac{82570}{18 + 0,575\sqrt{82570}} = 453 \quad (39.)$$

Максимальне значення числа Рейнольдса з кривої псевдозрідження (39.) є більшим за доцільне значення числа Рейнольдса визначене за формулою (33.) з чого можна зробити висновок, що процес проходить в області псевдозрідження із значеннями долі пустот псевдозрідженого шару.

8. Визначимо оптимальну неоднорідність для максимальної інтенсивності процесу екстрагування хонсуриду за використанні промислового розчину :

$$\varepsilon_{onm} = \left(\frac{18Re_{onm} + 0,36Re_{onm}^2}{Ar_{onm}} \right)^{0,21} = \left(\frac{18 \cdot 410 + 0,36 \cdot 410^2}{82570} \right)^{0,21} = 0,959 \quad (40.)$$

Екстрагування розчином з додаванням ПАР

1. Критерій оптимізації за гравітаційного екстрагування :

$$B_u = 3,07 \sqrt[6]{\frac{(\sigma \cdot \cos \theta)^3 \cdot \rho_c^2}{\mu^4 g (\rho_u - \rho_c)}} = 3,07 \sqrt[6]{\frac{(0,0561 \cdot 0,99)^3 \cdot 1165^2}{0,00042^4 \cdot 9,8(1320 - 1165)}} = 405 \quad (41.)$$

2. Доцільне значення числа Рейнольдса:

$$Re_{onm} = 2 \cdot B = 810, \quad (3.2.43)$$

3. Доцільне значення числа Архімеда для турбулентного (Т) режиму осадження ($Re_{onm} \geq 500$) :

$$Ar_{onm} = \left(\frac{Re_{onm}/1,74}{0,77} \right)^2 = 281436 \quad (42.)$$

4. Доцільна середня товщина ламінарного приповерхневого шару:

$$\delta_{onm} = \sqrt[3]{\frac{\mu^2}{g(\rho_q - \rho_c)\rho_c}} = \sqrt[3]{\frac{0,00042^2}{9,8(1320 - 1165)1165}} = 0,046 \text{ мм} \quad (43.)$$

5. Доцільний діаметр подрібнення хрящів:

$$\frac{d_{onm}}{\delta_{onm}} = \sqrt[3]{Ar_{onm}} = 65,53, \quad d_{onm} = 0,046 \cdot 65,53 = 3 \text{ мм} \quad (44.)$$

6. Доцільна швидкість подачі розчинника в екстрактор:

$$V_{onm} = \frac{Re_{onm} \cdot \mu}{d_{onm} \cdot \rho_c} = \frac{810 \cdot 0,00042}{3 \cdot 10^{-3} \cdot 1165} = 0,097 \text{ м/с} \quad (45.)$$

7. Критерії Рейнольдса в точках К і В з графіку [84] кривої псевдозрідження:

$$Re_K = \frac{Ar_{onm}}{1400 + 5,22\sqrt{Ar_{onm}}} \frac{281436}{1400 + 5,22\sqrt{281436}} = 67,5$$

$$Re_B = \frac{Ar_{onm}}{18 + 0,575\sqrt{Ar_{onm}}} \frac{281436}{18 + 0,575\sqrt{281436}} = 871 \quad (3.2.48.)$$

Доцільне значення числа Рейнольдса по кривій псевдозрідження є більшим за доцільне значення числа Рейнольдса визначене вище ($871 \geq 810$), а це означає що ця ділянка знаходиться у стані псевдозрідження.

8. Визначимо оптимальну неоднорідність для максимальної інтенсивності процесу екстрагування хонсуриду за використання запропонованого розчину [35]:

$$\varepsilon_{onm} = \left(\frac{18Re_{onm} + 0,36Re_{onm}^2}{Ar_{onm}} \right)^{0,21} = \left(\frac{18 \cdot 810 + 0,36 \cdot 810^2}{281436} \right)^{0,21} = 0,976 \quad (47)$$

Як бачимо, з наведених вище розрахунків неоднорідність псевдозрідженого шару за застосування промислового і запропонованого розчинів майже не змінюється, отже споживана потужність у двох випадках майже однакова.

Порівняємо маси екстрактів, які виходять із подрібненої сировини за використання промислового і запропонованого екстрагентів із використанням запропонованих доцільних параметрів подрібнення сировини для промислового екстрагента та запропонованого за формулою [33]:

$$\frac{M_3}{M_6} = \frac{Re_3^{0,5} \cdot d_6^2}{Re_6^{0,5} \cdot d_3^2} \left(\frac{Re_3^{0,5}}{Re_6^{0,5}} \cdot 0,66 \right)^{0,66} = \frac{810^{0,5} \cdot 4,2^2}{410^{0,5} \cdot 3^2} \left(\frac{810}{410} \cdot 0,66 \right)^{0,66} \approx 3,2 \quad (48.)$$

де M_3 і M_6 маси екстракту, що виділяються з сировини за одиницю часу .

Відмінність проходження процесу в екстракторах із псевдозрідженим станом полягає у тому, що мішалку замінюють на насос 6 для подачі екстрагента. Подрібнену сировину розміщують на ситі 3, закріпленому в екстракторі, а розчин екстрагента подають під сито таким чином, що подрібнені частинки піддаються екстрагуванню в умовах псевдозрідженого стану (рис. 3.8). В режимі псевдозрідження частинки подрібнених хрящів, легенів та сім'яників перебувають у завислому стані, а тому доступ екстрагента до них є значно кращим, ніж за перемішування. Розглянемо ці процеси детальніше, врахувавши фізичні властивості сировини (хрящів, легенів, сім'яників) та екстрагента, які є вхідними параметрами для розрахунків, за якими визначаємо споживані потужності екстракторів з мішалкою та екстракторів із псевдозрідженим шаром, згідно з методик [37].

Таблиця 6

Порівняння споживаних потужностей

Способи екстрагування	Значення потужностей при екстрагуванні хонсуриду, Вт
Екстрактор з мішалкою	228

Екстрактор із псевдозрідженим шаром	85,9
-------------------------------------	------

Порівнявши споживану потужність за використання мішалки і потужність за проведення екстрагування хонсуриду у псевдозрідженому шарі

$$\frac{N_{Tm}}{N_{Tn}} = \frac{228}{85,9} = 2,65 \text{ рази, бачимо, що вони відрізняються на користь способу}$$

екстрагування у псевдозрідженому шарі.

3.7.1. Оптимізація середніх діаметрів подрібнення сировини. Промисловий спосіб виробництва хонсуриду передбачають широкий діапазон подрібнення сировини від $2 \cdot 10^{-3}$ до $7 \cdot 10^{-3}$ м. Зменшення середнього діаметра подрібненої сировини для виробництва органопрепаратів призводить до зростання загальної площі фактичного контакту твердої частинки та екстрагента, а це позитивно впливає на інтенсивність виходу екстракту, оскільки загальна площа фактичного контакту обернено пропорційна до величини середнього діаметра подрібненої сировини. З іншого боку, збільшення величини середнього діаметра подрібненої сировини сприяє зростанню чисел Рейнольдса, Архімеда і швидкості омивання екстрагентом поверхні кожної частинки. Цей факт сприяє інтенсифікації виходу цільового компонента в турбулізований екстрагент. У даному випадку оптимізація доцільних діаметрів проведена з метою досягнення максимальної інтенсивності проходження процесу екстрагування в апаратах, що працюють в умовах псевдозрідженого стану.

