

УДК 637.2

№ держреєстрації 0116U002729

Інв. №

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

72312, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр-т. Б. Хмельницького, 18
тел. (0619) 42-13-06

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Проректор з НР д.т.н., проф.

_____ В.Т.Надикто

„____” _____ 2018 р.

ЗВІТ
про науково-дослідну роботу
(проміжний)

Розробка технологій і технічних засобів для переробки і зберігання
сільськогосподарської продукції та процесів і обладнання харчових
виробництв

Директор НДІ
д.т.н., проф.

В.Т. Надикто

Керівник НДР
к.т.н., доц.

К.О. Самойчук

Мелітополь
2018

Список виконавців

1	д.т.н., професор	Ялпачик В.Ф.
2	к.т.н., доц.	Загорко Н.П.
3	к.т.н., доц.	Стручасєв М.І.
4	к.т.н., ст. викл.	Тарасенко В.Г. (розділ 1.1)
5	к.т.н., доц.	Ломейко О.П. (розділ 1.2)
6	к.т.н., доц.	Самойчук К.О.
7	аспірант	Левченко Л.В.
8	к.т.н., ст. викл.	Паляничка Н.О. (розділ 2.1)
9	асистент	Ковальов О.О. (розділ 2.2)
10	асистент	В'юнік О.В. (розділ 2.3)
11	к.т.н., професор	Кюрчев С.В.
12	к.т.н., ст. викл.	Верхоланцева В.О. (розділ 3.1)
13	к.т.н., ст. викл.	Янаков В.П. (розділ 3.2)

ЗМІСТ

Тема 1 Розробка технологій обробки холодом плодів та овочів при зберіганні	4
Розділ 1.1 Теоретичне та експериментальне дослідження процесу виробництва аерованих заморожених продуктів	4
1. Методика досліджень	5
2. Теоретичне та експериментальне дослідження процесу виробництва аерованих заморожених продуктів	6
3. Обробка, аналіз одержаних результатів	8
Розділ 1.2 Обґрунтування параметрів і режимів вакуумного охолодження плодів черешні та їх короткотривалого зберігання	12
1. Методика досліджень	12
2. Експериментальні випробування вакуумного способу охолодження плодів черешні та короткотривалого їх зберігання	14
3. Обробка, аналіз одержаних результатів та оформлення звіту	15
Тема 2 Підвищення ефективності процесів та обладнання для диспергування та гомогенізації харчових емульсій і змішування рідких компонентів	19
Розділ 2.1 Обґрунтування параметрів процесу гомогенізації молока в поршньових пульсаційних гомогенізаторах в умовах багатократної обробки	19
1. Аналітичне визначення впливу подачі емульсії та кратності обробки на параметри пульсаційної гомогенізації	20
2. Методи експериментальних досліджень, об'єкт дослідження, спосіб визначення дисперсних показників молочної емульсії та конструкція експериментальної установки для гомогенізації молока в ППГ	24
3. Експериментальні дослідження залежності дисперсності жирової фази молока та кратності її обробки	25
Розділ 2.2 Підвищення ефективності струминної гомогенізації молока з роздільним подаванням жирової фази	30
1. Методика досліджень	31
2. Аналітичне та експериментальне дослідження диспергування молока в струминному гомогенізаторі (СГ) молока з роздільною подачею вершків	31
3. Обробка, аналіз одержаних результатів та оформлення звіту	35
Розділ 2.3. Оптимізація параметрів струминного змішування напоїв	41
1. Методика досліджень	43
2. Експериментальне дослідження струминного змішування напоїв	45
3. Обробка, аналіз одержаних результатів	47
Тема 3 Вдосконалення процесів та обладнання для переробки і зберігання зерна, переробки відходів та вторинних продуктів сільськогосподарського виробництва	50
Розділ 3.1 Обґрунтування параметрів процесу сушіння рослинницької продукції із застосуванням віброконвеєрної інфрачервоної сушарки	50
1. Вібротехнології у процесах зберігання сільськогосподарської продукції	51
2. Перспектива розвитку конвеєрних вібраційних сушарок	52
3. Процес інфрачервоного сушіння зернової продукції з віброхвильовим конвеєром	54
Розділ 3.2 Наукові і організаційні основи дослідження енергетичного впливу тістомісильних машин	60
1. Визначення напрямку теми наукового пошуку	61
2. Аналіз сучасних тенденцій розвитку інтенсифікації тістоприготування	62
3. Обґрунтування перспективи наукових вишукувань	63

Тема 1 Розробка технологій обробки холодом плодів та овочів при зберіганні

Розділ 1.1 Теоретичне та експериментальне дослідження процесу виробництва аерованих заморожених продуктів

РЕФЕРАТ

Об'єктом дослідження є процес виробництва заморожених продуктів.

Предмет дослідження - технологічні, конструктивні параметри обладнання для заморожування та закономірності зміни біохімічних, теплофізичних і фізико-механічних параметрів плодових соків за час зберігання.

Метою проведених досліджень є аналіз процесу виробництва аерованих заморожених продуктів та способу консервування з використанням швидкого заморожування і тривалого низькотемпературного зберігання фруктових, овочевих та плодоовочевих соків з м'якоттю та наповнювачами.

Для досягнення заданої мети вирішувались наступні задачі:

- удосконалення способу консервування з використанням швидкого заморожування соків, в якому розширюється корисна біологічна цінність та покращується якість;

- удосконалення пристрою виробництва аерованих заморожених продуктів.

Запропоновано пристрій виробництва аерованих заморожених продуктів дозволяє отримати аеровані заморожені продукти з фруктових, овочевих та плодоовочевих соків з м'якоттю та наповнювачами, які мають поліпшену структуру і чудові смакові характеристики, з приємним ефектом повітряних бульбашек, та придатні для безпосереднього вживання.

ВИРОБНИЦТВО АЕРОВАНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ ПРОДУКТІВ, ТРИВАЛЕ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНЕ ЗБЕРІГАННЯ, МЕЛІТОПОЛЬСЬКИЙ ЧЕРЕШНЕВИЙ ЗАМОРОЖЕНИЙ ФАСОВАНИЙ СІК, ЯБЛУЧНИЙ СІК З ВОЛОСЬКИМИ ГОРІХАМИ. МЕЛІТОПОЛЬСЬКИЙ МОРКВ'ЯНО-ГАРБУЗОВИЙ З ГРУШЕЮ ТА ЦУКАТАМИ

ВСТУП

В даний час активно проводяться дослідження і розробки нових напрямків у виробництві заморожених продуктів, що відповідають сучасному рівню розвитку харчової промисловості. Одне з них, це створення технології аерованих, або так званих піноподібних продуктів. Ефективним способом консервування продукції, є заморожування з подальшим зберіганням в замороженому вигляді. Цей спосіб консервування дозволяє максимально зберігати харчову цінність продукції, підвищеною готовністю для її вживання.

Після масового використання хімічних добавок, таких як: ароматизатори, емульгатори, підсолоджувачі, наповнювачі, підсилювачі смаку і таке інше, популярність морозива різко впала. В даний час спостерігається інтерес до заморожених, а в наш час і до аерованих, соків - це в основному традиційні соки: виноградний, яблучний, купажований полуничний. При звичайному консервуванні соку його розфасовують в консервну тару і стерилізують. Недоліками цього способу є, те, що високі температури негативно позначаються на вмісті біологічно активних речовин в готовій продукції. Крім того знищується мікрофлора, пригнічується дія ферментів, це забезпечує тривале зберігання, але різко знижує біологічну цінність соку.

Промисловість випускає обладнання для отримання заморожених кондитерських продуктів, яке включає контейнер для рідкої суміші з системою дозування, контейнер для дозування сухих включень, форми, для заповнення під тиском замороженим виробом. Недоліком цього обладнання є великі витрати енергії при вакуумуванні форм, а потім при заповненні форм замороженим виробом під тиском, що ускладнює конструкцію, не дозволяє підвищити коефіцієнт корисної дії.

Програма досліджень на 2018 р.

1. Методика досліджень.
2. Теоретичне та експериментальне дослідження процесу виробництва аерованих заморожених продуктів.
3. Обробка, аналіз одержаних результатів.

1. Методика досліджень

Дослідження проводилися в 2018 році на базі кафедри ОПХВ імені професора Ф.Ю. Ялпачика Таврійського державного агротехнологічного університету.

Метою роботи є експериментальне підтвердження положень, викладених в попередніх працях та створення передумов до подальших досліджень по розробці та впровадженню способу консервування з використанням швидкого заморожування і тривалого низькотемпературного

зберігання фруктових, овочевих та плодоовочевих соків з м'якоттю та наповнювачами та пристрою для виробництва аерованих заморожених продуктів.

В якості найближчого аналогу вибраний відомий пристрій для отримання заморожених кондитерських продуктів, який включає контейнер для рідкої суміші з системою дозування, контейнер для дозування сухих включень, форми, для заповнення під тиском замороженим виробом.

Недоліком цього пристрою - складна конструкція пристрою і низький коефіцієнт корисної дії.

З метою удосконалення конструкції пристрою виробництва аерованих заморожених продуктів, пропонується спростити конструкцію що дозволить усунути витрати енергії при вакуумуванні форм, підвищити коефіцієнт корисної дії, знизити витрати матеріалу, отримати аеровану структуру продукту.

Таким чином, пристрій виробництва аерованих заморожених продуктів, який включає теплоізолюваний корпус, контейнер для рідкої суміші з системою дозування, контейнер для дозування сухих добавок, форми для заповнення виробом, в систему виробництва аерованих заморожених продуктів введений швидкоморозильний пристрій, як такий використано випаровувач холодильної машини, контейнер для рідкої суміші з системою дозування та з патрубком подачі повітря, а контейнер для дозування сухих добавок містить засоби подачі продукту і гранульованого двоокису вуглецю.

Застосування пристрою виробництва аерованих заморожених продуктів запропонованої конструкції завдяки заповненню форм виробом під атмосферним тиском дозволяє усунути витрати енергії на вакуумування, спростити конструкцію, підвищити коефіцієнт корисної дії, знизити витрати матеріалу, використання контейнера для рідкої суміші з системою дозування та з патрубком подачі повітря - отримати аеровану структуру продукту при здійсненні первинного заморожування за рахунок поглинання теплоти від продуктів при сублімації двоокису вуглецю та затисканні повітря в товщі продукту у вигляді бульбашок.

2. Теоретичне та експериментальне дослідження процесу виробництва аерованих заморожених продуктів

Запропонований нами пристрій виробництва аерованих заморожених продуктів дозволяє отримати аеровані заморожені продукти з фруктових, овочевих та плодоовочевих соків з м'якоттю та наповнювачами, які мають поліпшену структуру і чудові смакові характеристики, з приємним ефектом повітряних бульбашек, та придатні для безпосереднього вживання.

Для виробництва аерованих заморожених продуктів, нами запропонований пристрій, де шляхом введення в систему нових конструктивних елементів, які дозволять усунути витрати енергії при

вакуумуванні форм, спростити конструкцію, підвищити коефіцієнт корисної дії, знизити витрати матеріалу, отримати аеровану структуру продукту.

Функціональна схема пристрою виробництва аерованих заморожених продуктів показана на рис.1.

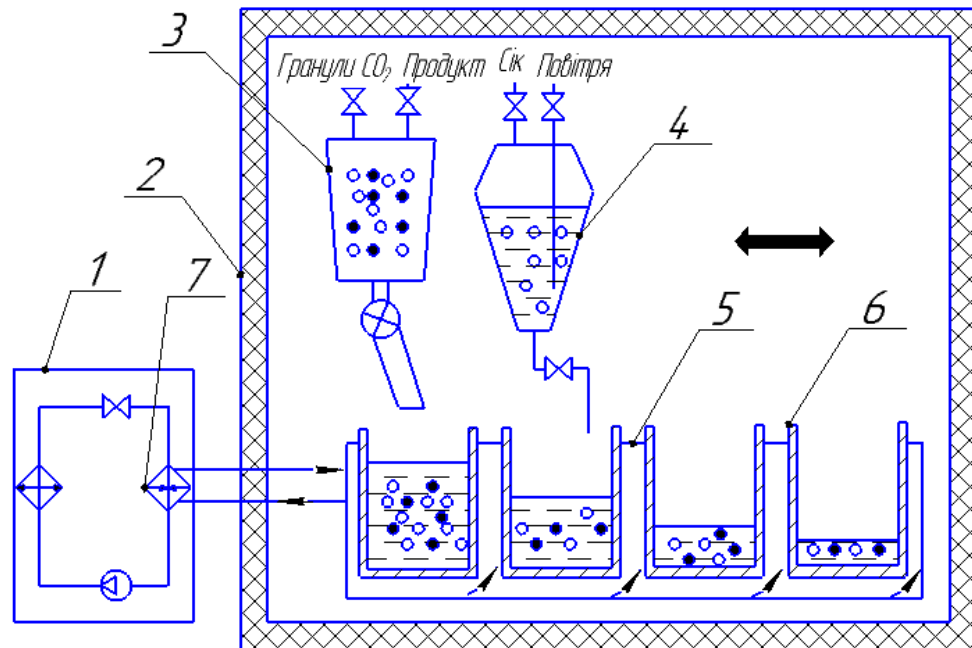


Рис. 1. Функціональна схема пристрою виробництва аерованих заморожених продуктів: 1 - холодильна машина, 2 - теплоізолюваний корпус, 3 - контейнер для дозування сухих добавок, який містить засоби подачі продукту і гранульованого двоокису вуглецю, 4 - контейнер для рідкої суміші з системою дозування та з патрубком подачі повітря, 5 - швидкоморозильний пристрій, 7 - випаровувач холодильної машини, 6 - форми для заповнення виробом.

Пристрій працює таким чином: в теплоізолюваному корпусі 2, з контейнера 3 сухі добавки і гранульований двоокис вуглецю, дозовано подаються до форм 6 для заповнення виробом. З контейнера 4 також подається аерована рідка суміш, при цьому в формах 6 здійснюється первинне заморожування за рахунок поглинання теплоти від продуктів при сублімації двоокису вуглецю, повітря затискається в товщі продукту у вигляді бульбашок, подальше заморожування продукту відбувається за рахунок дії швидкоморозильного пристрою 5 в якості якого використано випаровувач 7 холодильної машини 1. Далі цикл повторюється.

Для перевірки придатності пристрою нами запропоновано декілька продуктів: «Мелітопольський черешневий заморожений аерований фасований сік, класичний», «Яблучний сік з волоськими горіхами», «Сливовий сік з вином «Бесараб» та родзинками», «Моркв'яно-гарбузовий з грушею та цукатами», «Кукурдзяний сік з перцем».

3. Обробка, аналіз одержаних результатів

Приготування цих заморожених аерованих фасованих соків включає підбір, миття, сортування, очищення, подрібнення сировини, отримання соку, купажування, гомогенізацію, аерування фасування, додавання наповнювачів, заморожування до досягнення температури в центрі продукту мінус $20 \pm 2^\circ\text{C}$, тривале зберігання при тій же температурі. Наприклад яблучний сік отримують з усього плоду з видаленням насіння і очищенням шкірки, далі в теплоізолюваному корпусі в контейнері 4 його аерують стисненим повітрям та купажують сиропом варення з зелених волоських горіхів, цукром буряковим, кислотою лимонною, далі з контейнера 3 сухі добавки, а саме, подрібнені ядра волоських горіхів воскової стиглості і гранульований двоокис вуглецю, дозовано подаються до форм 6 для заповнення виробом, при цьому в формах 6 здійснюється первинне заморожування за рахунок поглинання теплоти від продуктів при сублімації двоокису вуглецю, повітря затискається в товщі продукту у вигляді бульбашок, подальше заморожування продукту відбувається за рахунок дії швидкокоморозильного пристрою, що дозволяє підвищити якість продукту, максимально зберегти його вихідні властивості, харчову та біологічну цінність, різноманітний асортимент харчових продуктів, готових до вживання, які багаті на вуглеводи, білки, біологічно-активні, мінеральні речовини, йод, придатні до вживання для всіх верст населення, а також можуть вживатися, як дієтичні, крім того вони поліпшену структуру і чудові смакові характеристики, з приємним ефектом повітряних бульбашок, та придатні для безпосереднього вживання.

До складу рецептури внесено подрібнені ядра волоських горіхів воскової стиглості та сироп варення з зелених волоських горіхів. Сироп варення з зелених волоських горіхів значно підвищує вміст моноцукрів (глюкози та фруктози), що легко засвоюються організмом, а також алкалоїдів, глікозидів, токоферолу, вітамінів групи В і, найголовніше – йоду. Варення з зелених волоських горіхів значно підвищує імунітет, покращує роботу щитовидної залози і кровообіг в судинах головного мозку, нормалізує кров'яний тиск, покращує розумову діяльність.

Подрібнені ядра волоських горіхів воскової стиглості мають у своєму складі нафтохінони, флавоноїди, діарілгептаноїди, вони багаті вітаміном Р, органічними кислотами, мінеральними солями, дубильними речовинами. Подрібнені ядра волоських горіхів воскової стиглості мають здатність до протипухлинної, протимікробної активності та зв'язування вільних радикалів.

Через дев'ять місяців зберігання провели органолептичну та біохімічну оцінку якості замороженого фасованого «Мелітопольського яблучного соку з волоськими горіхами, класичного». Продукт, оцінений високими органолептичними показниками за п'ятибальною шкалою (див. табл.1). Він зберіг свій колір, смак і добре виражений аромат яблучного соку, а також, майже без змін, біохімічний склад.

Таблиця 1. Біохімічний склад та органолептична оцінка «Мелітопольського яблучного соку з волоськими горіхами, класичного» свіжого та після 9 місяців низькотемпературного зберігання

Об'єкт і термін зберігання	Сухі речовини, %	Загальний цукор, %	Загальна кислотність, %	Вітамін С, мг/100г	Каротин, мг/100г	Органолептична оцінка
«Мелітопольський яблучний сік з волоськими горіхами, класичний»-свіжий	23,2	6,74	0,75	80	0,030	4,7
Заморожений фасований «Мелітопольський яблучний сік з волоськими горіхами, класичний» після 9 місяців низькотемпературного зберігання	23,3	6,76	0,75	65	0,028	4,97

Сік з Мелітопольської черешні купажують з соком яблучним, цукром буряковим, сиропом натуральної чайної рози. Черешня стимулює процес травлення, покращує обмін речовин, дуже корисна для серцево-судинної системи, сприяє нормальній роботі серця, укріплює стінки судів, розріджує кров, попереджує утворення тромбів. Мелітопольська черешня, як сировина, являється цінною у відношенні значного вмісту макро- та мікроелементів: калій 51 мг/100 г, кальцій 16 мг/100 г, фосфор 13 мг/100 г, марганець 80 мкг/100 г, рубідій 77 мкг/100 г, цинк 300 мкг/100 г та особливо залізо – 1800 мкг/100 г. До складу рецептури включено сироп натуральний чайної рози. Сироп натуральний чайної рози має значний вміст вітамінів С, D, К, Е, пектину. Чайна роза покращує імунітет, систему травлення, очищує печінку та жовчний міхур, поновлює популяції бактерій шлунку.

Сливовий сік отримують з усієї ягоди з вийманням кістки, а потім купажують його з соком яблучним, вином «Бесараб», родзинками, цукром буряковим, кислотою лимонною. Слива має багато вітамінів групи В, які впливають на нервову систему, борються зі втомою та безсонням, покращують настрій, продовжують молодість, провітамін А покращує зір та шкіру, вітаміну К, який покращує склад крові, запобігаючи тромбозам, вітаміну Р, який зміцнює стінки судин, стимулює процес травлення, покращує обмін речовин, дуже корисна для серцево-судинної системи, сприяє нормальній роботі серця. До складу рецептури включено родзинки, які мають значний вміст вітамінів А, В1, В2, В5 і В6, С, пектину, а також бор, кальцій, калій, фосфор. Вино «Бесараб» містить флавоноїди, які

нейтралізують вільні радикали, антиоксиданти, танін робить кровоносні судини еластичнішими, воно покращує імунітет, систему травлення, поновлює популяції бактерій шлунку.

Нами досліджено вплив об'єму повітряних включень на лінійні деформації аерованих заморожених продуктів. Результати досліджень показані на рис.2.

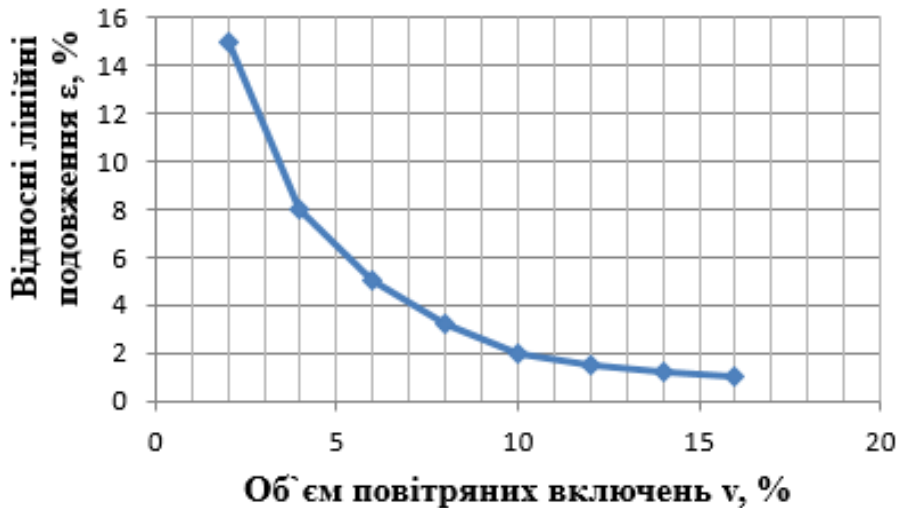


Рис. 2. Залежність лінійних деформацій від об'єму повітряних включень: x - об'єм повітряних включень, %; y - відносні лінійні подовження, % (заморожування аерованих соків відбувалось при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Залежність лінійних деформацій від об'єму повітряних включень

$$\varepsilon = 46.38 \cdot \nu^{-1.35}, \quad (1)$$

де ε - відносні лінійні подовження, %;

ν - об'єм повітряних включень, %.

Отримана емпірична формула лінійних деформацій від об'єму повітряних включень показує зворотню залежність, тобто при збільшенні об'єму повітряних включень, лінійні деформації зменшуються, але велика кількість пір різко знижує міцність керованого замороженого соку, тому доцільно обмежувати об'єм повітряних включень 10-11 відсотками.

Висновки

Аналіз рівняння (1) показує, що при збільшенні об'єму повітряних включень, лінійні деформації зменшуються, але велика кількість пір різко знижує міцність формованого аерованого замороженого соку, тому доцільно обмежувати об'єм повітряних включень 10-11 відсотками.

Запропонований варіант удосконалення способу консервування з використанням швидкого заморожування і тривалого низькотемпературного зберігання аерованих фруктових, овочевих, плодоовочевих соків з м'якоттю та наповнювачами, на прикладі замороженого фасованого яблучного соку з волоськими горіхами, та пристрою виробництва аерованих заморожених

продуктів мають практичне значення і можуть бути використані у виробництві.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Оптимізація технології заморожування плодоовочевої продукції: Монографія / В.Ф. Ялпачик, Н.П. Загорко, С.В. Кюрчев, В.Г. Тарасенко, Л.М. Кюрчева, С.Ф. Буденко, О.В. Григоренко, М.І. Стручаєв, В.О. Верхованцева. – Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2018. – 198 с.

2. Ялпачик В.Ф. Використання холодильної обробки при виробництві плодкових соків / В.Ф. Ялпачик, С.Ф. Буденко, В.Г. Тарасенко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Вип. 17. Т.1. – Мелітополь, 2017. – С. 213 – 219.

3. Стручаєв М.І., Загорко Н.П., Тарасенко В.Г. Формування заморожених соків / М. І. Стручаєв, Н. П. Загорко, В. Г. Тарасенко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету : наукове фахове видання / ТДАТУ. - Мелітополь, 2018. - Вип. 18, т. 1 : Технічні науки. - С. 246-252.

4. Загорко Н.П., Стручаєв М.І., Тарасенко В.Г. Виробництво аерованих заморожених продуктів / Н. П. Загорко, М. І. Стручаєв, В. Г. Тарасенко // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти – Вип. 6.–Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2018.–С. 111-120.

5. Пат. 129278, Україна: МПК F25D 3/12 (2006.01). Пристрій виробництва аерованих заморожених продуктів / Стручаєв М.І., Загорко Н.П., Бовкун О.М., Паляничка Н.О., Тарасенко В.Г.; заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. – № u201804708; заявл. 27.04.2018; опубл. 25.10.2018. Бюл. № 20/2018.

6. Пат. 126223, Україна: МПК A23L 2/12 (2006.01). Спосіб отримання замороженого фасованого соку "Мелітопольський морквяно-гарбузовий з грушею та цукатами" / Стручаєв М.І., Загорко Н.П., Тарасенко В.Г., Верхованцева В.О., Угольніков В.В., Світличний О.О.; заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. – № u201800024; заявл. 02.01.2018, опубл. 11.06.2018, Бюл. №11/2018.

7. Пат. 126181, Україна: МПК A23L 3/00. Спосіб приготування яблучного соку / Загорко Н.П., Стручаєв М.І., Тарасенко В.Г., Верхованцева В.О., Угольніков В.В., Світличний О.О.; заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. – № u201804708; заявл. 27.04.2018; опубл. 25.10.2018, Бюл. № 20/2018.

8. Бовкун О.М., Тарасенко В.Г. Перспективний спосіб виробництва аерованих заморожених продуктів // Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції молодих вчених та студентів, 15-16 листопада 2018 р. – Хмельницький: ХНУ, 2018. – С. 291-293.

Розділ 1.2 Обґрунтування параметрів і режимів вакуумного охолодження плодів черешні та їх короткотривалого зберігання

Програма досліджень на 2018 р.

1. Розробка програми та методики досліджень
2. Експериментальні випробування вакуумного способу охолодження плодів черешні та короткотривалого їх зберігання.
3. Обробка, аналіз одержаних результатів та оформлення звіту.

1. Методика досліджень

Дослідження проводилось щорічно протягом 2016-2018 років бази кафедри «Обладнання переробних і харчових виробництв ім. професора Ф.Ю. Ялпачика» Таврійського державного агротехнологічного університету (м. Мелітополь, Запорізька обл.). В результаті теоретичного обґрунтування за комплексом показників різних сортів для проведення експериментальних досліджень були відібрані районовані сорти черешні пізнього строку досягання: Крупноплідна, Мелітопольська Чорна, Удівительна, що внесені в державний реєстр сортів України. [3] Товарну обробку плодів черешні проводили вибираючи цілі, міцні, чисті та не уражені плоди 1 товарного сорту, згідно з вимогами ГСТУ 01.1-37-162:2004. Свіжозібрані плоди черешні доставлялися до експериментальної лабораторії щоранку. Температура плодів черешні в цей час складала 25°C. Зважування плодів перед та після процесу охолодження проводилося за допомогою електронних ваг з точністю $\pm 0,01$ г.

Для проведення випробувань процесу вакуумного охолодження плодів черешні на основі існуючих аналогів іноземного виробництва та літературних джерел було вдосконалено установку для вакуумного охолодження рослинної сировини, яка дозволяє в широких межах змінювати і автоматично підтримувати температуру та тиск всередині камери. Конструкція установки для вакуумного охолодження рослинної сировини дозволяє підтримувати необхідну температуру у камері (0–7 °C) та тиск, який можна встановлювати в діапазоні від 101 325 Па (атмосферний тиск) до 1 325Па.

В процесі випробувань продукт завантажувався у вакуумну камеру, закриваються дверці, запускається вакуум-насос (спочатку другий каскад) і включається охолодження. Вільна вода починає випаровуватися, коли рівень вакууму доводиться до температури кипіння води при початковій температурі, відповідній початковій температурі продукту.

Після охолодження продукту до заданої температури вакуум-насос відключається, вакуум заповнюється. За допомогою гарячого повітря або

води з охолоджуючих змійовиків віддається іній. Після зливу з камери тала вода з повітрям готова для наступної партії продукту.

Під час проведення випробувань змінними параметрами були:

1. тиск (величина вакууму в камері), Па;
2. температура повітря в камері, С;
3. тривалість охолодження продукту, хв.

Управління системою вакуумного охолодження забезпечує терморегулятор, який вимірює температуру в камері і забезпечує зупинку процесу при заданій температурі. Загалом, температура в камері близька до температури продукту, яка також вимірюється за допомогою термопари та приладу.

Для короткотривалого зберігання плодів черешні, що охолоджена вакуумним способом, використовувалась холодильна камера КХР-6 при температурі 0–7°C.

В даному науковому експерименті досліджувалися показники втрати маси плодів черешні, методи для зменшення втрати маси, а також параметри тиску, температури та часу протягом вакуумного охолодження плодів черешні.

Оцінка впливу режиму вакуумного охолодження на процес охолодження та якість продукції було визначено за такими параметрами:

1. вміст вітаміну С, мг/100г;
2. вміст цукрів, %
3. інтенсивність дихання, CO₂/кг год;
4. загальна кислотність, %;
5. втрата маси, %;
6. оцінка товарної якості плодів черешні, %;

Всі заміри робляться у трьохкратній повторності для кожного досліді.

За контроль приймали плоди, що не піддавалися вакуумному охолодженню.

Визначення показників виконували за стандартними методиками.

Відбір і підготовка проб до аналізів проводилися згідно з методичними рекомендаціями зі зберігання та переробки продукції рослинництва.

В ході дослідження згідно плану робіт була вивчена залежність використання різних режимів вакуумного охолодження плодів черешні від зміни товарних якостей, біохімічного складу та фізіологічного стану плодів при короткостроковому зберіганні:

- товарний аналіз відповідно до методичних рекомендацій по зберіганню плодів, овочів і винограду;
- природна втрата маси відповідно до методичних рекомендацій по зберіганню плодів, овочів і винограду.

2. Експериментальні випробування вакуумного способу охолодження плодів черешні та короткотривалого їх зберігання

Період охолодження плодів черешні з температури 25°C до точки, коли температура продукту досягає 2°C складає 40 хв при тиску у вакуумній камері 29кПа. Випробування було зупинено у цій точці, тому що подальше зниження тиску та збільшення періоду охолодження призводить до замерзання продукту та, як наслідок, зниження його ринкової вартості. Результати експериментальних випробувань у 2018 році представлені на графіках (Рис. 1,2,3).