Визначимо доцільні параметри подрібнення хрящів трахеї та носа, забійних тварин для максимальної інтенсивності процесу екстрагування хонсуриду. Розрахунок проведено вище за методикою [12]. Вхідними параметрами є фізичні характеристики промислового та запропонованого нами розчинів з ПАР табл. (2,3).

Таблиця 7

Доцільні середні діаметри подрібнення сировини за використання різних екстрагентів

Параметри розрахунку	Промисловий екстрагент хонсуриду	Запропонований із ПАР хонсуриду
Re	410	810
Ar	82570	281436
δ , м	$9,7 \cdot 10^{-7}$	$4,6 \cdot 10^{-7}$
$d_{\text{опт}}$, м	$4 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$

Порівняємо параметри проведення процесу екстрагування хонсуриду у гравітаційному екстракторі

Таблиця 8

Екстрагування субстанції хонсуриду у гравітаційному екстракторі із використанням різних екстрагентів

Параметри процесу	Промисловий екстрагент хонсуриду	Екстрагент із ПАР хонсуриду
V_x , м/с	0,105	0,097
Re _к	28,4	67,5
Re _в	453	871
$\varepsilon_{\text{тід}}$	0,959	0,976

Доцільне максимальне значення числа Рейнольдса в критичній точці псевдозрідження є більшим за доцільне значення числа Рейнольдса в точці на початку (табл. 8.), а це означає, що ділянка проходження процесу знаходиться у стані псевдозрідження.

Як бачимо з наведених вище розрахунків, неоднорідність псевдозрідженого шару при застосуванні промислового і запропонованого розчинів майже не змінюється, отже споживана потужність апарата у двох випадках майже однакова.

Порівняємо маси екстрактів, які виходять із подрібненої сировини за використання промислового і запропонованого екстрагентів із використанням оптимізованих доцільних параметрів подрібнення сировини

для промислового екстрагента та запропонованого [52, 86, 97 99]. Розрахунок проведемо за формулою [88, 97]:

для хонсуриду:

$$\frac{M_{np}}{M_{зан}} = \frac{Re_{np}^{0,5} \cdot d_{np}^2}{Re_{зан}^{0,5} \cdot d_{зан}^{0,5}} \left(\frac{Re_{np}^{0,5}}{Re_{зан}^{0,5}} \cdot 0,66 \right)^{0,66} = \frac{810^{0,5} \cdot 4,2^2}{410^{0,5} \cdot 3^2} \left(\frac{810}{410} \cdot 0,66 \right)^{0,66} \approx 3,2$$

де M_3 і M_6 – маси екстракту, що виділяються з сировини за одиницю часу;

$Re_{пром}$ – число Рейнольдса із використанням промислового екстрагента,

$Re_{занпрон.}$ – число Рейнольдса із використанням екстрагента з ПАР;

$d_{пром}$ – доцільний діаметр подрібнення сировини для промислового екстрагента,

Кінетичні залежності у дослідженні процесу екстрагування субстанцій хонсуриду підтверджують збільшення маси виходу екстракту за використання доцільних середніх діаметрів подрібнення сировини від $3 \cdot 10^{-3}$ м до $3 \cdot 10^{-3}$ м.

При екстрагуванні хонсуриду збільшення виходу екстракту збільшується за проведення процесу з доцільним середнім діаметром подрібнення хрящів як з використанням промислового, так і запропонованого екстрагента (рис.3.9).

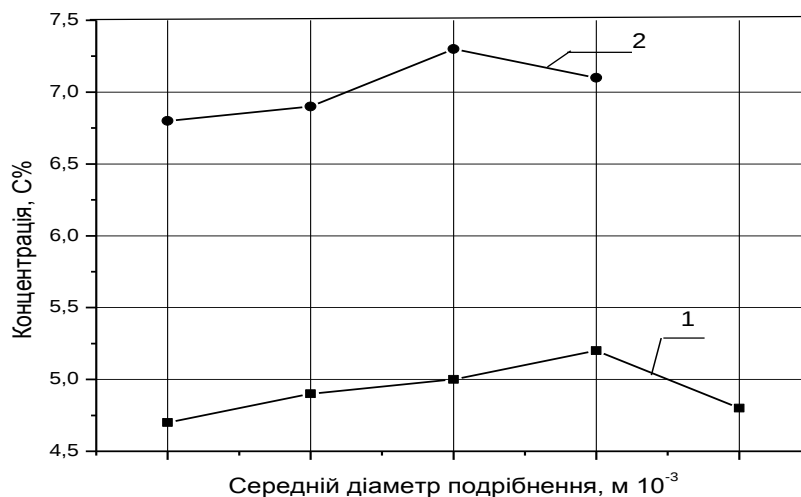


Рис.3.9. Зміна виходу екстракту залежно від діаметра подрібнення хряща: 1 – промисловий екстрагент, 2 – запропонований з ПАР

Отже, збільшення виходу екстракту зростає за проходження процесу з оптимізованими середніми діаметрами подрібнення

Порівнявши результати лабораторних випробувань кінетики екстрагування, а також теоретичні розрахункові дані, бачимо, що вони майже співпадають. Різниця у практичних і теоретичних результатах виходу екстракту є тому, що при теоретичних розрахунках не були враховані сили тертя, що виникають у процесі екстрагування між розчином і твердою частинкою сировини. Слід зауважити, що при дослідженні кінетики екстрагування хонсуриду у лабораторних умовах дослідження проводилися в апараті з мішалкою, а тому доступ екстрагента до частинок сировини не був достатнім. Для усунення цієї проблеми пропонується екстрагування хонсуриду у псевдозрідженому шарі.

**Зміна основних параметрів при екстрагуванні субстанцій
хонсуриду, промисловими і запропонованими способами**

Таблиця 9

Основні параметри	Промислові екстрагенти хонсурид	Запропоновані екстрагенти із додаванням ПАР, хонсуриду
Екстрактор з перемішуванням, δ , м	$7,2 \cdot 10^{-7}$	$1,1 \cdot 10^{-7}$
Потужність, затрачувана при перемішуванні, N, кВт	228	181
Гравітаційний екстрактор із псевдозрідженням шаром, N, Вт	85,9	55
Середній діаметр подрібнення, d, $\cdot 10^{-3}$ м	4	3
Поверхнєве число	2295	2164

3.9. Математична обробка експериментальних результатів проведених досліджень

Для промислового екстрагента хонсуриду на рисунку 3.25 наведено апроксимаційне залежність коефіцієнта поверхневого натягу від масової концентрації ПАР. З усіх наведених апроксимаційних залежностей експериментальні дані найкраще описує поліномна функція восьмого порядку, аналітичний вираз якої має такий вигляд:

$$y = -470,0051 - 2,1874 \cdot 10^3 x - 3,4071 \cdot 10^3 x^2 + 2,8053 \cdot 10^3 x^3 - 1,3518 \cdot 10^3 x^4 + 393,7770 x^5 - 68,1534 x^6 + 6,4398 x^7 - 0,2554 x^8$$

Це підтверджується тим, що крива 5 поліномної функції (рис.3.25) проходить через усі експериментальні точки. Для інших залежностей, а саме: лінійної, степеневі, експоненціальної, – спостерігаються певні відмінності. Криві, що описують ці залежності 2,3,4 (рис.3.10) проходять лише через декілька експериментальних точок, що свідчить про не найкращу їх кореляцію із вихідними експериментальними точками.