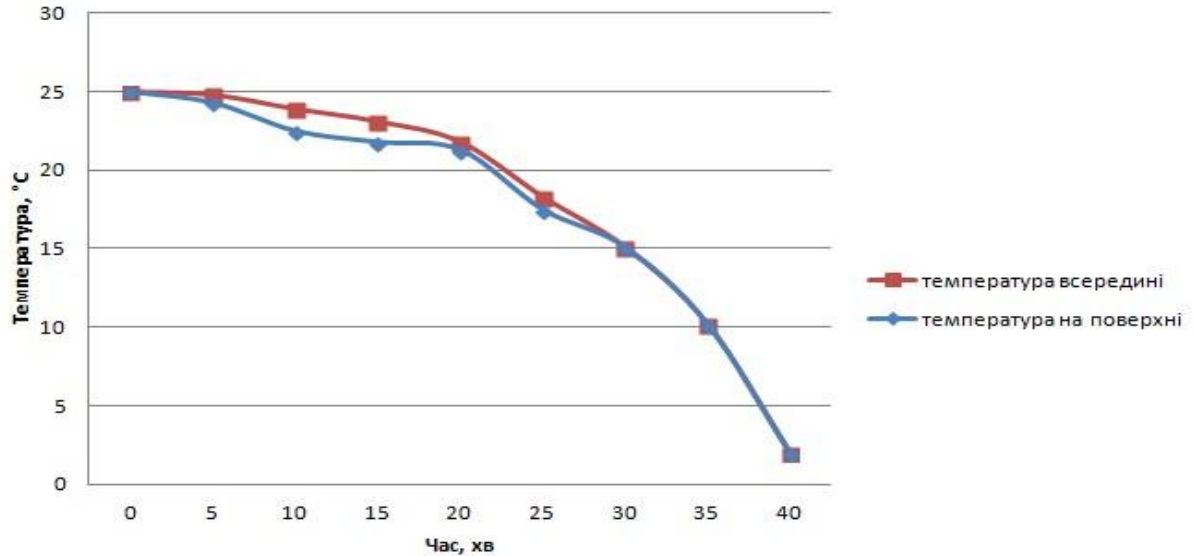


Рис.1 - Зміна температури при вакуумному охолодженні плодів черешні сорту Мелітопольська чорна

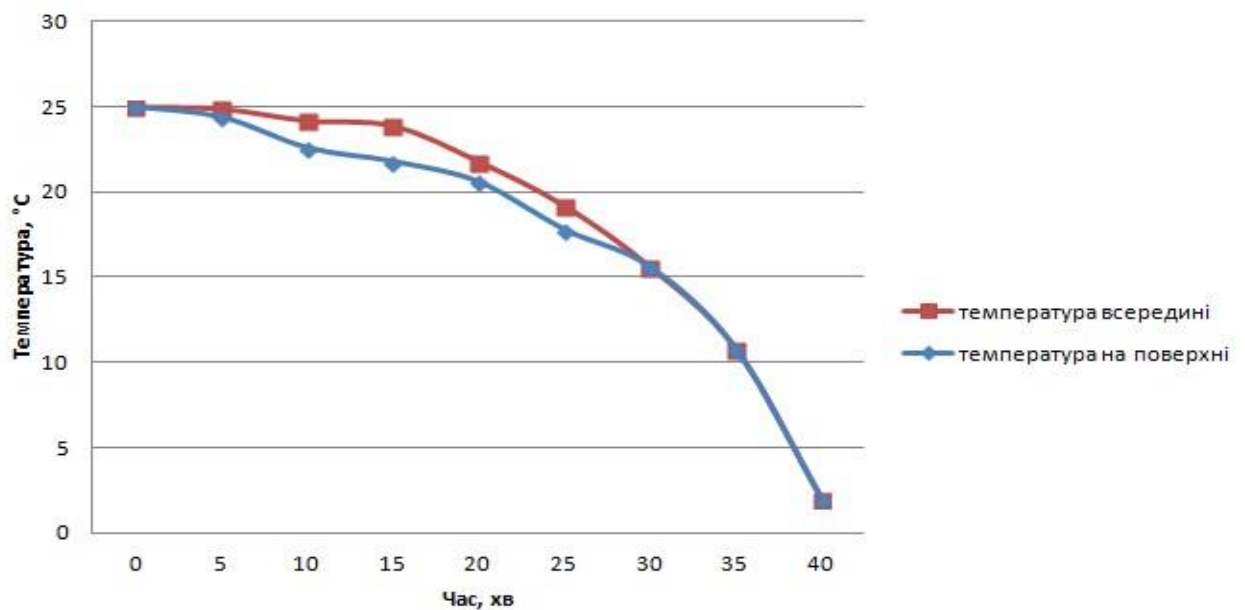


Рис.2 – Зміна температури при вакуумному охолодженні плодів черешні сорту Крупноплідна

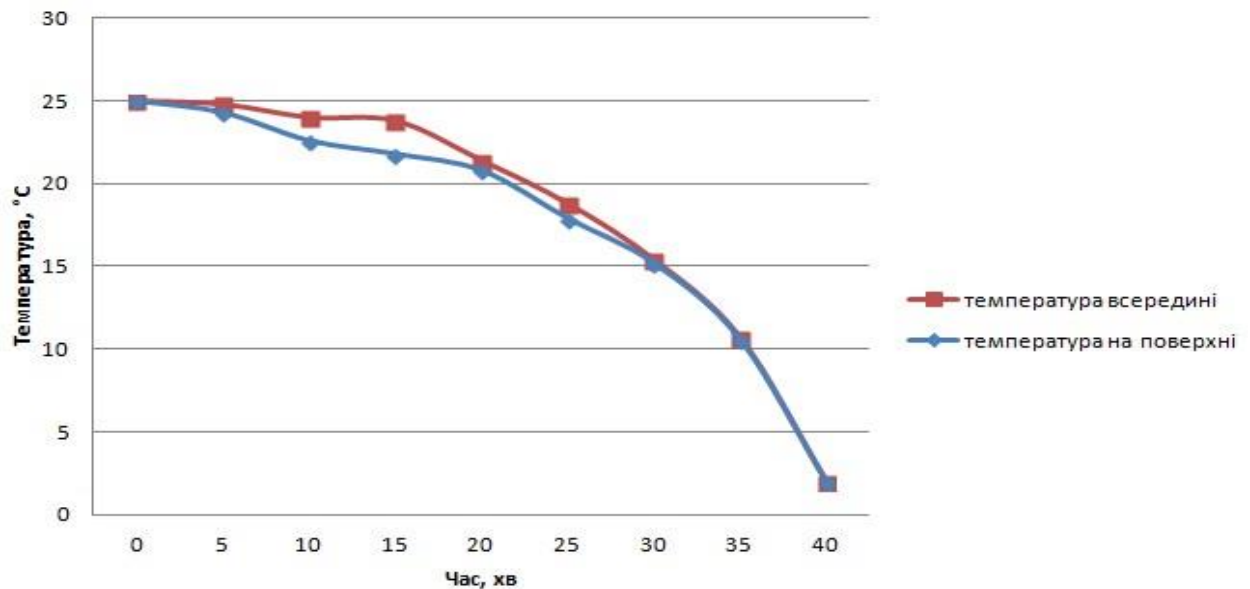


Рис.3 - Зміна температури при вакуумному охолодженні плодів черешні сорту Удівительна

Аналіз приведених графіків показує, що час вакуумного охолодження від температури 25°C до 2°C становить 40 хвилин. Крім того, охолодження як на поверхні, так і всередині плодів черешні відбувається рівномірно протягом усього процесу охолодження.

При знятті плодів зі зберігання фіксувалася їх втрата маси:

- черешні сорту Мелітопольська чорна: без додавання води 1,84%, з додаванням води – 0,88%, з додаванням води та покриттям поліетиленовою плівкою – 0,63%;
- сорту Крупноплідна відповідно: 1,98%, 1,23%, 0,96%;
- сорту Удівительна: 2,16%, 1,64%, 1,23%.

3. Обробка, аналіз одержаних результатів та оформлення звіту.

Аналіз результатів даного експерименту на рис. 4 показує, що найвище значення втрати маси становить при звичайному вакуумному охолодженні без додавання води. Ці значення становлять для плодів черешні Мелітопольська чорна, Крупноплідна та Удівительна 1,84; 1,98; 2,16% відповідно.

У той же час, ми бачимо, що значення втрати маси зменшується, коли продукт піддається вакуумному охолодженню при достатньому зволоженні. Значення втрати маси при додаванні води становлять 0,88% для плодів черешні сорту Мелітопольська чорна, 1,23% для сорту Крупноплідна, 1,64% для сорту Удівительна.

Найнижчі значення втрати маси становлять при розприскуванні води та покритті плодів черешні поліетиленовою плівкою: 0,63%; 0,96%; 1,23% відповідно для сортів Мелітопольська чорна, Крупноплідна, Удівительна.

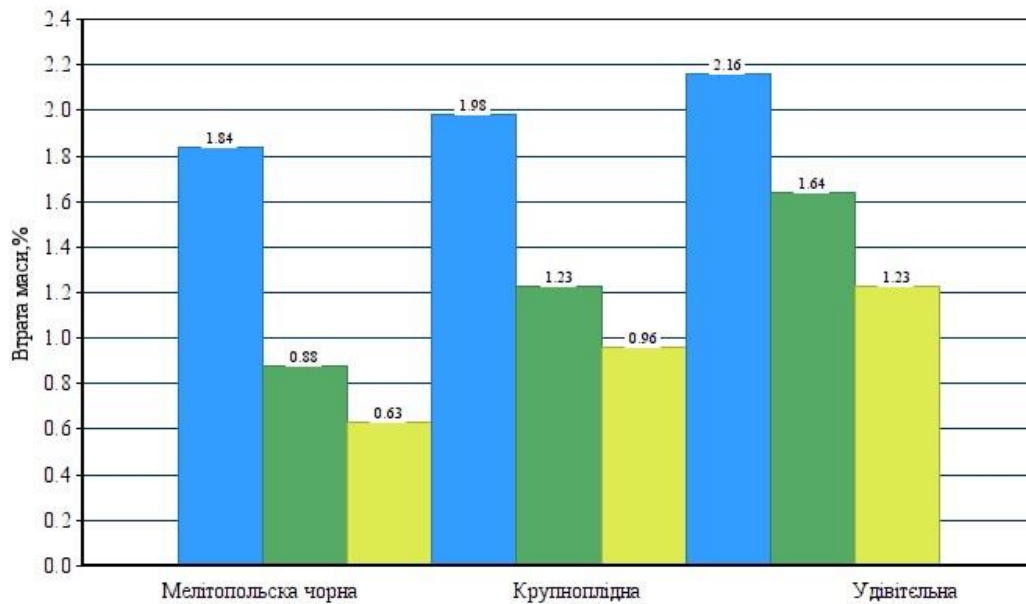


Рис. 4 – Втрата маси при вакуумному охолодженні плодів черешні:
■ - втрата маси при звичайному вакуумному охолодженні, %;
■ - втрата маси при вакуумному охолодженні з додаванням води, %;
■ - втрата маси при вакуумному охолодженні з додаванням води та покриттям поліетиленою плівкою, %.

При аналізі фізичних характеристик плодів черешні, охолодженої вакуумним способом, бачимо, що найнижче значення втрати маси зафіксовано для плодів черешні сорту Мелітопольська чорна (0,63%), питомий об'єм яких також найнижчий (0,78 г/см³). Для сорту Крупноплідна значення втрати маси та питомого об'єму 0,96 % і 0,83 г/см³, а для сорту Удівительна 1,23% і 0,91 г/см³.

Таким чином, можна зробити висновок, що існує лінійна залежність між питомим об'ємом продукту та втратою маси.

Таблиця 1 – Фізичні характеристики плодів черешні

Сорт	Середня вага плоду, г	Середній діаметр плоду, мм	Щільність м'якоті плоду, см ³ /г	Питомий об'єм плоду, г/см ³
Мелітопольська чорна	7	23	1,28	0,78
Крупноплідна	10	26	1,2	0,83
Удівительна	8	25	1,1	0,91

Висновки

1. Час вакуумного охолодження плодів черешні сортів Мелітопольська чорна, Крупноплідна та Удівительна від температури 25°C до 2°C складає близько 40 хв. Охолодження як на поверхні, так і всередині плодів черешні відбувається рівномірно.

2. Зниження тиску у вакуумній камері з атмосферного до робочого відбувається за 5 хвилин. Точка спалаху в процесі вакуумного охолодження відбувається при значенні тиску 29 кПа. Подальше зниження тиску призводить до замерзання продукції.

3. В процесі вакуумного охолодження плодів черешні зафіксовано втрату маси плодів черешні сортів Мелітопольська чорна, Крупноплідна та Удівительна 1,84; 1,98; 2,16% відповідно.

4. Розпилення води на плоди черешні перед вакуумним охолодженням дозволяє знизити показники втрати маси до значень 0,88; 1,23; 1,64%.

5. Найнижчі значення втрати маси становлять при розприскуванні води та покритті поліетиленовою плівкою: 0,63; 0,96; 1,23% відповідно для сортів Мелітопольська чорна, Крупноплідна, Удівительна. Враховуючи ці значення, можна зробити висновок, що розприскування води на плоди черешні з подальшим покриттям поліетиленовою плівкою перед вакуумним охолодженням є найбільш раціональним способом вакуумного охолодження, який значно знижує втрати маси.

4. Встановлено лінійну залежність між питомим об'ємом плодів черешні та втратою маси. Чим нижче питомий об'єм плодів черешні, тим нижче значення втрати маси, та навпаки.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Ломейко О. П. Теоретичне дослідження технології вакуумного охолодження при зберіганні продукції рослинництва / О. П. Ломейко, Л. В. Єфіменко. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2015. – №15. – С. 56–65.

2. Ломейко О. П. Використання методу вакуумного охолодження для попереднього охолодження плодів черешні / О. П. Ломейко, Л. В. Єфіменко. // Актуальні проблеми енергетики та екології. – 2016. – С. 276–279.

3. Ломейко О.П., Єфіменко Л.В. Вплив вакуумного охолодження плодів черешні на коефіцієнт втрати маси // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2018. – Т.1. – С. 138–146.

4. Туровцев М. І. Районовані сорти плодівих і ягідних культур селекції інституту зрошувального садівництва / М. І. Туровцев, В. О. Туровцева. – Київ: Аграрна наука, 2002. – 218 с.

5. Brosnan T. Compensation for water loss in vacuum pre-cooled lily flowers / T. Brosnan, D. W. Sun. // J.Food Eng.. – 2001. – №79. – С. 299–305.

6. Jit T. . Experimental investigation of the temperature variation in the

vacuum chamber during vacuum cooling / Jit. // Journal of food engineering. – 2007. – C. 333–339.

7. Haas E. Factor effecting the cooling rate of lettuce in vacuum cooling installations / E. Haas, G. Gur. // Intl.J..refrigeration. – 1987. – №10. – C. 82–86.

8. McDonald K. Vacuum cooling technology for the food processing industry:A review / K. McDonald, D. W. Sun. // Journal of food engineering. – 2000. – №45. – C. 55–65.

9. Sun D. W. Vacuum cooling technology for the agri-food industry: past, present and future / D. W. Sun, Z. Liyun. // Journal of Food Engineering. – 2006. – №77. – C. 203–214

10. Wang L. Rapid cooling of porous and moisture foods by using vacuum cooling / L. Wang, D. W. Sun. // Trends food science technology. – 2001. – №12. – C. 174–184.

Тема 2 Підвищення ефективності процесів та обладнання для диспергування та гомогенізації харчових емульсій і змішування рідких компонентів

Розділ 2.1 Обґрунтування параметрів процесу гомогенізації молока в поршньових пульсаційних гомогенізаторах в умовах багатократної обробки

РЕФЕРАТ

Об'єктом дослідження є показники ефективності гомогенізації молока в пульсаційному апараті з одним поршнем в умовах багатократної обробки.

Предмет дослідження – залежності, що пов'язують ступінь диспергування та енерговитрати пульсаційного апарату з конструктивними та технологічними його параметрами.

Проведені дослідження ставили за мету визначення особливостей процесу гомогенізації молока у пульсаційному поршньовому гомогенізаторі (ППГ), встановлення впливу прискорення потоку на дисперсні показники молочної емульсії в умовах багатократної обробки.

Для досягненні поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

- аналітичне визначення залежності кратності проходження молочної емульсії крізь отвори поршня від конструктивно-кінематичних параметрів ППГ;
- експериментальне визначення залежності кратності проходження молочної емульсії крізь отвори поршня від конструктивно-кінематичних параметрів ППГ;
- визначення дисперсних показників емульсії молока після обробки в ППГ в умовах багатократної обробки.

Методи досліджень – поставлені задачі вирішувалися з використанням теоретичних методів дослідження, що дозволили досягти основних результатів роботи і підтвердити їх вірогідність методом активних експериментів. Використовувалися методи диференційного та інтегрального обчислення, основні положення теоретичної механіки і гідравліки, аналітичної геометрії, , методами математичного аналізу і математичної статистики.

Обґрунтовано вплив основних кінематичних і конструктивних параметрів ППГ на середнє прискорення емульсії в отворах переривника та дисперсність емульсії. Встановлено залежність середніх розмірів жирових кульок молока від кратності обробки емульсії. Визначені дисперсні характеристики молока після гомогенізації.

ГОМОГЕНІЗАЦІЯ МОЛОКА, ГОМОГЕНІЗАТОР, ПУЛЬСАЦІЙНИЙ ПОРШНЬОВИЙ ГОМОГЕНІЗАТОР, КРАТНІСТЬ, ПУЛЬСАЦІЙНА ГОМОГЕНІЗАЦІЯ

ВСТУП

У багатьох галузях народного господарства використовуються процеси диспергування та гомогенізації емульсій. У сільському господарстві ці процеси є необхідними при виробництві розчинів пестицидів, виробництва заміників незбираного молока для відгодівлі молодняка у тваринництві. У переробній та харчовій галузях приготування тонкодисперсних жирових емульсій застосовується при виробництві молока та молочних продуктів, сумішей для морозива, майонезів, кетчупів, маргаринів. Перспективним є заміна жиру при введенні в тісто жировою емульсією, змащування форм у хлібопеченні емульсіями відповідного складу а також застосування жирових емульсій замість жиру-сирцю у ковбасному фарші.

Незважаючи на широке поширення процесу отримання емульсій, відмічений брак високоефективних і універсальних гомогенізаторів-диспергаторів жирових емульсій. Рішенням проблеми створення обладнання для гомогенізації та диспергування жирових емульсій, яке дозволяє отримати високу ступінь подрібнення при невисоких енерговитратах, може бути розробка пульсаційного гомогенізатора.

Програма досліджень на 2018 р.