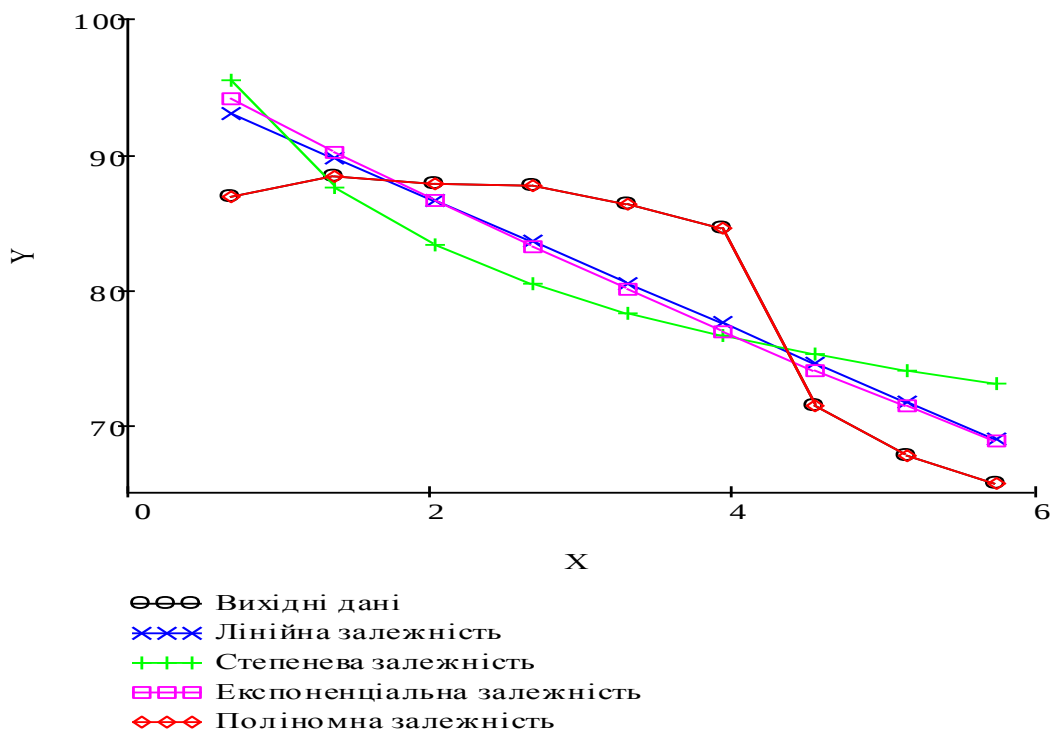


Рис. 3.10. Апроксимаційні залежності коефіцієнта поверхневого натягу від приведеної масової концентрації ПАР: 1 – вихідні дані; 2 – лінійна; 3 – степенева; 4 – експоненціальна; 5 – поліномна (8-го порядку)

Однією із характеристик сукупності даних результатів досліджень вважають дисперсію, яка характеризується відхиленнями теоретично розрахованої моделі від експериментальної. Порівнюючи розраховані значення дисперсії для залежностей 2 – 5, можна сказати, що поліномна функція найкраще описує залежність приведенного коефіцієнта поверхневого натягу від концентрації ПАР. Для поліномної функції маємо найменше значення дисперсії, яке складає $2,5083 \cdot 10^{-10}$, порівняно із лінійною, степеневою та експоненціальною, для яких дисперсія становить $5,0594 \cdot 10^{-10}$, $7,4198 \cdot 10^{-10}$ та $5,4282 \cdot 10^{-10}$ відповідно.

З одержаних значень коефіцієнтів кореляції у випадку чотирьох апроксимаційних залежностей (лінійної, степеневі, експоненціальної та поліномної), де $r_{xy, \hat{e} \hat{t}} = -1$, $r_{xy, \hat{n} \hat{d} \hat{t}} = -0,0455$, $r_{xy, \hat{d} \hat{e} \hat{n} \hat{t} \hat{t}} = -0,9990$, $r_{xy, \hat{t} \hat{t} \hat{e} \hat{t}} = -0,8675$ впливає, що у випадку лінійної залежності маємо обернений зв'язок, для степеневі та експоненційної залежностей коефіцієнт кореляції менший від нуля і близький до -1 , що свідчить про обернений зв'язок, а також, для поліномної залежності, значення коефіцієнта кореляції вказує на послаблений обернений зв'язок.

Для промислового екстрагента гепарину апроксимаційні залежності коефіцієнта поверхневого натягу від приведеної масової концентрації ПАР показані на рисунку 3.11. У цьому випадку експериментальні результати найкраще апроксимуються поліномом восьмого порядку, аналітичний вираз якого має вигляд:

$$y = -69,4063 + 1,2242 \cdot 10^3 x - 3,1070 \cdot 10^3 x^2 + 3,5999 \cdot 10^3 x^3 - 2,2162 \cdot 10^3 x^4 + 767,3983 x^5 - 149,8438 x^6 + 15,3953 x^7 - 0,6471 x^8.$$

Це підтверджується також найменшим значенням дисперсії для поліномної залежності, яке становить $4,2182 \cdot 10^{-10}$. Для цієї ж залежності, аналізуючи значення коефіцієнтів парної кореляції, можна стверджувати, що між величинами коефіцієнта поверхневого натягу і приведеної масової концентрації ПАР немає тісного зв'язку, тобто ці величини є незалежними.

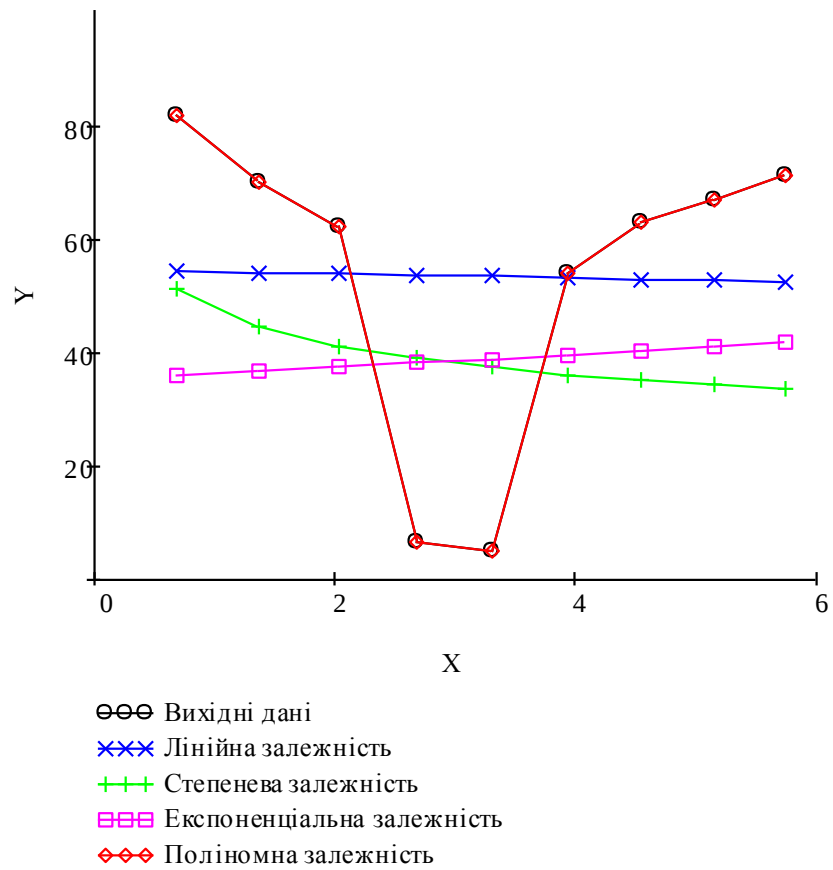


Рис.3.11. Апроксимаційні залежності коефіцієнта поверхневого натягу від масової концентрації ПАР (бутанолу): 1 – вихідні дані; 2 – лінійна; 3 – степенева; 4 – експоненціальна; 5 – поліномна (8-го порядку) апроксимація

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ХОНСУРИДУ ІЗ ПАР

У розділі 3 зазначалося, що екстрагування відповідної субстанції хонсуридує процесом повторюваним, отже, вимагає значних енергозатрат. Зменшення затрат на перемішування ми забезпечували проведенням процесу в апараті псевдозрідження, де потужність на створення псевдозрідження значно менша, що дозволяє робити висновок про рентабельність процесу.