1. Аналітичне визначення впливу подачі емульсії та кратності обробки на параметри пульсаційної гомогенізації
2. Методи експериментальних досліджень, об'єкт дослідження, спосіб визначення дисперсних показників молочної емульсії та конструкція експериментальної установки для гомогенізації молока в ППГ
3. Експериментальні дослідження залежності дисперсності жирової фази молока та кратності її обробки

1. Аналітичне визначення впливу подачі емульсії та кратності обробки на параметри пульсаційної гомогенізації

Важливим показником процесу ППГ є подача емульсії Q , м³/с. Це незалежний фактор, який впливає як на якісні, так і на енергетичні показники апарата. При збільшенні подачі зменшуються питомі енерговитрати E_{nut} процесу

$$E_{nut} = \frac{P}{Q\rho_m}, \quad (1)$$

де P – потужність, необхідна для здійснення процесу гомогенізації, Вт;

ρ_m – густина молока, кг/м³.

Разом з цим при зміні Q (при незмінних інших параметрах) змінюється кількість проходів молочної емульсії крізь отвори поршня – кратність

обробки K . Було проаналізовано вплив конструктивно-кінематичних показників ППГ на величину K , для чого була складена схема (рис. 1). В робочу камеру пульсаційного гомогенізатора діаметром D подається емульсія, яка проходить крізь отвори поршня, який здійснює коливання з амплітудою s і частотою n .

Кратність обробки визначається співвідношенням середніх швидкостей емульсії v_Q (припускаючи, що подача продукту відбувається рівномірно і швидкість кожного елементу шару емульсії товщиною dS однакова) і поршня v_{nc} :

$$K = \frac{v_{nc}}{v_Q} \quad (2)$$

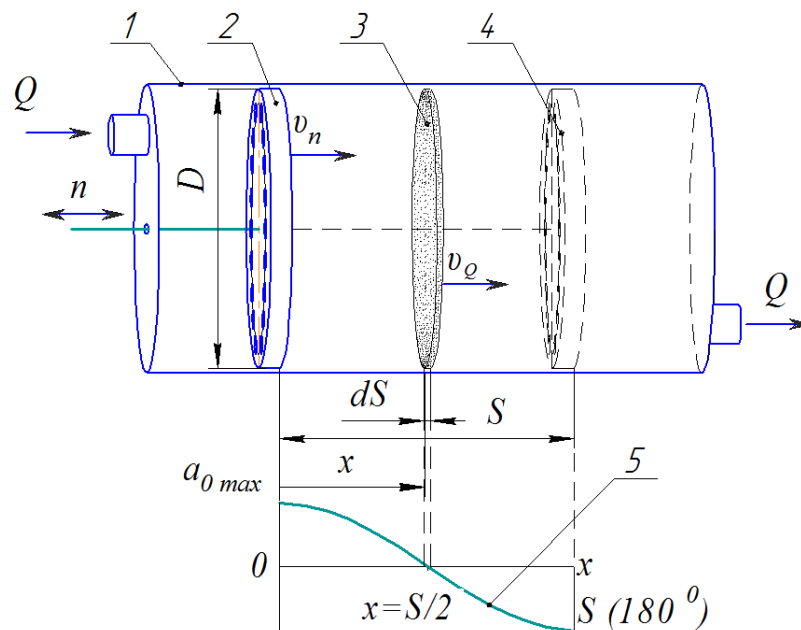


Рис. 1. Схема визначення кратності обробки: 1 – камера; 2 – поршень; 3 – циліндричний шар емульсії товщиною dS ; 4 – крайнє положення поршня; 5 – графік залежності середнього прискорення емульсії в отворах поршня a_0 від положення поршня (кута повороту кривошипу).

Середня швидкість поршня дорівнює

$$v_{nc} = 2Sn. \quad (3)$$

Середню швидкість потоку емульсії визначали за формулою

$$v_Q = \frac{Q}{F_n} = \frac{4Q}{\pi D_n^2}. \quad (4)$$

Тоді вираз для знаходження K з формули (2) з урахуванням (3) і (4) буде мати вигляд

$$K = \frac{\pi D_n^2 sn}{2Q}. \quad (5)$$

Аналізуючи останнє рівняння, можна зробити висновки, що для підвищення ступеня гомогенізації (збільшення K) необхідно зменшувати

подачу емульсії у апарат та збільшувати діаметр поршня (робочої камери), частоту й амплітуду коливання поршня.

Для найбільш вивченої – клапанної гомогенізації – залежність ефективності гомогенізації від кратності обробки має параболічний характер (рис. 2), причому при збільшенні кратності обробки темпи підвищення ефективності гомогенізації знижуються.

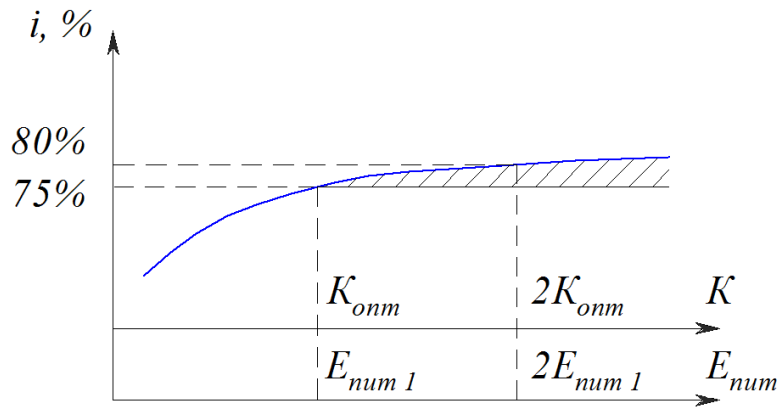


Рис. 2. Характер залежності ефективності гомогенізації від кратності обробки K і питомих енерговитрат E_{num} .

Для пульсаційної гомогенізації можливо прогнозувати аналогічний характер залежності $i=f(K)$.

Виходячи з формули (5)

$$K \propto E_{num}. \quad (6)$$

Логічно припустити, що існує таке оптимальне значення кратності K_{opt} нижче за яке ефективність гомогенізації не відповідає вимогам якості ($i < 75\%$), а вище за яке темпи підвищення питомих енерговитрат випереджають темпи підвищення i . Отже режими, при яких $K > K_{opt}$, енергетично неефективні.

Кратність проходження продукту крізь отвори поршня визначає ймовірне мінімальне прискорення a_{min} емульсії в отворах поршня. При $K \leq 1$ емульсія однократно проходить крізь отвори поршня. В залежності від кута повороту кривошипу (відстані від крайньої мертвої точки поршня) вхід емульсії до отворів поршня може бути у будь-якому положенні поршня від 0 до 180° кута повороту кривошипу (від 0 до S відстані від початкового положення поршня) (рис. 1).

Положення поршня x (рис. 1) визначає значення миттєвого прискорення емульсії (рис. 3). При $K \leq 1$ частина емульсії, яка пройде крізь отвори поршня при куті повороту кривошипу 90° або 270° , буде мати прискорення $a_m = 0$. Диспергування жирової фази у цьому об'ємі не відбудеться і емульсія після гомогенізації буде містити частину жирових кульок, які не подрібнились, а продукт – уявлятиме собою нерівномірний дисперсний склад емульсії, що неприпустимо. Таким чином найгірші умови гомогенізації будуть мати місце при $K \leq 1$ та $a_{min} = 0$.

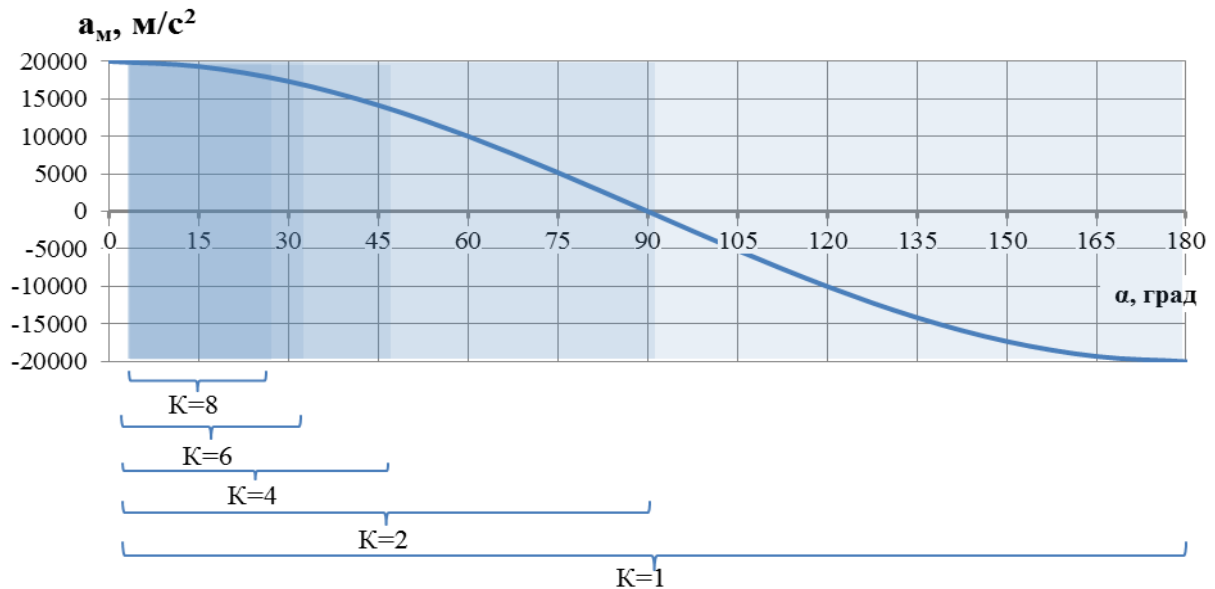


Рис. 3. Залежність прискорення емульсії в отворах поршня ППГ a_m від кута кривошипу α та кратності K ($n=9000$ хв $^{-1}$; $K_o=0,5$; $s=22$ мм).

При $K=2$ емульсія двократно проходить крізь отвори поршня. Можливий випадок, коли шар емульсії dS , який пройде крізь отвори поршня при кутах повороту кривошипу 90° і 270° , буде мати прискорення $a_m=0$.

При $K=4$ найгірші умови для емульсії створюються при входженні її в отвори поршня при $\alpha=45^\circ$, 135° , 225° і 315° , прискорення при цьому дорівнює $a_{0max} \cdot \cos 45^\circ = 0,71 a_{0max}$. У загальному випадку a_{min} визначається з формули

$$a_{min} = a_{0max} \cos \frac{180}{K}, \quad (7)$$

де a_{0max} – максимальне значення миттєвого прискорення емульсії в отворах поршня.

$$a_{0max} = 4\pi^2 \varphi_{ш} \frac{n^2 r}{K_o}. \quad (8)$$

За вимогами, не більше 15% жирових кульок можуть мати розміри більші за обумовлений вимогами середній діаметр. Для цього визначимо мінімальне миттєве зниження прискорення емульсії в отворах поршня при обробці в ППГ

$$a_{0min} = 0,85^2 a_{0max}^c = 0,72 a_{0max}^c.$$

З формули (5) знайдемо мінімальну кратність обробки в ППГ

$$K = \frac{180}{\arccos \frac{a_{min}}{a_{0max}}}. \quad (9)$$

$$K = \frac{180}{\arccos 0,72} = 4,1.$$

Отже мінімальне значення кратності проходження емульсії крізь отвори поршня в ППГ, знайдені аналітично з умови максимального підвищення ступеня дисперсності емульсії 15%, становить 4.

2. Методи експериментальних досліджень, об'єкт дослідження, спосіб визначення дисперсних показників молочної емульсії та конструкція експериментальної установки для гомогенізації молока в ППГ

В якості об'єкта експериментальних досліджень використовували молоко коров'яче жирністю 3,2-4,5% з середнім розміром жирових кульок 2,4–3,1 мкм.

Розміри жирових кульок молока після гомогенізації підраховували за допомогою оптичного мікроскопа з приєднаною цифровою камерою з використанням мірного окуляра [23]. Пробу молока розводили дистильованою водою у пропорції 1:10. Для підвищення точності з кожного зразка емульсії готували 3 розведення, а з кожного розведення – 2 препарати. Отримані цифрові зображення обробляли комп'ютерною програмою аналізу зображень для визначення кількості жирових кульок і їх розмірів. Кожен дослід повторювався 3 рази, після чого визначалося середнє арифметичне і здійснювалась перевірка на грубі похибки (методом оцінки максимальних розбіжностей результатів дослідів).

Фактори експериментальних досліджень

Кінематичні:

- кут повороту кривошипу, α ,
- прискорення емульсії в отворах поршня, a ,
- амплітуда коливання поршня s ,
- частота коливання поршня n ,
- кратність проходження емульсії крізь отвори поршня (кратність обробки), K .

Конструктивні:

- діаметр поршня D ,
- радіус кривошипу r ,
- кількість отворів поршня N ;
- діаметр отворів поршня d_o ,

Технологічні:

- подача молока (продуктивність гомогенізатора) Q ,
- температура молока T .

Для проведення експериментальних досліджень пульсаційної гомогенізації молока розроблена експериментальна установка, вид якої представлений на рис. 4.

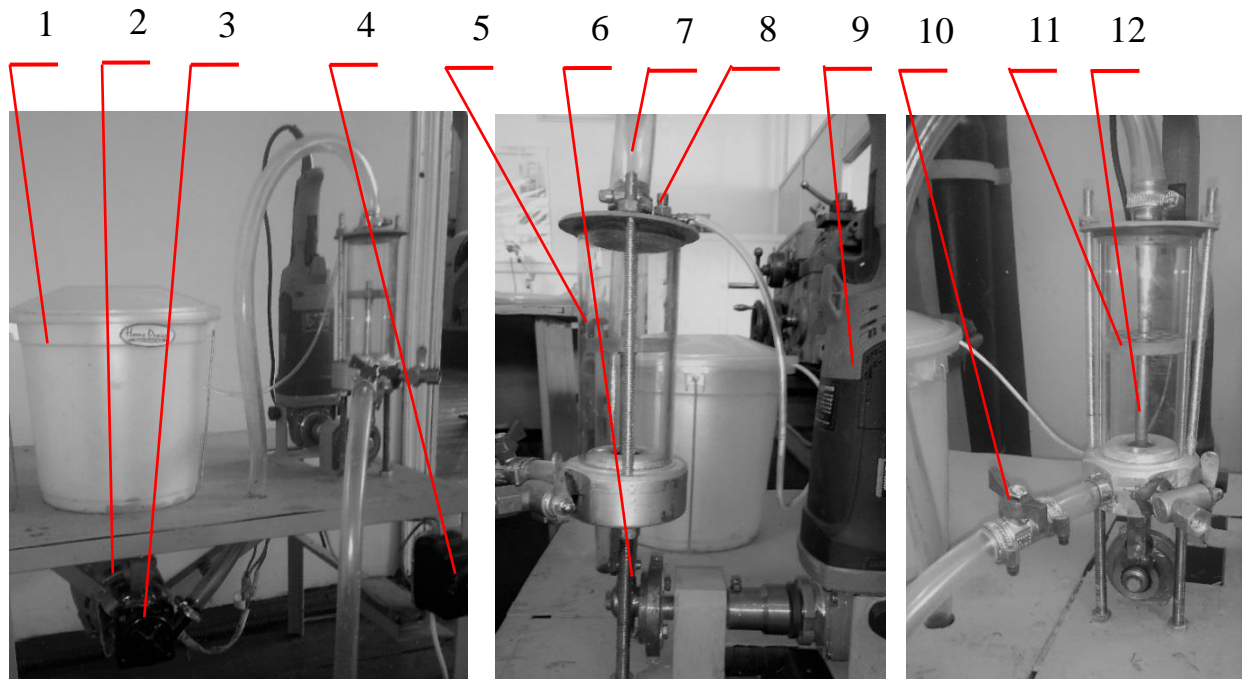


Рис. 4. Будова лабораторної установки пульсаційної гомогенізації молока: а) загальний вид установки, б) будова камери гомогенізатора.

1 – приймальна ємність; 2 – перепускний вентиль; 3 – насос; 4 – пульт керування; 5 – робоча камера; 6 – кривошипний механізм; 7 – патрубок подачі продукту в камеру; 8 – перепускний вентиль; 9 – електродвигун приводу обертання кривошипу; 10 – випускний вентиль; 11 – поршень; 12 – шток.

Розроблена експериментальна установка дає можливість регулювати:

- подачу молока у камеру гомогенізатора;
- частоту коливань поршня;
- амплітуду коливань поршня;
- матеріал поршня і його товщину;
- кількість, діаметр, розташування і форму отворів поршня.

3. Експериментальні дослідження залежності дисперсності жирової фази молока та кратності її обробки

Для зміни кратності обробки – кількості проходжень одного об'єму емульсії крізь отвори поршня – змінювали подачу молока у робочу камеру ППГ у відповідності з формулою (5) варіюванням s і n , змінюючи прискорення емульсії.

При підвищенні кратності обробки відбувається підвищення середньої дисперсності емульсії (рис. 5).

При $K < 4$ спостерігається підвищення розміру жирових кульок, що пояснюється значною нерівномірністю обробки емульсії. При цьому частина об'єму продукту проходить крізь отвори поршня ППГ без набування необхідного для диспергування прискорення.

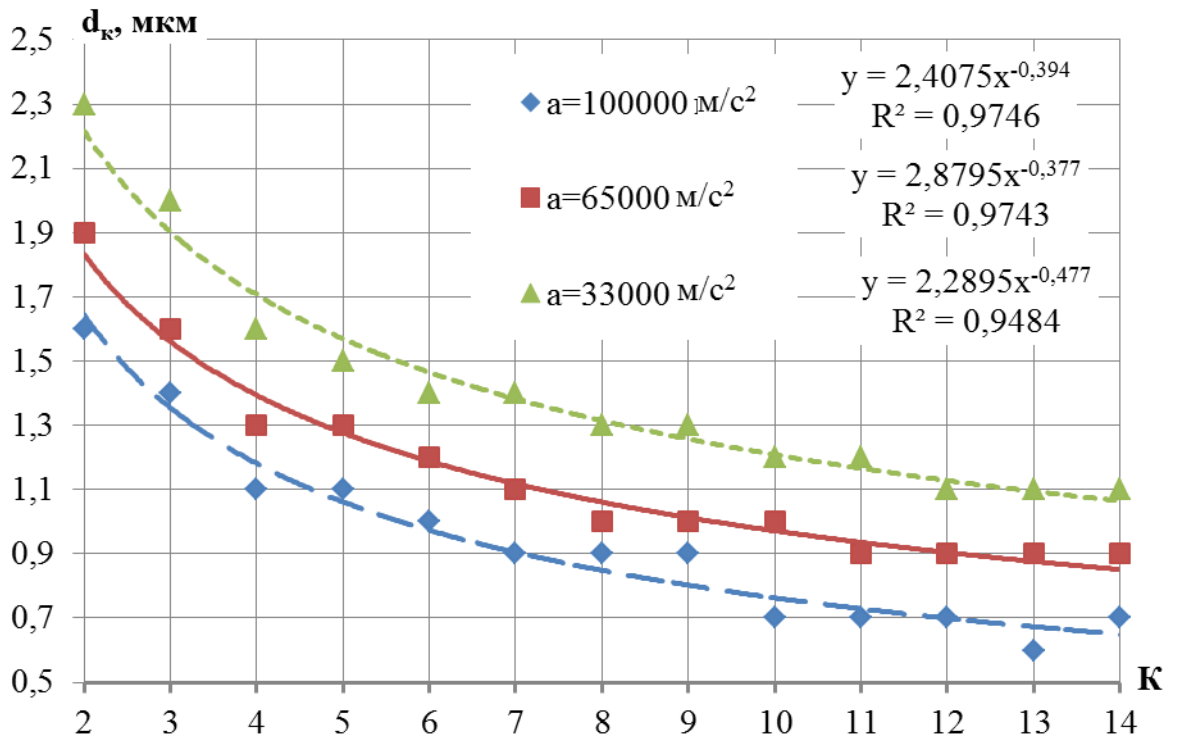


Рис. 5. Залежність середнього діаметра жирових кульок після обробки в ППГ d_k від кратності обробки K .

Підвищення дисперсності відбувається до значень $K=12$. А при $K>12$ середній діаметр жирових кульок майже не зменшується. Характер зміни дисперсності в залежності від кратності обробки подібний до клапанної гомогенізації, але має характерну особливість – помітне зростання графіку при $K\leq 4$.

Зважаючи на пропорційну залежність питомих енерговитрат від кратності обробки (формула (6)), оптимальна кратність обробки повинна бути найменша, але для її визначення недостатньо даних по визначенню середнього розміру жирових кульок молока. Необхідно визначити рівномірність дисперсного складу емульсії. При високій нерівномірності прискорення шарів емульсії, які проходять крізь отвори ППГ при $K<4$, слід очікувати також високий ступінь нерівномірності дисперсного складу емульсії після обробки. Мірою рівномірності розподілу розмірів часток є коефіцієнт варіації V , тому були досліджені зміни коефіцієнта варіації розмірів жирових кульок від кратності обробки (рис. 6).

Отримані дані за характером близькі до залежностей $d_k=f(K)$. Коефіцієнт варіації майже лінійно зростає при $K<7$ для всіх значень прискорень. При $7\geq K\geq 12$ значення V зменшуються повільніше у діапазоні 0,5–0,6.

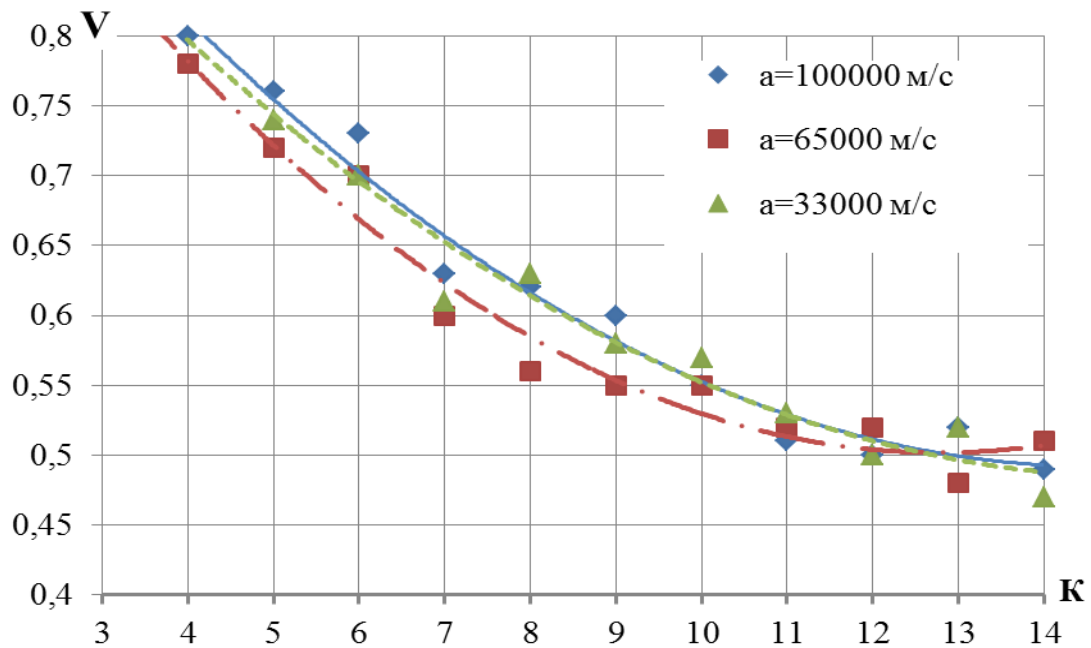


Рис. 6. Залежність коефіцієнта варіації V розміру жирових кульок від кратності обробки K та прискорення потоку емульсії a_{max} при гомогенізації в ППГ

Значення, характерні для емульсії з достатньої рівномірністю дисперсного складу є $V < 0,5$. Ці значення коефіцієнта варіації є типовими для емульсії, обробленої в різних типах гомогенізаторів. Дисперсний склад емульсії ППГ набуває достатньої рівномірності ($V < 0,5$) при $K \geq 12$.

Висновки

В результаті проведених аналітичних та експериментальних досліджень:

- аналітично встановлено мінімальне значення кратності обробки емульсії при умові зниження дисперсності емульсії не більше 15%, яке становить 4.

- мінімально необхідною кратністю обробки молочної емульсії при обробці в ППГ за результатами експериментальних досліджень, за якою досягається достатня рівномірність дисперсного складу молока, є $K=12$.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Пат. 122548, Україна, МКИ⁵ А01J 11/16 (2006.01), В01F 5/02 (2006.01). Струминний гомогенізатор молока з роздільною подачею вершків/ Кюрчев В.М., Самойчук К.О., Ковальов О.О., Пацький І.Ю.; заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. – № u201708561 ; заявл. 21.08.2017; опубл. 10.01.2018. Бюл. № 1/2018.

2. Пат. 123687, Україна, МПК (2006) А22С 17/00, В02С 18/00. Решітка до пристрою для подрібнення харчових продуктів / Кюрчев В.М., Самойчук

К.О., Олексієнко В.О., Юркевич О.Е. заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. – № u201707531 ; заявл. 17.07.2017; опубл. 12.03.2018. Бюл. № 5.

3. Пат. 129459, Україна, МПК (2006) B01F 5/06 (2006.01) B01F 7/00. Пульсаційний гомогенізатор для рідких продуктів / Кюрчев В. М.; Бовкун О. М.; Самойчук К. О.; Левченко Л. В.; Лебідь М. Р. заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. – № u201806124 ; заявл. 01.06.2018; опубл. 25.10.2018. Бюл. № 20.

4. Самойчук К.О. Багатократна і багатоступінчаста гомогенізація молока К.О. Самойчук // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, ТДАТУ. – Вип. 18. Т.1 – 2018. – С. 22–28.

5. Самойчук К.О. Обґрунтування параметрів отворів поршня пульсаційного гомогенізатора молока/ Самойчук К.О., Левченко Л.В., Циб В.Г. // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, ТДАТУ. – Вип. 18. Т.1 – 2018. – С. 274–280.

6. Viunyk O., Samoichuk K., Smielov A., Panina V. Experimental investigations of the process of mixing liquids in a counter-jet mixer// Slovak international scientific journal: Bratislava – № 14, (2018). – Vol. 1. – 2018. – P. 32–37.

7. Самойчук К.О. Вібраційні гомогенізатори молока / К.О. Самойчук, Н.О. Паляничка, В.О. Верхоланцева, В.П. Янович // Вібрації в техніці та технологіях. – Вінниця: ВНАУ. – №1 (88) – 2018. – С. 77–82.

8. Самойчук К.О., Ковальов, Левченко Методика розрахунку дисперсності молочної емульсії в пульсаційному і струминному гомогенізаторах / К.О. Самойчук, О.О.Ковальов, Л.В.Левченко // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Соціально-економічний розвиток аграрної сфери: інженерно-економічне забезпечення» Бережани, 2018. С. 314–316.

9. Самойчук К.О., Левченко Л.В., Паляничка Н.О. Вплив амплітуди і частоти коливань поршня пульсаційного гомогенізатора на дисперсність жирової фази молока. The international research and practical conference "The development of technical Sciences: problems and solutions" (Brno, The Czech Republic, April 27–28, 2018). Brno. С. 72–75.

10. Загорко Н.П., Самойчук К.О., Левченко Л.В. Експериментальне визначення кратності обробки в пульсаційному гомогенізаторі молока. Агроекологічні аспекти виробництва та переробки продукції сільського господарства : матеріали міжнародної науково-практичної конференції. (Мелітополь-Кирилівка, 7–8 червня, 2018). ТДАТУ, 2018. – С.43.

11. Самойчук К.О. Інноваційні технології гомогенізації в галузі виробництва молока та переробки молочної продукції. Агроекологічні аспекти виробництва та переробки продукції сільського господарства : матеріали міжнародної науково-практичної конференції. (Мелітополь-Кирилівка, 7–8 червня, 2018). ТДАТУ, 2018. – С.59.

12. Deynichenko G., Samoichuk K., Yudina T., Levchenko L., Palianychka N., Verkholtantseva V., Dmytrevskyi D., Chervonyi V. Parameter optimization of

milk pulsation homogenizer /Journal of Hygienic Engineering and Design. Vol. 24. P 63–67. Macedonia. 2018.

13. Паляничка Н.О. Аналіз новітніх пристроїв для гомогенізації молока. / Н.О. Паляничка, О.О.Вершков, Г.В. Антонова // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2017. Вип. 17., Т.3. – С. 194 – 199.

14. Паламарчук І.П.Визначення оптимальної геометричної форми отворів поршня-ударника імпульсного гомогенізатора молока / І.П. Паламарчук, Т.М. Вітенько, Н.О. Паляничка, С.Ф. Буденко, О.О. Вершков // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2018. Вип. 18, Т.1. – С. 147–153.

Розділ 2.2 Підвищення ефективності струминної гомогенізації молока з роздільним подаванням жирової фази

РЕФЕРАТ

Об'єктом дослідження є процес струминної гомогенізації молока з роздільним подаванням жирової фази.

Предметом дослідження є технологічні, конструктивні та гідравлічні параметри процесу струминної гомогенізації молока з роздільним подаванням вершків у взаємозв'язку з енергетичними та якісними показниками.

Методи дослідження. Поставлені задачі вирішувались з використанням теоретичного та експериментального інструментарію. Серед теоретичних методів використовувались залежності класичної гідродинаміки, теорії затоплених струменів, граничного шару Шліхтінга, локальної ізотропної турбулентності Колмогорова-Обухова, моделювання процесу в програмному комплексі кінцево-елементного аналізу ANSYS. Експериментальні дані оброблювались з використанням методу мікрофотографування з використанням цифрової камери та обробки отриманих результатів за допомогою комп'ютерної програми аналізу зображень.

Знайдені математичні залежності для визначення середнього розміру жирових кульок, потужності, продуктивності та питомих енерговитрат струминного гомогенізатора з роздільною подачею жирової фази. Знайдені залежності, що дозволяють шляхом варіювання розмірів каналів і швидкостей подавання жиру та дисперсійної фази в розробленому пристрої здійснювати кількісне регулювання вмісту жиру в готовому продукті, тобто проводити нормалізацію одночасно з диспергуванням. Були визначені значення коефіцієнта, що дали змогу стверджувати, що для підвищення ефективності гомогенізатора необхідно досягати шляхом зменшення швидкості струменю та діаметра каналу подачі вершків при одночасному збільшенні жирності жирової фази.

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ, КАНАЛ ПОДАЧІ ВЕРШКІВ, КОЕФІЦІЄНТ СТРУМИННОЇ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ, РОЗДІЛЬНА ГОМОГЕНІЗАЦІЯ МОЛОКА

ВСТУП

Гомогенізація молока являє собою один з процесів, що використовується при виробництві більшості продуктів молокопереробної галузі. Але дана операція відрізняється декількома специфічними ознаками, серед яких високі енерговитрати процесу, що складають в середньому 12кВт/т для конструкції клапанного гомогенізатору який є найбільш поширеним та забезпечує найкращий ступінь гомогенізації. З іншого боку незважаючи на досить тривалу історію використання операції в

технологічних процесах галузі, вчені досі не запропонували загальної теорії процесу. Існує понад 6 гіпотез, кожна з яких претендує на роль теорії, але жодна з них не здатна вичерпно пояснити механізми за якими відбувається подрібнення жирових кульок [1]. Існуючі гіпотези являють собою підґрунття для виготовлення конструкцій на базі відповідних принципів. Однак, технічна реалізація цих конструкцій виявила такі їх недоліки як високі енергетичні витрати при досягненні меж досконалості конструкції, низьке енергозбереження та недостатню дисперсність жирових кульок після проведення гомогенізації.

Програма досліджень на 2018 р.

1. Розробка програми та методики досліджень
2. Аналітичне та експериментальне дослідження диспергування молока в струминному гомогенізаторі (СГ) молока з роздільною подачею вершків
3. Обробка, аналіз одержаних результатів та оформлення звіту

1. Методика досліджень

Задачами експериментальних досліджень визначено: обґрунтування характеристик для досягнення максимальної якості гомогенізації при мінімальних енерговитратах

Метою дослідження є обґрунтування параметрів та режимів роботи струминного гомогенізатора молока з роздільною подачею жирової фази для отримання дисперсності молочної емульсії, на рівні технологічних вимог при мінімальних енерговитратах процесу.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- 1 – визначити швидкість руху знежиреного молока та вершків як основного фактору диспергування жирової фази молока;
- 2 – визначити вплив продуктивності та жирності вершків на якісні та енергетичні показники гомогенізатора;
- 3 – визначити вплив форми внутрішньої поверхні камери на якісні та енергетичні показники СГ;

2. Теоретичне та експериментальне дослідження гомогенізації молока в струминному гомогенізаторі молока з роздільною подачею вершків

При дослідженні процесів диспергування крапель в безперервному середовищі важливо враховувати стійкість краплі до дії сил, що прагнуть її зруйнувати. Їх наслідком є поява зон статичного тиску всередині рідини, зони підвищеного та зниженого тисків, які призводять до деформації та руйнування краплі. Критерієм руйнування таких крапель або жирових кульок в умовах затопленого струменю є критерій Вебера, формула якого

для струминної гомогенізації We^c .

$$We^c = \frac{\rho_{пл} \cdot u^2 \cdot D_{max}}{\sigma_{ж-п}}, \quad (1)$$

де u – швидкість ковзання жирової кульки відносно молочної плазми, м/с;

D_{max} – максимальний діаметр краплі, стійкої у даному потоці, м.