4.1. Інженерна методика розрахунку процесів екстрагування хонсуриду

Екстрагування хонсуриду із використанням промислових та запропонованих розчинів із додаванням ПАР та за різних умов проведення процесу представимо у вигляді блок–схем, які визначають порядок розрахунку основних параметрів оптимізації процесів.

Вхідними значеннями при розрахунку доцільних параметрів оптимізації процесів є фізичні показники екстрагентів та сировини (хрящів трахеї і носа). Позитивну зміну таких показників забезпечимо додаванням до промислових екстрагенту хонсуриду ПАР, концентрація повинна бути такою, щоб коефіцієнти поверхневого натягу та динамічної в'язкості досягали мінімуму. Застосування екстрагентів із використанням ПАР повинно сприяти покращенню гідродинамічної ситуації, а саме: зростанню чисел Рейнольдса, Архімеда, а також зменшенню поверхневого числа, послабленню дифузійного опору системи і, як наслідок збільшенню виходу екстракту.

Середня товщина приповерхневого Л–шару є визначальним показником при теоретичних розрахунках процесу та різних умов оптимізації. Визначення такого показника можна представити у вигляді блок–схеми зображеної на рисунку 4.1.

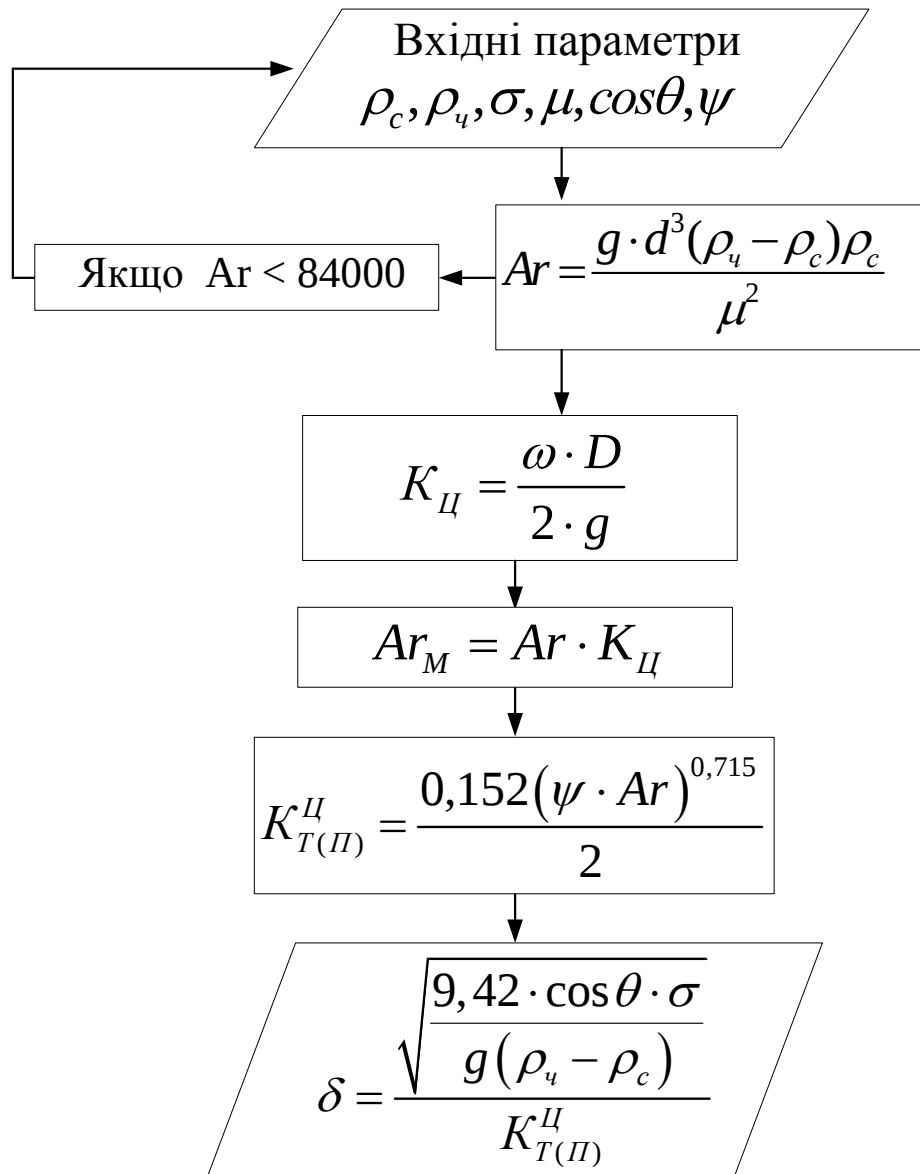


Рис. 4.1. Блок-схема визначення середньої товщини Л-шару

Для екстрагування органопрепаратів використовують апарат з мішалкою, таким чином процес відбувається безперервно і повторно.

Розрахунок витрат потужності на перемішування представлений у вигляді блок-схеми на рисунку 4.2.