Для забезпечення процесу якісного подрібнення жирових кульок в струминному гомогенізаторі молока з роздільною подачею жирової фази, необхідно створити максимальну різницю швидкостей фаз між жировою кулькою, що надходить у потік знежиреного молока та швидкістю дисперсійного середовища зображений на схемі (рис. 1)

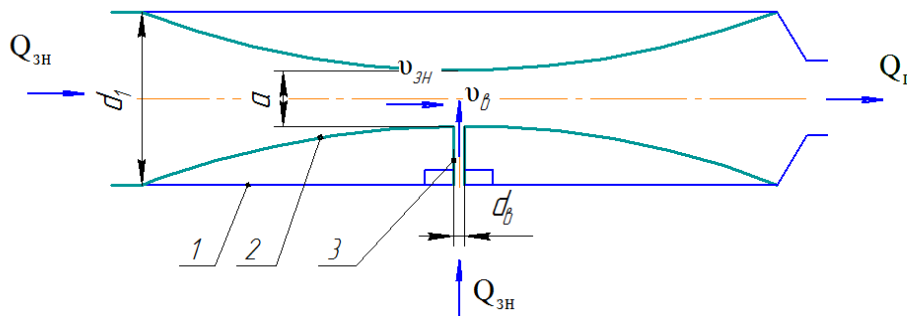


Рис. 1. Схема струминного гомогенізатора з роздільною подачею жирової фази

1 – камера струминного гомогенізатора молока; 2 – внутрішній стінки профілю для потоку знежиреного молока; 3 – канал подавання вершків.

$$\vec{u} = \vec{v}_{зн} - \vec{v}_в \quad (2)$$

де $\vec{v}_{зн}$ – швидкість потоку знежиреного молока, м/с;

$v_в$ – швидкість струменя вершків, м/с.

При перпендикулярному розташуванні каналу підведення жирової фази по відношенню до напрямку швидкості руху знежиреного молока рівняння (2) перетворюється на

$$u = v_{зн}. \quad (3)$$

Формула (2) визначена з умови подавання по каналу 3 поодинокі жирові кульки. В струминному гомогенізаторі по каналу 3 подаються вершки (емульсія жирової фази в плазмі молока), тому визначення дійсної відносної швидкості u залежить від діаметра каналу подачі вершків, вмісту жиру в вершках і швидкості потоку вершків. Тому при подаванні дисперсної фази перпендикулярно до потоку знежиреного молока швидкість ковзання буде дорівнювати

$$u = k_{сжс} k_{сш} k_{сд} v_{зн}, \quad (4)$$

де $v_{зн}$ – швидкість потоку знежиреного молока у місці подавання жирової фази, м/с;

$k_{сжс}, k_{сш}, k_{сд}$ – коефіцієнти струминної гомогенізації з поперечним

подаванням жирової фази, що враховує вплив жирності, швидкості та діаметра каналу подачі вершків.

Коефіцієнт k_c враховує:

- жирність вершків, які подаються в гомогенізатор J_6 ;
- діаметр каналу подачі вершків d_6 ;
- швидкості вершків на виході з каналу подачі вершків v_6 .

Для підвищення v_{zn} необхідно збільшити швидкість жирової кульки перед включенням її до потоку знежиреного молока, що збільшить прискорення частки та зменшить сили інерції. Для цього необхідно по перше виготовляти діаметри каналів подавання вершків мінімально можливих значень за умови забезпечення необхідної продуктивності. По друге, для досягнення подібного ефекту жирова фаза подається в потік у місці найбільшої швидкості потоку і, отже, місця найбільшої різниці швидкостей фаз продукту.

Діаметр каналу подачі вершків має суттєвий вплив на показники якості процесу, згідно аналітичних досліджень необхідно прагнути до мінімального технологічно виконуваного діаметра. В іншому випадку висока швидкість обтікання жирових частинок буде створюватися лише для периферійної частини струменя вершків (рис. 2), залишаючи центральну її частину з низьким ступенем диспергування.

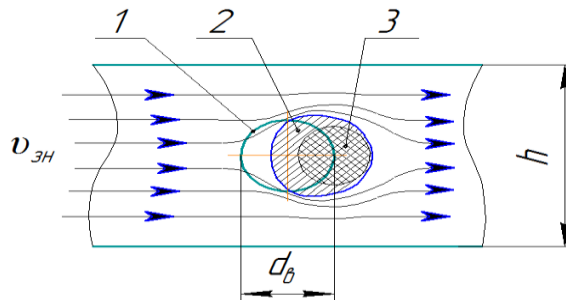


Рис. 2. Схема до визначення впливу діаметра каналу подачі вершків на ступінь диспергування. 1 – жирова кулька на етапі подачі до потоку знежиреного молока; 2 – ділянка з низькою швидкістю ковзання кульки відносно плазми знежиреного молока; 3 – зона з високою швидкістю ковзання жирової кульки.

Отже при збільшенні діаметра каналу вершків збільшуються розміри зони з низькою швидкістю ковзання жирових кульок відносно плазми, що призводить до зниження ступеня диспергування молочного жиру. Виготовлення отворів, діаметр яких відповідає мінімальному діаметру струменю вершків, дозволяє подавати жирову фазу більш тонким струменем, що буде обумовлювати більш якісне подрібнення, за рахунок забезпечення рівномірного впливу потоку знежиреного молока на центральну та периферійну частини струменю вершків.

При подаванні в гомогенізатор вершків з жирністю 30% (рис. 3), плазма знежиреного молока та вершків матиме однакову швидкість. При

цьому жирові кульки матимуть відмінну від них швидкість, але будуть достатньо швидко досягати швидкості руху плазми, оскільки високий відсоток плазми в них забезпечить мінімальну різницю швидкостей фаз.

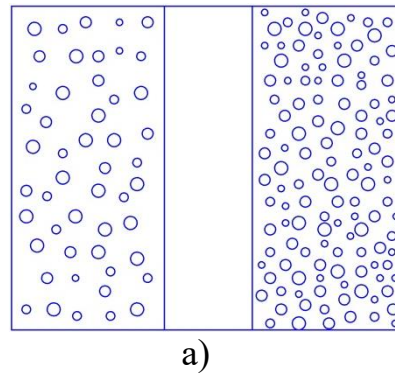


Рис. 3. Канал подавання вершків з дисперсною фазою а) жирністю 30%; б) з жирністю 50%

У випадку використання вершків меншої жирності для забезпечення необхідної жирності вихідного продукту, дисперсну фазу треба буде подавати з більшою швидкістю, відносно варіанту з використанням вершків з 40% та більшою жирністю вершків, в результаті чого зростатимуть енергетичні витрати процесу диспергування. За інших рівних умов, вершки з жирністю, наприклад, 10, 20 та 40% будуть різнитись між собою кількістю жирових кульок в одиниці об'єму та відстанню між ними (рис. 3). Подача вершків жирністю 20% повинна проходити з більшою швидкістю, що призведе до зниження різниці швидкостей фаз та погіршить якість диспергування. Іншим варіантом може бути збільшення діаметру каналу подавання жирової фази, однак, в цьому випадку також буде відбуватись зниження якості диспергування, оскільки потік знежиреного молока буде встигати подрібнювати лише периферійну частину струменю.

При використанні вершків з більшим відсотком жирності, зростає вірогідність коалесценції, при зіткненні подрібнених жирових кульок, не вкритих білковою оболонкою. Попередити це явище можна шляхом використання технології, яка найменше дестабілізує жирову фазу молока або додаванням емульгаторів при виробництві молочних продуктів, які забезпечать достатню кількість білкової речовини для покриття знов утворених вільних поверхонь подрібнених жирових крапель.

Використання вершків, що мають більшу жирність дозволить подавати дисперсну фазу у меншій кількості, згідно рівняння матеріального балансу. Менша кількість вершків за тієї же жирності вихідного продукту дозволить зменшити швидкість подавання вершків, в результаті чого стане можливим забезпечити максимальну різницю швидкостей фаз, а отже і найбільш ефективне диспергування суміші.

Запропонований спосіб дозволяє подавати вершки по каналах, площа яких обумовлює якість процесу, виходячи з умови забезпечення необхідної жирності з рівняння матеріального балансу. Діаметр каналу подавання

жирової фази, площа перетину камери гомогенізації та надлишкові тиски подавання знежиреного молока та вершків обумовлюють параметри нормалізації суміші.

Використання каналів подавання жирової фази, що мають діаметри 0,6–0,8 мм забезпечують високі значення швидкості струменю вершків, необхідні для забезпечення заданої жирності молока на виході з гомогенізатору. При швидкості вершків, що перевищує 100–120 м/с зменшення середнього розміру жирових кульок відбувається по типу гомогенізації у зоні клапанної щілини. Дисперсні характеристики суміші в цьому випадку визначаються за емпіричною формулою, запропонованою Н. В. Барановським. Але для створення таких швидкостей, енергетичні витрати процесу будуть знаходитись на рівні клапанних машин, що неефективно. Отже, швидкість струменю вершків, що подається в струминний гомогенізатор має бути меншою або дорівнювати 100–120 м/с.

3. Обробка, аналіз одержаних результатів

Залежність $k_c = k_{cжс} k_{cш} k_{cd} = f(\mathcal{J}_\theta, d_\theta, \nu_\theta)$ необхідно визначити експериментально.

$$We^c = \frac{2\rho_{пл} \cdot (k_{cжс} k_{cш} k_{cd})^2 \nu_{zn}^2 d_{cp}}{\sigma_{жс-п}}. \quad (5)$$

Для руйнування жирових кульок необхідно досягнення значення критерію Вебера We^c рівним (або більшим) за критичне We_k

$$We^c = \frac{2\rho_{пл} \cdot (k_{cжс} k_{cш} k_{cd})^2 \nu_{zn}^2 d_{cp}}{\sigma_{жс-п}} \geq We_k \quad (6)$$

Критичні значення чисел Вебера для руйнування крапель в потоці повітря визначені експериментально $We_k \geq 8-12$. Однак для руйнування жирових кульок в потоці знежиреного молока, його значення буде вище, враховуючи більшу залученість до потоку сусідніх шарів плазми. Діапазон критичних значень критерію Вебера (We_k) для різних типів гомогенізуючих пристроїв має істотні відмінності, так як для руйнування у потоці рідини його значення буде більшим внаслідок включення в потік сусідніх шарів рідини. Найближчим за механізмом гомогенізації до дослідної є протитечійно-струминна гомогенізація, для якої експериментально підтверджені значення We_k знаходяться в межах 500–600. Але ці значення відносяться до модифікованого критерію Вебера для протитечійно-струминної гомогенізації, тому значення We_k будуть меншими. Для розрахунків прийmemo значення $We_k = 100$.

$$H_m = \frac{2\varphi^2 d_{cp} \Delta p_{zn}}{We \sigma}. \quad (7)$$

Н.В. Барановський для оцінювання діаметру жирових кульок після

подрібнення запропонував емпіричну формулу

$$d_{cp} = \frac{3,8}{\sqrt{\Delta p_{zn}}} \quad (8)$$

Але в нашому випадку більш вірно буде для визначення цього параметру використовувати наступну залежність, отриману з формули (3.2.9) та (7) після перетворень

$$d_{cp} = \frac{We\sigma}{2\varphi^2 \Delta p_{zn}} \quad (9)$$

Виразимо We з (6) та враховуючи (7) та (9) отримуємо

$$We = \frac{\Delta p_{zn} 2\varphi^2 (k_{cж} k_{cш} k_{cd})^2 d_{cp}}{\sigma} \quad (10)$$

$$d_{cp} = \frac{We\sigma}{\Delta p_{zn} 2\varphi^2 (k_{cж} k_{cш} k_{cd})^2} \quad (11)$$

Середній розмір жирових кульок на рівні 1 мкм при $k_{cж} k_{cш} k_{cd} = 0,4$ можна отримати при тиску подачі знежиреного молока, що дорівнює 85 м/с (рис. 4).

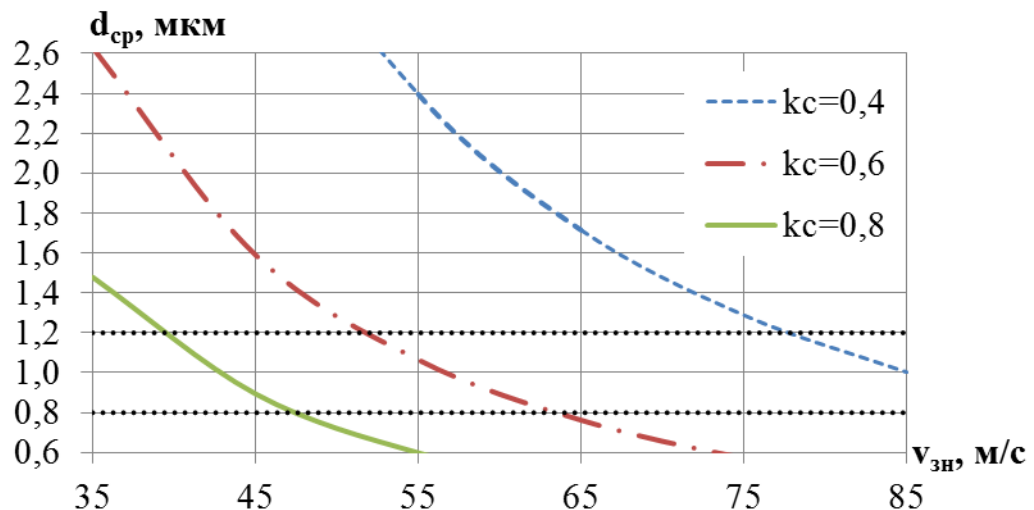


Рис. 4. Графік залежності середнього діаметра жирових кульок d_{cp} від швидкості знежиреного молока і коефіцієнту струминної гомогенізації $k_{cж} k_{cш} k_{cd}$ (при $We_k=100$)

З графіка (рис. 4) видно, що збільшення коефіцієнту до значення $k_c=0,8$ струминної гомогенізації дозволяє розширити діапазон швидкостей (55–85 м/с) у якому можна отримати жирові кульки з середнім розміром 0,5–1 мкм. При $k_c=0,8$ високий ступінь диспергування забезпечується в усьому діапазоні швидкостей. Зниження коефіцієнту струминної гомогенізації до $k_c=0,6$ призводить до звуження діапазону швидкостей (52–63 м/с) при яких можна отримати жирові кульки з середнім діаметром на рівні 0,8–1,2 мкм. Слід зауважити, що характер залежності, що описує збільшення коефіцієнту струминної гомогенізації змінюється з параболічного при $k_c=0,4$ на близький до лінійного при $k_c=0,8$.

Визначальним параметром, від якого залежить дисперсність жирової фази є швидкість знежиреного молока v_{zn} в місці подачі жирової фази. Її значення можна визначити з подачі знежиреного молока Q_{zn} і розміри камери гомогенізатора

$$v_{zn} = \frac{Q_{zn}}{\varepsilon_k S} \quad (12)$$

μ_k – коефіцієнт витрат для центральної частини камери.

$$S = a \cdot h \quad (13)$$

де h – висота камери по внутрішньому розміру, м;

a – відстань центрального каналу в місці найбільшого звуження камери гомогенізації, м.

За урахуванням (13) формула (12) приймає вигляд

$$d_{cp} = \frac{We_k \varepsilon_k^2 \left(\frac{\pi d}{4}\right)^2}{2 \rho_{пл} k_c^2 Q_{zn}^2}, \quad (14)$$

При підвищенні μ_k, a, h середній розмір жирових кульок збільшується (рис. 5).

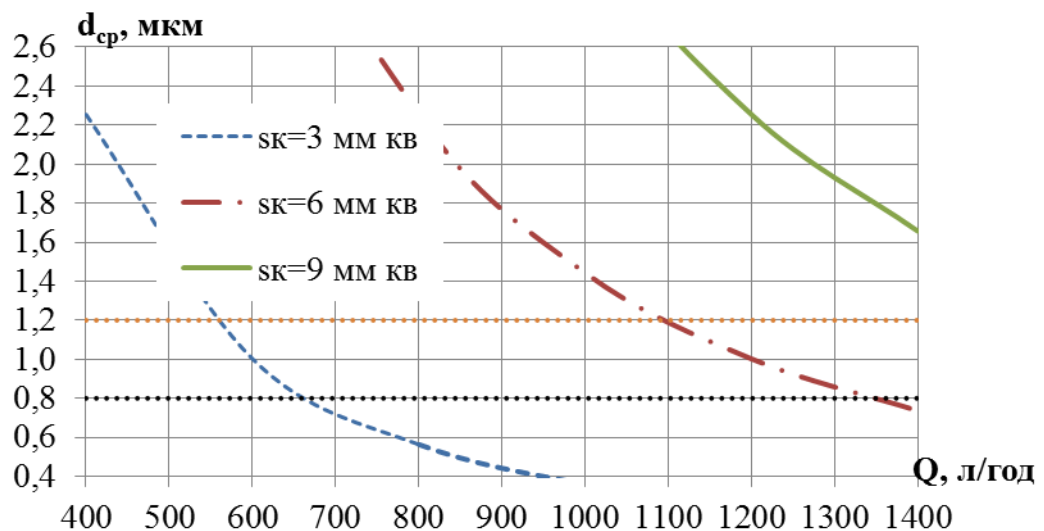


Рис. 5. Залежність середнього діаметра жирових кульок d_{cp} від подачі знежиреного молока Q і перерізу найбільшого звуження центрального каналу s_k (при $We_k=100$, $k_c=0,6$, $\mu_k=0,7$)

Аналіз графіка (рис. 5) свідчить про те, що при $s_k=3$ мм² отримати продукт з заданим ступенем дисперсності (0,8–1,2 мкм) можна у діапазоні продуктивності 550–650 кг/год, що не задовольняє вимоги до промислових машин. Збільшення перерізу найбільшого звуження до $s_k=6$ мм² дозволяє при аналогічному рівні якості досягти продуктивності 1100–1330 кг/год, що задовольняє вимогам до промислових машин. Подальше збільшення показнику $s_k=9$ мм² призводить до стрімкого збільшення середнього розміру жирових кульок, що пояснюється розширенням зони локалізації максимальної різниці швидкостей фаз та втратою енергії потоку, що

підтверджує результати отримані при моделюванні процесу в ANSYS.

Форма внутрішньої поверхні камери гомогенізатора визначає коефіцієнти витрат та швидкості потоку знежиреного молока. Найбільш характерними типами камери можуть бути:

- циліндричні ($\varphi=0,82$; $\mu=0,82$; $\varepsilon=1$),
- конічні, що сходяться з кутом конусності (12 – 15) ($\varphi=0,96$; $\mu=0,95$; $\varepsilon=0,98$);
- коноїдальні насадки з ($\varphi=0,98$; $\mu=0,98$; $\varepsilon=1$).

Найбільш високі значення швидкості (за рахунок низьких значень), а отже і дисперсності можливо отримати при використанні камери конічної форми (рис. 6). Це відбувається за рахунок зниження швидкості при збільшенні μ_k, a, h , завдяки чому згідно формули (14) відбувається зменшення d_{cp} .

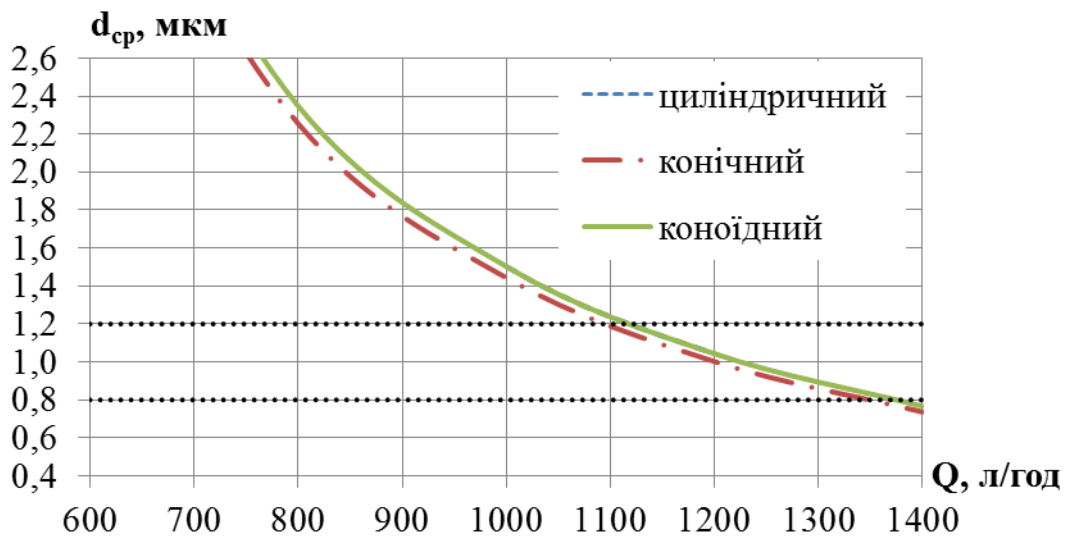


Рис. 6. Залежність середнього діаметра жирових кульок d_{cp} від відстані у місці найбільшого звуження центрального каналу a і коефіцієнту витрат для центральної частини камери μ_k (при $We_k=100$, $k_c=0,5$)

Аналіз залежності середнього діаметра жирових кульок від відстані у місці найбільшого звуження центрального каналу a і коефіцієнту витрат для центральної частини камери μ_k (рис. 6) свідчить що зміна μ_k незначно впливає на середній діаметр жирових кульок. При цьому найкращі показники дисперсності забезпечується при використанні камери, що має конічну форму.

Отже для підвищення дисперсності жирової фази при гомогенізації молока в струминному апараті з роздільним подаванням жирової фази (зменшення d_{cp}) необхідно виконання умов (15)

$$\begin{aligned} (We_k, \sigma_{жк-н}, \mu_k, a, h) &\rightarrow \min ; \\ (k_c, Q_{зн}) &\rightarrow \max . \end{aligned} \quad (15)$$

Знизити:

- поверхневий натяг на границі жир-плазма $\sigma_{ж-п}$ можливо за рахунок підвищення температури гомогенізації;
- коефіцієнт витрат μ_k за рахунок профілювання внутрішніх поверхонь робочої камери.

При аналізі експериментальних залежностей критичне значення критерію Вебера дорівнює 200, але дійсне критичне значення критерію Вебера можна визначити після знаходження реальних значень коефіцієнтів впливу жирності, швидкості та діаметра каналу подачі вершків. Підвищення швидкості подачі знежиреного молока вище 70 м/с майже не впливає на показники дисперсності гомогенізованого молока.

До підвищення дисперсності гомогенізованого молока призводить збільшення жирності вершків, що використовуються для подачі у СГ. При $u_b > 100$ м/с гомогенізація відбувається по типу клапанних гомогенізаторів, при цьому середній розмір жирових кульок наближується значень, отриманих аналітичним шляхом. При швидкості подачі вершків $40 < u_b < 80$ жирові кульки мають найбільші розміри після диспергування, а при зниженні до $u_b < 30$ м/с відбувається зменшення їх середнього розміру на 6–10%.

Якщо не враховувати гомогенізацію, що відбувається по типу клапанних машин, що не є ефективною з точки зору енергетичних витрат процесу (в діапазоні $20 < u_b < 100$ м/с), найбільшої дисперсності в можливо досягти при швидкості вершків, що не перевищує 30 м/с. Максимальне значення коефіцієнту впливу швидкості $k_{cш} = 1$ спостерігається в діапазоні значень $u_b = 20-30$ і $90-100$ м/с, при $40 < u_b < 80$ слід відзначити, що $k_{cш} = 1,0$.

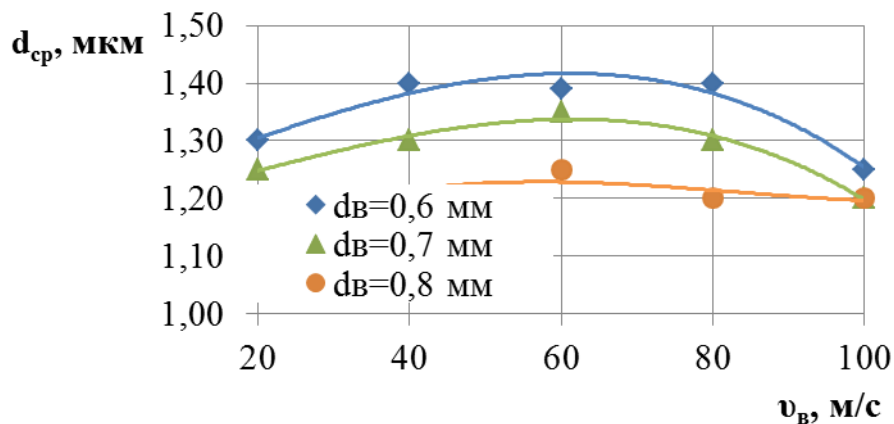


Рис. 7. Залежність середнього діаметра жирових кульок $d_{ср}$ від швидкості подачі вершків u_b і діаметра каналу подачі вершків d_v при $u_{зн} = 60$ м/с.

Зменшення діаметра каналу подачі жирової фази викликає зменшення середнього розміру жирових кульок в молоці, що відбувається за рахунок зменшення діаметру центральної частини струменя вершків (рис. 7), що має знижену швидкість обтікання жирових кульок.

При збільшенні діаметра каналу подачі жирової фази з 0,6 до 0,8 мм дисперсність продукту зростає на 8–10%.

З метою оптимізації параметрів струминного гомогенізатора необхідно зменшувати швидкість подачі вершків. Підвищення швидкості подачі вершків до 90–100 м/с призводить до зниження енергетичної ефективності гомогенізації, що відбувається по типу клапанних машин. Звідси, умову максимальної швидкості струменю жирової фази можна записати у вигляді

$$v_g = \frac{4Q_{zn} (J_{н.м} - J_{zn})}{(J_g - J_{н.м}) N \pi d_g^2} < 100 \quad (16)$$

Звідси, після перетворень отримуємо умову вибору раціонального діаметру каналу подачі вершків

$$d_g > \sqrt{\frac{v_{zn} s_k \varepsilon_k (J_{н.м} - J_{zn})}{8N (J_g - J_{н.м})}} \quad (17)$$

Прогнозований мінімальний розмір жирових кульок при значенні коефіцієнта $K_{сж} = 1$ досягається при використанні вершків з жирністю 45–55%. Значення коефіцієнту жирності струминної гомогенізації для різних діаметрів каналу подачі вершків не відрізняються при використанні вершків жирністю $J_g = 30..50\%$. При використанні вершків з жирністю менше 30% значення $K_{сж}$ зростають для $d_g = 0,8$ мм у межах 2–4% в порівнянні з $d_g = 0,6$ мм, що пов'язано з істотним впливом турбулентності потоку знежиреного молока і дією механізмів руйнування, обумовлених турбулентними завихреннями.

Уточнене експериментально підтвержене значення критерію Вебера для СГЗРФ складає 110. Таким чином підвищити дисперсність готового продукту можливо при швидкості подачі жирової фази менше 30–40 м/с, зменшуючи діаметр каналу подачі ДФ або використовуючи вершки з жирністю в діапазоні 30–50%.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Ковальов О. О. Обґрунтування коефіцієнту струминної гомогенізації/ О. О. Ковальов., Н. О. Паляничка., М. Р. Лебідь // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції Мелітополь, 2018. С. 46.

2. Kovalyov, A. Experimental investigations of the parameters of the jet milk homogenizer with separate cream supply [Text] / A. Kovalyov, K. Samoichuk, N. Palyanychka, V. Verkhohantseva, V. Yanakov // Technology audit and production reserves. - 2017. - № 3/3 (35). –pp 33-39. doi:10.15587/2312-8372.2017.103240

3. Леженкін О. М. Визначення шляху змішування та дотичних напружень в струминному гомогенізаторі молока/ О. М. Леженкін, К. О. Самойчук, О. О. Ковальов, Н. О. Паляничка, В. О. Верхоланцева/ Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти – Вип. 5.– Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017, С. 129.

Розділ 2.3. Оптимізація параметрів струминного змішування напоїв

РЕФЕРАТ

Об'єкт дослідження – процес струминного змішування рідких харчових продуктів.

Предмет дослідження – вплив параметрів і режимів роботи струминного змішувача на якість та енерговитрати змішування.

Мета роботи – визначення оптимальних параметрів струминного змішувача води та концентрату на основі підсолоджувачів для зниження енерговитрат та підвищення якості змішування рідких компонентів при виробництві солодких безалкогольних напоїв

Методи досліджень – поставлені задачі вирішувалися з використанням теоретичних методів дослідження, при проведенні яких були використанні сучасні моделі процесу змішування, руху потоку по змішувачу з урахуванням елементів вищої математики, фізики дискретних середовищ, теоретичної механіки, та математичної статистики. Експериментальні дослідження проводили в лабораторних умовах за традиційними та розробленими методиками. Процес руху потоку рідини в змішувачі вивчали за допомогою програмного комплексу ANSYS. Оптимальні технічні та конструктивні параметри струминного змішувача визначали методом математичного планування багатофакторного експерименту. Теоретичні розрахунки і статистичну обробку експериментальних даних проводили із застосуванням пакетів прикладних програм на ПЕОМ.

В результаті роботи визначено оптимальну відстань між соплами форсунок протитечійно-струминного змішувача з умови отримання найбільшої продуктивності і найвищого ступеня перемішування.

ЗМІШУВАННЯ, РІДКІ КОМПОНЕНТИ, ПРОТИТЕЧІЙНО-СТРУМИННИЙ ЗМІШУВАЧ, ПАРАМЕТРИ, ВІДСТАНЬ МІЖ ФОРСУНКАМИ, ШВИДКІСТЬ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ЯКІСТЬ

ВСТУП

При виготовленні безалкогольних напоїв одним з основних процесів є процес перемішування концентрату з підготовленою водою, тобто перемішування рідких компонентів. З огляду на зростаючі об'єми виробництва безалкогольних напоїв актуальними є розробка і впровадження у виробництво змішувачих апаратів, які забезпечать якісне перемішування рідких компонентів при мінімальних витратах енергії і часу.

Відомі різні способи перемішування рідин. В залежності від методу підведення енергії до перемішуваних середовищ, перемішування може бути пневматичним, інерційним, в потоці рідини, циркуляційним, механічним або струминним.

В результаті аналізу різних способів перемішування рідких компонентів струминне перемішування було виділено як найбільш доцільний спосіб, адже для досягнення одного й того ж технологічного ефекту при використанні інших способів витрачається більше часу і енергії. Ступінь і ефективність перемішування в струминних апаратах дуже високі внаслідок підведення значних потужностей до невеликого об'єму. Висока надійність струминних апаратів зумовлена відсутністю в них рухомих механізмів. Перемішування здійснюється за рахунок кінетичної енергії потоків рідин. Процес перемішування відбувається у відповідній камері, завдяки турбулентності потоків підведених рідин.

Програма досліджень на 2018 р.

1. Методика досліджень
2. Експериментальне дослідження якості струминного змішування напоїв
3. Обробка, аналіз одержаних результатів

1. Методика досліджень

Експериментальні дослідження проведені в Таврійському державному агротехнологічному університеті на кафедрі ОПХВ у 2018 році. Конструкція лабораторної установки захищена патентами України на корисну модель №№ 91740 і 90011.

Дослідження проводили в лабораторних умовах за традиційними та розробленими методиками. Процес руху потоків рідини у змішувачі вивчали за допомогою програмного комплексу ANSYS. Оптимальні технічні та конструктивні параметри струминного змішувача визначали методом математичного планування багатофакторного експерименту. Теоретичні розрахунки і статистичну обробку експериментальних даних проводили із застосуванням пакетів прикладних програм на ПЕОМ.

Теоретичні дослідження проводились з використанням сучасних моделей процесу змішування, руху потоку по змішувачу з урахуванням елементів вищої

математики, фізики дискретних середовищ, теоретичної механіки, та математичної статистики. Аналітичні дослідження базувались на теорії процесів переносу у зустрічних струменях. Теоретичні залежності базувалися на класичних залежностях гідродинаміки.