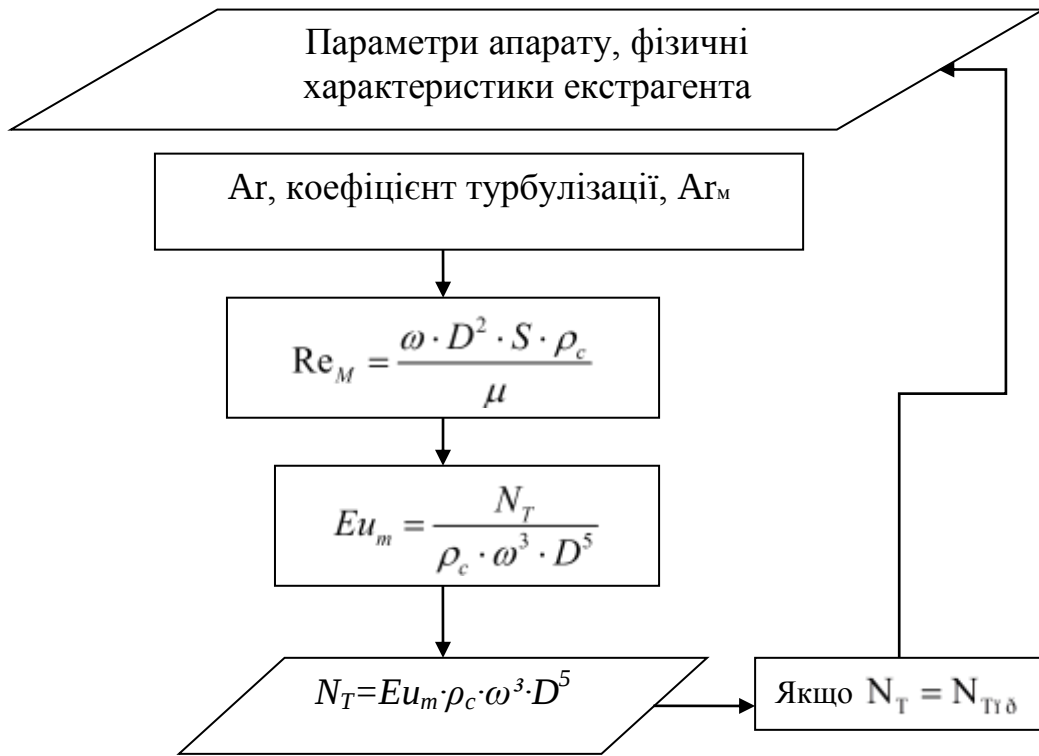


Рис. 4.2. Визначення потужності в екстракторах з мішалкою

При такому процесі екстрагування доступ екстрагента до частинок утруднений, сировина збивається, крім цього, перемішування є безперервним та повторним. Запропоновано проводити процес екстрагування органопрепаратів у псевдозрідженому шарі [51, 52, 53] (рис. 3.21), бо в режимі псевдозрідження частинки подрібненої сировини перебувають у зрідженому стані, тому фактична площа контакту між сировиною і екстрагентом більша, ніж за перемішування.

Загальна структура розрахунку споживаної потужності апарата псевдозрідження представлена у вигляді блок–схеми на рис. 4.3.

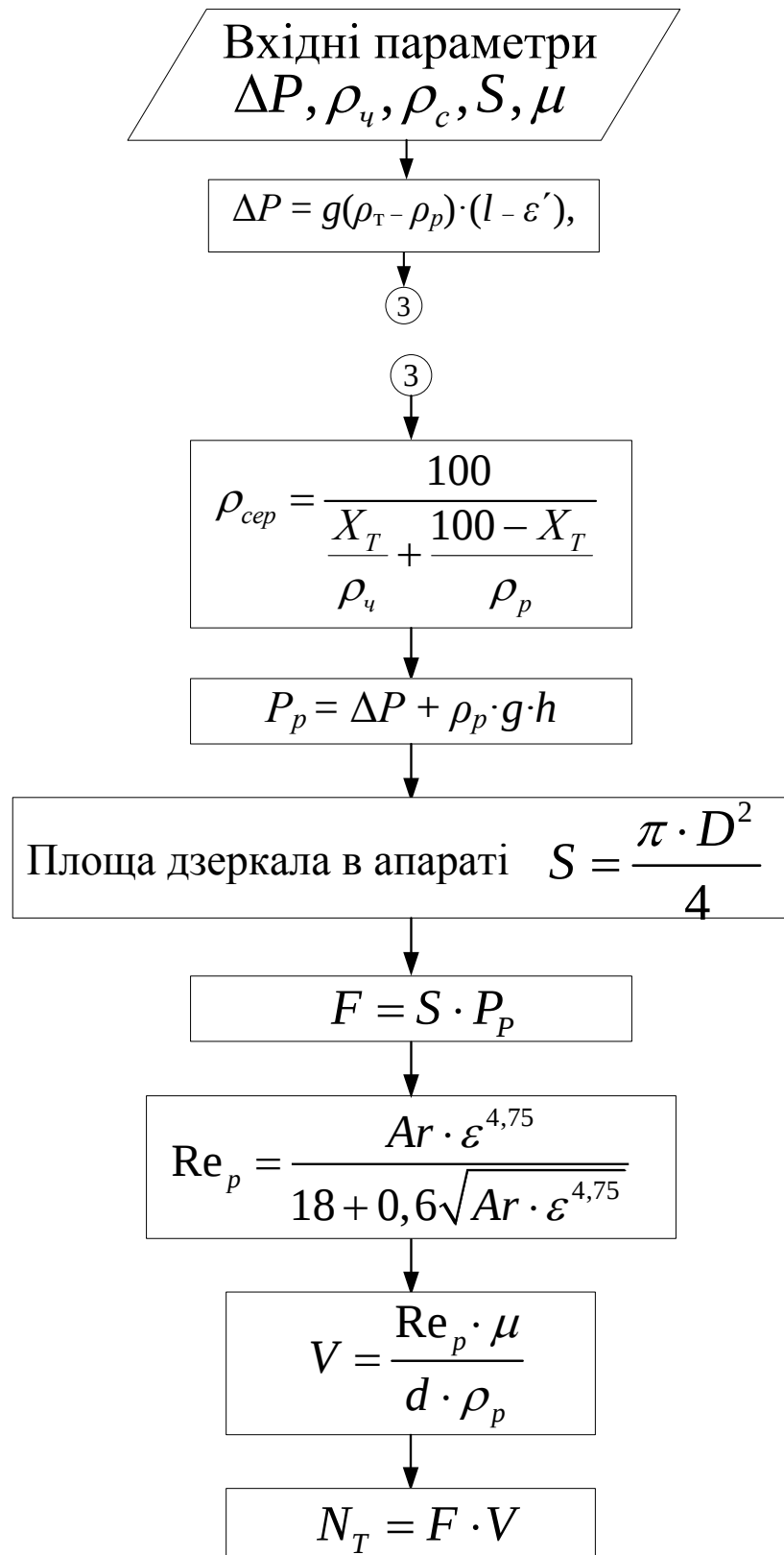


Рис. 4.3. Блок–схема розрахунку потужності екстрактора із псевдозрідженим шаром

Ефективність виходу екстракту з подрібненої сировини зростає за використання відцентрового екстрактора з псевдозрідженим шаром [53, 100].

Параметр оптимізації у даному випадку – кутова швидкість обертання мацераційного бака екстрактора.

Основним параметром оптимізації проведення процесу екстрагування субстанцій органопрепаратів у гравітаційних екстракторах із псевдозрідженим шаром є середній діаметр подрібнення сировини. Визначення середнього діаметра подрібнення тваринної сировини представлено у вигляді блок–схеми на рисунку 4.5.

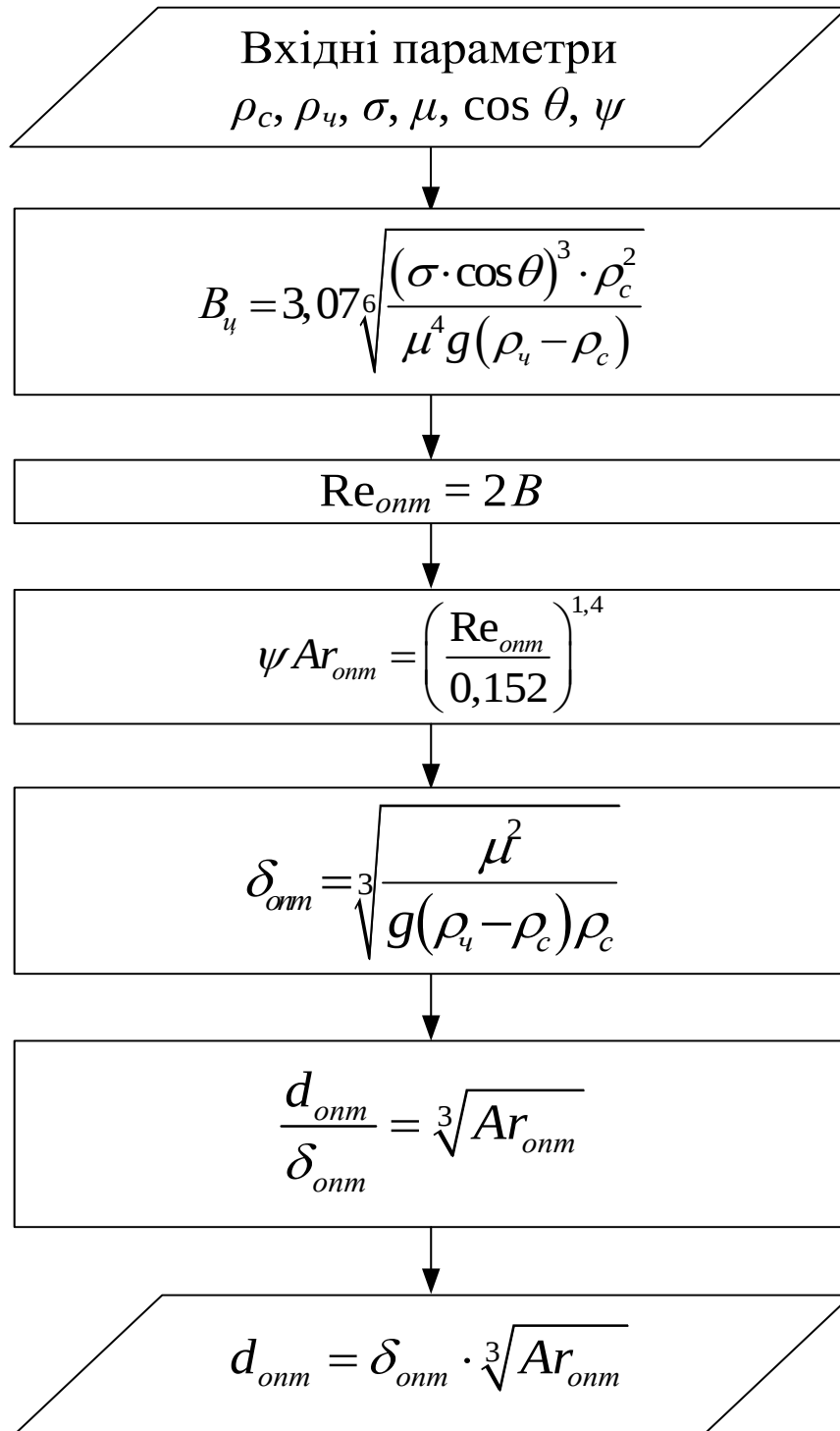


Рис. 4.5. Блок-схема оптимізації середнього діаметра подрібнення

Визначальним параметром, що характеризує інтенсифікацію процесу екстрагування, є поверхнєве число, яке можна визначити за представленою на рисунку 4.6. блок –схемою.

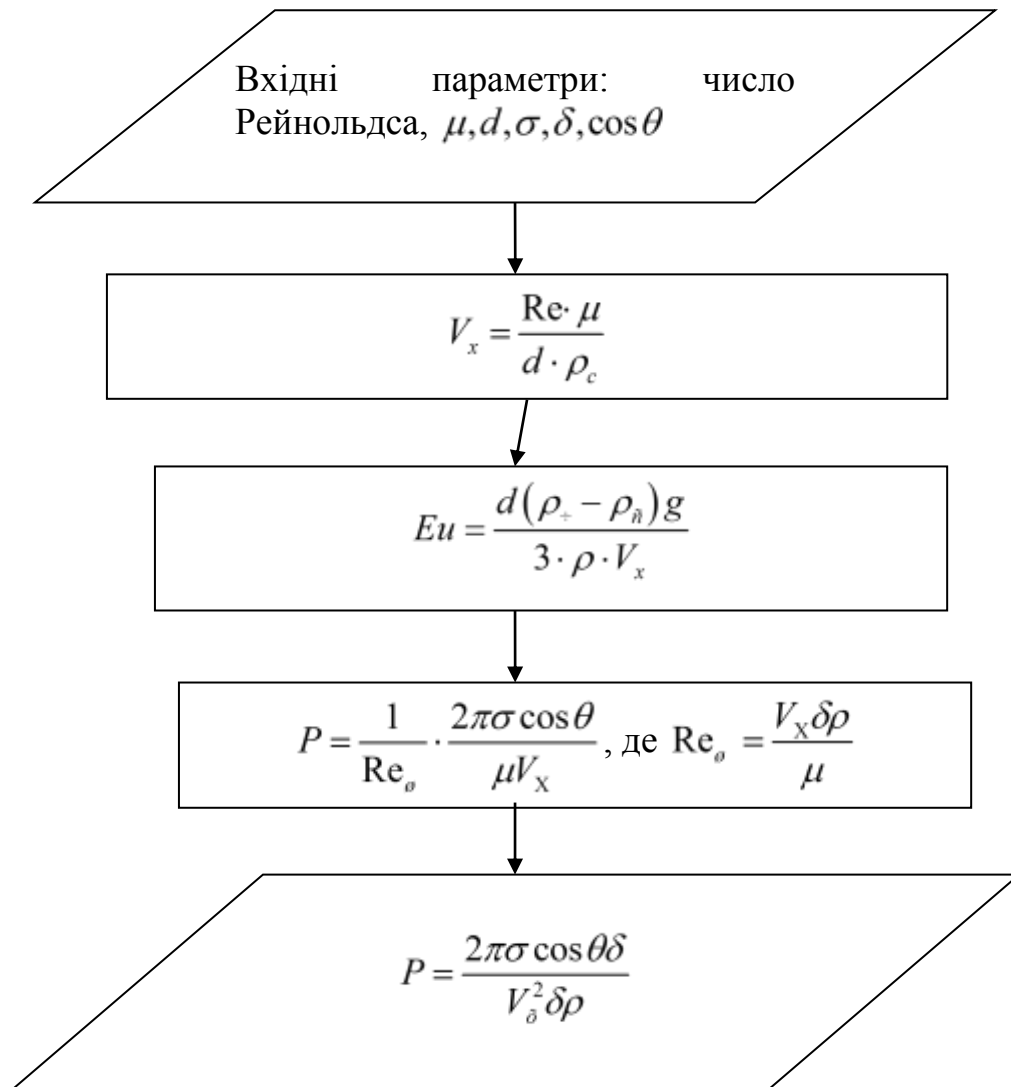


Рис. 4.6. Блок–схема визначення поверхневого числа

Енергоефективність процесу екстрагування органопрепаратів з вторинної сировини м'ясокомбінатів можна показати на прикладі порівняльного аналізу енергетичних затрат на технологічний процес з механічним перемішуванням та у псевдозрідженому шарі. У першому та другому випадках затрати енергії спрямовані відповідно на перемішування та створення умов псевдозрідження. Екстрагування за таких умов проводиться тому, що вони є достатньо ефективними при створенні турбулентних режимів. Екстрагування в апаратах із псевдозрідженим шаром не потребує

зміни конструктивних розмірів екстрактора. В апаратах із псевдозрідженим шаром мішалка замінена ситом й екстрагент подається з-під решітки під тиском. Порівняльна оцінка ефективності промислового та запропонованого способу може здійснюватися за блок-схемами, представленими на рисунках 4.2, 4.3, 4.5.

Вплив ПАР на зміну гідродинамічних умов системи «тверде тіло – рідина» (за екстрагування органопрепаратів) описано у розділі 3. Такі зміни є позитивними.

4.2. Оцінка економічної ефективності екстрагування хонсуриду розчином з ПАР

Екстрагування хонсуриду за технологічної схеми векстракторах з мішалками [6] вимагає витрат на перемішування, які обчислюють за блок-схемою 4.2, вхідними параметрами якої є гідродинамічні показники [53], що визначають режим потоку екстрагента.

$$N_T = 228 \text{ Вт}$$

Загальна енергія, яка витрачається на перемішування за екстрагування визначається від тривалості часу перемішування.

$$E = N \cdot \tau,$$

де $\tau = 15$ год. – тривалість перемішування при екстрагуванні хонсуриду.

Ціна 1 кВт для підприємств – 2,685 грн.

У грошовому еквіваленті: вартість енергії, яка затрачається на перемішування при першому екстрагуванні хонсуриду.

$B_1 = E \cdot 0,685 = 3420 \cdot 0,685 = 2342,7$ грн. Оскільки технологічна схема передбачає повторний процес екстрагування за перемішування, то загальна вартість енергії, яка витрачається на екстрагування субстанції хонсуриду за один цикл:

$$B = 2 \cdot B_1 = 2342,7 \cdot 2 = 4685,4 \text{ грн.}$$

За один рік роботи підприємства проходить 130 циклів екстрагування субстанції хонсуриду.

Затрати на перемішування при екстрагуванні $B_n = 60910$ грн.

При проведенні циклу екстрагування субстанції хонсуриду в апаратах із псевдозрідженням і застосуванням запропонованого розчину з ПАР та доцільного діаметра подрібнення споживана потужність на створення псевдозрідження розчину обчислена за блок–схемою, представленою на рисунку 4.3, вхідними параметрами, якої є: фізичні показники екстрагента та сировини.

$$N_{T(3)} = 55 \text{ Вт.}$$

Загальна енергія, яка витрачається екстрагування в апараті визначається від тривалості часу проведення процесу.

$$E = N \cdot \tau = 825 \text{ Вт.}$$

Вартість енергії, яка затрачається на перший цикл екстрагування:

$$B_1 = E \cdot 0,685 = 825 \cdot 0,685 = 565,12 \text{ грн.}$$

За повного циклу екстрагування:

$$B_3 = B_1 + B_2 = 565,12 \cdot 2 = 1130,25 \text{ грн.}$$

Затрати на проведення екстрагування в апаратах із псевдозрідженням шаром та екстрагентом з додаванням ПАР за один рік становлять $B_3 = 14693$ грн.

Порівнявши затрати на перемішування з промисловим розчином екстрагента і затрати на екстрагування в апаратах з псевдозрідженням шаром та запропонованими екстрагентами з ПАР отримаємо:

$B_{заг} = B_n - B_3 = 60911 - 14693 = 46218$ грн. – економії затрат підприємства на екстрагуванні субстанції хонсуриду.

Необхідно зауважити, що ціна 1 л ПАР – бутанолу, що входить у склад запропонованого розчину екстрагента становить приблизно 8 грн. Кількість бутанолу, що додається у промисловий екстрагент є мінімальною – 0,05–0,06 мас.%, тому суттєвого впливу на ціну екстрагента вона мати не буде і таким показником можна знехтувати.

За технологічною схемою на виробництво 1 кг хонсуриду необхідно 50 кг хрящів трахеї і носів забійних тварин (сировини). При екстрагуванні субстанції хонсуриду запропонованим нами способом, за використання

екстрагента із ПАР – бутанолу та проведення процесу в екстракторі із псевдозрідженим шаром, згідно з розрахунками за блок – схемою, на рисунку 4.5 отримано майже у півтора рази більше екстракту, при цьому зменшені витрати на електроенергію, завдяки заміні перемішування на створення псевдозрідженого шару майже у 4 рази.

На рисунку 4.7 показано, що при затраті енергії 3427 Вт на один процес екстрагування (екстрагування субстанції хонсуриду є повторним, отже затрати збільшено вдвоє) отримуємо 1 кг хонсуриду. Запропонований нами спосіб екстрагування у псевдозрідженому шарі із застосуванням екстрагента із ПАР - бутанолу забезпечує зменшення енерговитрат до 825 Вт та збільшення виходу хонсуриду до 1,5 кг за однакових масових витрат сировини. Такі показники збільшують рентабельність виробництва та покращують його економічну ефективність.

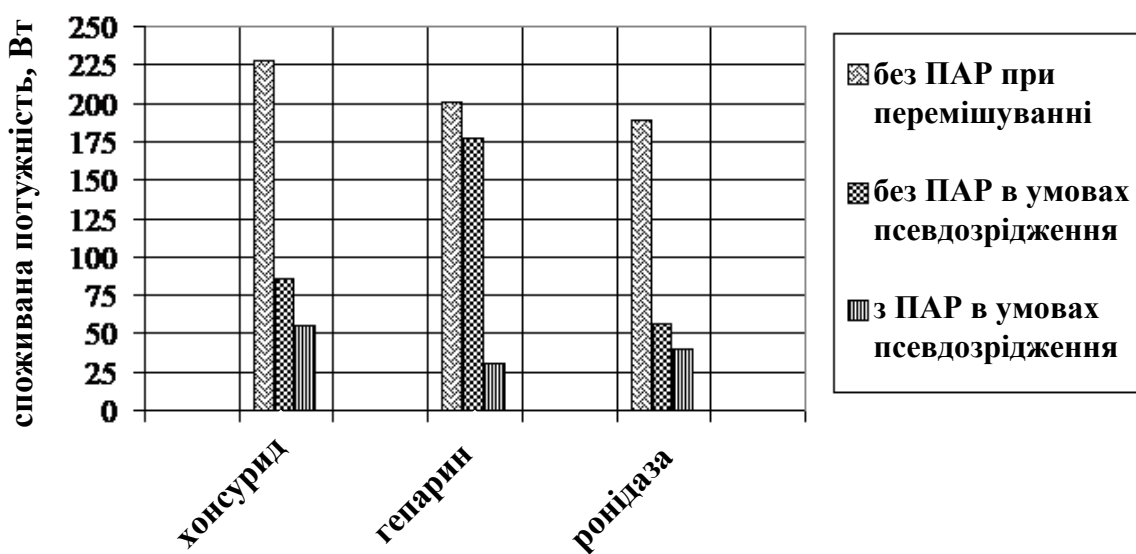


Рис. 4.7. Зміна виходу маси екстрактів субстанцій органопрепаратів за екстрагування промисловим та запропонованим способами

Екстрагування субстанції хонсуриду із застосуванням запропонованого екстрагента з додаванням ПАР (25% ного розчину KCl в 1% - ному розчині K_2CO_3 і додано 0,05мас% бутанолу) у псевдозрідженому стані дозволяє економити кошти на енерговитрати. За рік економія таких затрат у грошовому еквіваленті становить 46218 грн.

РОЗДІЛ 5. ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Дослідження проведені у роботі підтверджують доцільність використання у розчині екстрагента хонсуриду спитру бутанолу. Проведені нами розрахунки основних фізико-хімічних показників у технології хонсуриду та теоретичних розрахунків масо обмінної апаратури дозволяють запропонувати сучасну енергоефективну технологію:

1. Обробка сировини. Попереднє очищення хрящів, заморожування і подрібнення через решітку діаметр отворів якої 3 мм.
2. Екстрагування. Подрібнений хрящ екстрагують 1%-ним вуглекислим калієм в 25%-ному розчині хлористого калію, з розрахунку одна частина фаршу і чотири частини вказаного екстрагенту. Екстрагування проводять в емальованому екстракторі з механічною мішалкою(або у екстракторі із псевдо зрідженим шаром) протягом 12-15 год. (РН 10) та додають 0,05мас% 08% спирту бутанолу.
Відстояний екстракт фільтрують через чотири шари марлі. Залишок екстрагують повторно аналогічно до першої екстракції.
3. Звільнення від баластних речовин.
4. Діаліз.
5. Звільнення діалізату від баластних речовин.
6. Випарювання.
7. Осадження хондроїтинсульфату (хонсуриду).
8. Розчинення хондроїтинсульфату і стерилізуюча фільтрація.
9. Стерильний розлив і сушка.

ВИСНОВКИ

1. Швидкість процесу екстрагування в системі «тверде тіло–рідина» залежить від внутрішньодифузійного перенесення, а також від безпосереднього перенесення екстракту через приповерхневий ламінарний шар у рухомий потік екстрагента.

2. Екстрагування субстанцій хонсуриду доцільно проводити за умов зменшення дії приповерхневих сил у системі «тверде тіло–рідина» які описуються поверхневим числом.

3. Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено, що до розчину екстрагента хонсуриду ПАР є 0,05 - 0,06 мас.% бутанолу,

4. Доведено, що додавання ПАР впливає на зміну фізичних показників розчинів і, як наслідок, середню товщину приповерхневого шару та поверхнєве число та на зміну чисел, що описують режимні процеси (Рейнольдса, Архімеда).

9. Дослідження кінетики екстрагування хонсуриду підтверджують про збільшення концентрації цільового компоненту при застосуванні запропонованого розчину із додаванням вибраної концентрацій ПАР.

10. На основі оптичної спектроскопії доказано правильність вибору ПАР до промислового розчину екстрагента хонсуриду.

11. Розрахунковим способом показана доцільність екстрагування групи хонсуриду в апараті із псевдозрідженим шаром, і зменшення витрат на споживану потужність при виробництві хонсуриду в 1.6 раза із середнім діаметром подрібнення хрящів – до 3мм.

12. Екстрагування субстанції хонсуриду із застосуванням запропонованого екстрагента з додаванням ПАР (25% KCl в 1% K₂CO₃ і додано 0,05 мас% бутанолу) у псевдозрідженому стані дозволяє економити кошти на енерговитрати. За рік економія таких затрат у грошовому еквіваленті становить 46218 грн.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сидоров Ю.І., Губицька І.І., Конечна Р.Т., Новіков В.П. Екстракція рослинної сировини. Львів НУ «Львівська політехніка». 2008 . 334 с.
2. Silvia, LC. Isolation and purification of chondroitin sulfate/[Text] LC. Silvia // Pharmacol.–2006.– P. 21–31/
3. Matsui, F. Isolation, purification, and analysis of chondroitin sulfate proteoglycans. / [Text] F. Matsui, A. Oohira // Pharmacol.–2006.– P. 3–20.
4. Пешук Л.В, Носенко Т.Т. Біохімія та технологія оліє жирової сировини. Київ. 2011. 295 с.
5. Ваврисевич Я.С., Коваль Г.М., Михайлицька О.Р., Драчук У.Р. Цукри Цукрозамінники. Підсолоджувачі. Львів 2021р. 191 с.
6. Харчова хімія. Полісахариди [Текст] : навч. посіб. / Н. К. Черно, Н. О. Денісюк, С. О. Озоліна [та ін.] - Одеса : Освіта України, 2014. - 222 с. : табл., рис. - Бібліогр.: с. 218-221. - ISBN 978-617-711-78-7
7. Гуров, В.А. Іноземцева., А.В. Земіховський Довідник з виробництва органопрепаратів. 1970. – 209 с.
8. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л, Процеси та апарати хімічної технології [Текст]/ Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, А. П. ГОТЛІНСЬКА, В. О. ЛЕЩЕНКО, І. О. НЕЧИПОРЕНКО, І. С. ЧЕРНИШОВ. – Х.: Харків. НТУ «ХПІ», 2007. – 613 с.
9. Малезик, І.Ф. П.С. Циганков. Процеси і апарати харчових виробництв. К: НУХТ. 2003 298с.
10. Аксельруд, Г.А. Теорія дифузійного вилучення речовин із пористих тіл Львів, 1959. 234 с.
11. Гумницький, Я.М. Сеньків В.М. Вплив умов періодичного вакуумування системи на екстрагування з твердої фази Наукові праці ОНАХТ. 2006. Вип. №28. т.2. С.284-285.
12. Білонога, Ю.Л. Білонога Д.М. Оптимальні параметри подрібнення сировини при виробництві інсуліну з використанням псевдозрідженого Науковий вісник ЛДАВМ імені С.З.Гжицького. 2003. т.5(№2), Ч.-1. С.115–118.

13. Білонога, Ю.Л., Варивода Ю.Ю., Драчук У.Р. Екстрагування гепарину із використанням псевдозрідженого шару у гравітаційному екстракторі та оптимізація параметрів подрібнення сировини Науковий вісник ЛНУВМ та БТ імені С.З. Гжицького. 2009. Т.11. №2 (41). Час. 5. С. 10-14.
14. Білонога, Ю.Л. Драчук У.Р. Шляхи енергозбереження із використанням поверхнево-активних речовин (ПАР) при екстрагуванні гепарину у псевдозрідженому стані. Щоквартальний наук.-прак. журнал «Інтегровані технології та енергозбереження», 2009. №2. С. 8 – 13.
15. Бурдо, О.Г. Ряшко Г.М. Інтенсифікація масопереносу у виробництві розчинної кави Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. ХДУХТ – 2005. – Харків. Вип.2 – С. 20 -24.
16. Литвин, Б.Л. Шийчук О.В.—. Хімія і технологія поверхнево – активних речовин Ів. – Франківськ: Плай. 2000. 98. с.
17. ПАТ. на корисну модель 55103 А Україна, МПК 7A61K38/00, C07K/00. Спосіб інтенсифікації екстракції інсуліну з підшлункової залози забійних тварин / Р.Й. Кравців, Ю.Л. Білонога, Л.В. Занічковська; власник Львів. націон. універ. ветеринарної мед. та біотехнологій ім. С.З. Гжицького - № 2002075345; заявл. 01.07.02; опубл. 17.03.03, Бюл.№3.
18. Білонога, Ю.Л. Про доцільність розгляду гідромеханічних процесів з урахуванням сили приповерхневого натягу на границі контакту тверде тіло-рідинаІнтегровані технології та енергозбереження. 2006. №2. – С.56 – 64.
19. Кук, Т. Процессы и аппараты молочной промышленности [Текст] / Т. Кук. М.: Пищевая промышленность. – 1973. –766 с.
20. Чекман, І.С. Нанонаука, нанотехнології, нанофармакологія: історичний аспект Препарати і технології. 2009.№2(58) С.48 –51.
21. Кучерук, І.М. , Горбачук І.Т. Загальний курс фізики. Оптика. Квантова фізика. К.: Техніка. – 1999. – 520с.

22. Паска М., Драчук У., Галух Б. Басараб І. Вплив поверхнево-активних речовин на інтенсифікацію екстрагування при зміні гідродинамічних показників технології органопрепаратів. 2016. Т.6. № 6(84). С 4-13.
23. В Halukh, U Drachuk, I Simonova, I Basarab, I Romashko [Expanding the range of sausage products of special purpose](#) Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies 2020/10/ Том 22 Номер94С37-44.
24. ЮЛ Білонога, УР Драчук [Вплив гідродинамічних показників розчинів на інтенсивність екстрагування органопрепаратів](#) Наукові праці. Одеської національної академії харчових технологій 2010. № 37. С 69-73.