Експериментальні дослідження проводилися за такою методикою: у якості основи виступає водопровідна вода ГОСТ 2874-82 температурою 20°C (290°K) і щільністю 1000 кг/м^3 . Вода подається в ежектор під тиском $0,2\text{МПа}$. При проходженні крізь ежектор кінетична енергія потоку води підвищується, а потенційна знижується до створення розрідження, що досягає максимального значення у місці найбільшого звуження потоку, тобто на виході з ежектора. В камеру вводу підмішуваного компоненту підводився концентрат на основі підсолоджувачів (аспартаму та сахарину) «Лимонад» температурою 20°C (290°K) і щільністю 1050 кг/м^3 під атмосферним тиском. При проходженні струменя води крізь камеру вводу підмішуваного компоненту у потік води ежекується концентрат. При проходженні струменя крізь форсунку відбувається попереднє змішування води з концентратом, а при зіткненні струменів відбувається остаточне змішування рідких компонентів.

Для проведення експериментальних досліджень була виготовлена експериментальна установка, загальну схему якої показано на рис. 1. Необхідний тиск подачі основного компоненту (води) створюється насосом 1. Регулювання тиску подачі води здійснюється обертовим краном 2. Контроль тиску здійснюється за допомогою манометру 3. Вода надходить у протитечійно-струминний змішувач 4. Підмішуваний компонент потрапляє до змішувача з ємності 5. Після змішування у протитечійно-струминному змішувачі змішаний продукт відводиться до приймальної ємності 7. Контроль якості перемішування води з концентратом здійснюється за допомогою кондуктометру 6.

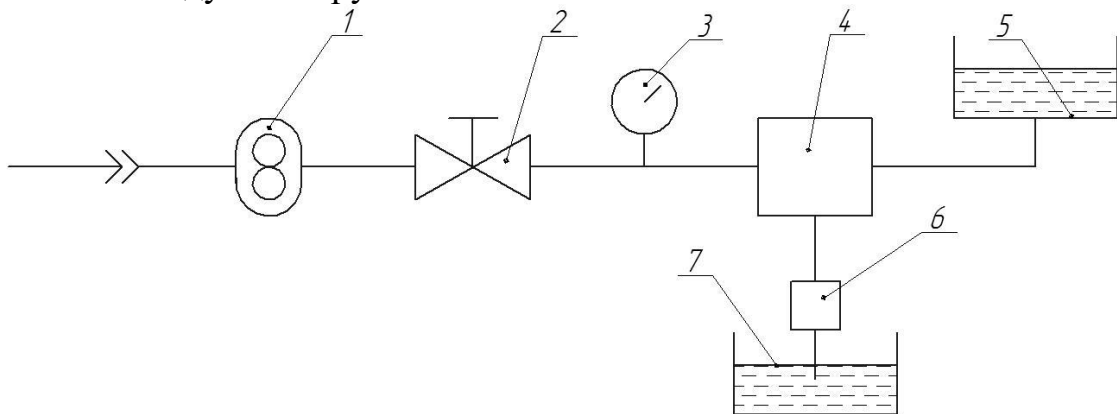


Рис. 1. Загальна схема лабораторної установки для дослідження процесу змішування. 1 – насос; 2 – обертовий кран; 3 – манометр; 4 – протитечійно-струминний змішувач; 5 – ємність з підмішуваним компонентом (концентратом); 6 – кондуктометр; 7 – приймальна ємність для змішаного продукту.

Лабораторний зразок протитечійно-струминного змішувача показаний

на рис. 2. На станині 1, встановлено камеру змішування 2, в якій співвісно встановлені дві ідентичні форсунки 5, через патрубки подачі основного компоненту 3 у форсунки 5 під тиском подається підготовлена вода, через патрубки подачі підмішуваного компоненту 4 подається купажний сироп при атмосферному тиску подачі. Змішаний продукт через вихідний отвір 6 відводиться у збірник.

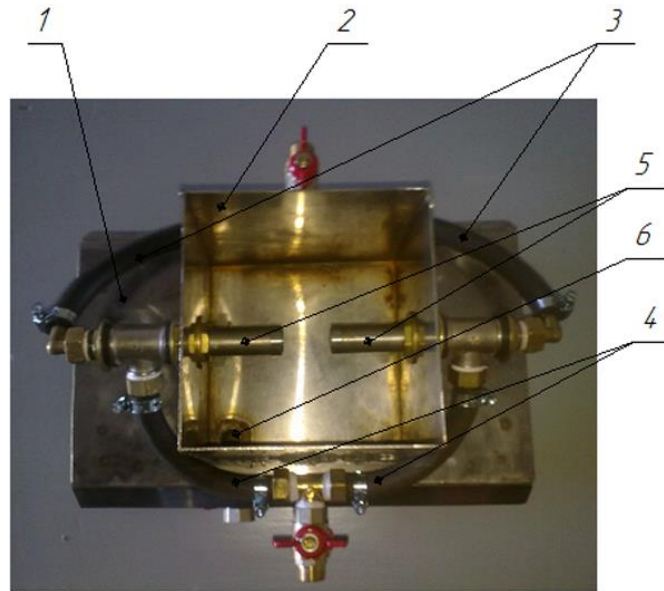


Рис. 2. Лабораторний зразок протитечійно-струминного змішувача для дослідження процесу змішування. 1 – станина; 2 – камера змішування; 3 – подача основного компоненту; 4 – подача підмішуваного компоненту; 5 – форсунка; 6 – вихідний отвір.

Візуальний контроль здійснюється крізь прозору кришку змішувача рис. 3.



Рис. 3. Процес змішування у протитечійному змішувачі.

Вивчення впливу технологічних й кінематичних параметрів на процес змішування, проводилося на описаній лабораторній установці.

Основними факторами, що визначають процес перемішування є швидкість руху потоків, турбулентність, кінетична енергія турбулентності і величина її дисипації.

Через те, що встановлення необхідних фізичних величин в лабораторних умовах є дуже проблематичним, а при отриманні деяких даних зовсім неможливим, ми застосували симуляцію процесу в програмному комплексі ANSYS.

Якість змішування залежить від таких факторів, як конструкція змішувача, інтенсивність змішування, якість перемішуваних рідин та інш. і визначає в подальшому якість вихідного продукту. Основними критеріями, які визначають процес перемішування, є число Рейнольдса, турбулентність, кінетична енергія турбулентності та величина її дисипації за площею зіткнення струменів [2].

2. Експериментальне дослідження струминного змішування напоїв

На описаній лабораторній установці досліджувався вплив технологічних і кінематичних параметрів на процес змішування.

З умови отримання високого ступеня змішування рідини швидкість у момент зіткнення повинна бути максимальною. На підставі аналізу математичних залежностей і результатів моделювання процесу струминного змішування у програмному комплексі ANSYS [4] було визначено, що максимальна якість змішування досягається при $a=d_c$.

З огляду на результати аналітичних досліджень для проведення пошукового експерименту були визначені такі межі варіювання факторів:

- відстань між соплами форсунок (нижня межа 8 мм, верхня – 24 мм, крок зміни фактору – 2 мм),
- тиск подачі води (нижня межа 1,2 атм, верхня – 2,2 атм, крок зміни фактору – 0,5 атм),
- рівень концентрату відносно осі форсунок (нижня межа 100мм, верхня – 400 мм, крок зміни фактора – 100 мм).

Експериментальні дослідження проводилися за такою методикою: основа, якою виступає водопровідна вода ГОСТ 2874-82 температурою 20° С (290° К) і щільністю 1000 кг/м³, подається в ежектор під тиском. При проходженні крізь ежектор кінетична енергія потоку води підвищується, а потенційна знижується до створення розрідження, що досягає максимального значення у місці найбільшого звуження потоку, тобто на виході з ежектора. У камеру уводу підмішуваного компонента підводився концентрат «Лимонад» на основі підсолоджувачів аспартаму та сахарину температурою 20° С (290° К) і щільністю 1050 кг/м³ під атмосферним тиском. При проходженні струменя води крізь камеру уводу підмішуваного компонента, у потік води ежектується концентрат. При проходженні струменя крізь форсунку відбувається попереднє змішування основного компоненту з підмішуваним, а

при зіткненні струменів відбувається остаточне змішування рідких компонентів. Розмір камери уводу підмішуваного компонента в обох форсунках встановлено постійним. Визначення вмісту концентрату в змішаному розчині визначалось методом титрування. Якість змішування визначалась за допомогою кондуктометру. Checker (виробник Hanna Instruments).

Відстань між соплами форсунок змінювали осьовим переміщенням форсунок у напрямних втулках.

Тиск подачі води змінювали за допомогою вихрового насосу (виробник KENLE, $H_{\max}=50\text{м}$, $Q_{\max}=50\text{л/хв}$), контроль тиску подачі води в змішувач здійснювали за допомогою манометру (ГОСТ 2405 – 88 межі вимірювання – до 6 атм).

Змінювали напір концентрату при подачі його в камеру підводу підмішуваного компонента зміною висоти ємності з концентратом відносно осі форсунок змішувача.

При відстані між соплами форсунок 24 мм, тиску подачі води 0,12...0,22 МПа, напорі концентрату 0,1...0,3 м, величині кільцевого зазору в камері ежекції 0,9 мм отримали кислотність розчину 3,08–3,46 см^3 що є позитивним результатом, так як за технологічною інструкцією виготовлення безалкогольного напою «Лимонад» кислотність напою повинна становити $3,5\pm 0,5\text{см}^3$.

Для оцінки якості перемішування було визначено середньоквадратичне відхилення σ значень електропровідності отриманого розчину при різних технологічних параметрах процесу змішування.

Результати дослідження якості перемішування рідин при даних умовах наведені на рис. 4. Отримані такі залежності електропровідності розчину від часу:

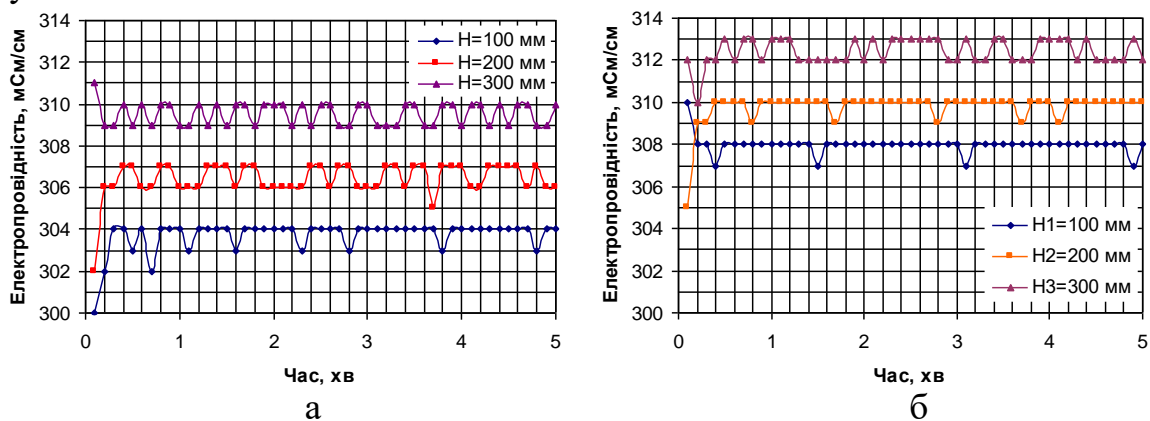


Рис. 4. Залежність електропровідності розчину від часу: а – при тиску подачі води 0,17 МПа; б – при тиску подачі води 0,22 МПа.

При тиску подачі води 1,7 атм отримали такі результати середньоквадратичного відхилення значень миттєвої концентрації продукту (рис.4а): при напорі подачі концентрату 100мм $\sigma_1=0,34$; при напорі подачі концентрату 200 мм $\sigma_2=0,47$; при напорі подачі концентрату 300 мм, $\sigma_3=0,49$.

При тиску подачі води 2,2 атм отримали такі результати середньоквадратного відхилення значень миттєвої концентрації продукту (рис. 46): при напорі подачі концентрату 100мм $\sigma_1=0,25$; при напорі подачі концентрату 200мм $\sigma_2=0,32$; при напорі подачі концентрату 300мм, $\sigma_3=0,46$.

Найвищу однорідність концентрації підмішуваного компоненту можна отримати при тиску подачі води 2,2 атм і напорі подачі концентрату 100мм ($\sigma=0,25$), а найнижчу при тиску подачі води 1,7 атм і напорі подачі концентрату 300 мм, ($\sigma=0,49$). Аналіз результатів підтверджує аналітично отриманий висновок, про підвищення однорідності змішування при підвищенні швидкості зіткнення струменів, що відбувається при збільшенні подачі через вихідні сопла апарату та при підвищенні тиску води на вході в змішувач.

3. Обробка, аналіз одержаних результатів

В результаті експериментальних досліджень впливу основних технологічних і конструктивних параметрів протитечійно-струминного змішувача на забезпечення необхідного вмісту концентрату в готовому розчині показали, що для виготовлення солодкого напою «Лимонад» із використанням концентрату на основі підсолоджувачів (аспартаму і сахарину), діаметрі сопла форсунки 8 мм оптимальними умовами є: відстань між форсунками 24 мм, напір подачі купаного сиропу 200–300 мм, тиск подачі сиропу 1,7–2,2 атм. При таких умовах забезпечується необхідний вміст концентрату в готовому розчині, а також якість перемішування рідких компонентів, яка відповідає технічним вимогам на виготовлення солодких безалкогольних напоїв.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Самойчук К.О. Аналитические исследования противоточно-струйного смесителя жидкостей / К.О. Самойчук, О.В. Полудненко, А.А.Бездитный // Труды Международного Научного Института «Educatio»: материалы VII международной научно-практической конференции/ Educatio; Новосибирск, 2014 – Вып. 7 ч. 3 с. 65 – 68

2. Самойчук К.О. Визначення відстані між соплами форсунок протитечійно-струминного змішувача безалкогольних напоїв/К.О.Самойчук, О.В. Полудненко//Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наук. фах. видання/ ТДАТУ; Мелітополь, 2015 – Вип.15 т.1 с. 30 - 38

3. Пат. 90011, Україна, МКИ⁵ A01J 11/00. Спосіб змішування рідких компонентів /Самойчук К.О., Полудненко О.В.; заявитель и патентообладатель Таврійський державний агротехнологічний університет. – № у 201313938 ; заявл. 02.12.2013; опубл. 12.05.2014. Бюл. № 9.

4. Пат. 91740, Україна, МКИ⁵ А01J 11/00. Пристрій для струминного змішування рідких компонентів /Самойчук К.О., Полудненко О.В.; заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. – № u201402154 ; заявл. 03.03.2014; опубл. 10.07.2014. Бюл. № 13.

5. Самойчук К.О. Результати аналізу конструкцій струминних змішувачів рідких компонентів / К.О. Самойчук, О.В. Полудненко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2013. – Вип. 13, Т.1. – С. 205-211.

6. Самойчук К.О. «Обоснование конструкции смесителя жидких компонентов с помощью компьютерного моделирования»/ К.О. Самойчук , О.В. Полудненко // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: сборник научных статей. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. Аграрного у-та, 2013. – 140с. С. 86 – 92.

7. Самойчук К.О. Результати комп'ютерного моделювання процесу змішування рідких компонентів у струминному змішувачі / К.О. Самойчук, О.В. Полудненко // Обладнання та технології харчових виробництв : Донецьк – 2013.– Вип. 30. – С. 300-305.

8. Обґрунтування конструкції змішувача рідких компонентів за допомогою комп'ютерного моделювання/ К.О.Самойчук, О.В.Полудненко // Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 75-річчю з дня народження ректора університету (1988-1991рр.), д.т.н., проф., член-кореспондента ВАСГНІЛ Беляєва М.І. «Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг» 19 листопада 2013 року – Харків, 2013, Частина I. – с.384 – 386.

9. Циб В.Г. Аналіз методів оцінювання якості змішування рідких компонентів при виробництві безалкогольних напоїв/В.Г.Циб, О.В. Полудненко, Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наук. фах. видання/ ТДАТУ; Мелітополь, 2014 – Вип.14 т.1 с. 7 –12.

10. Полудненко О.В. Результати пошукового експерименту протитечійно-струминного змішування безалкогольних напоїв /О.В. Полудненко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь: ТДАТУ. - 2016. – Вип. 16., Т.1. - С. 261 – 268.

11. Самойчук К.О. Визначення вмісту цукрового сиропу при змішуванні у протитечійно-струминному апараті/ К.О. Самойчук, В.В. Паніна, О.В. Полудненко // Збірник праць XVI Міжнародної наукової конференції «Удосконалення процесів і обладнання харчових та хімічних виробництв» - Одеса: ОНАХТ – 2016. – С. 327 – 334.

12. Дейниченко Г.В. Визначення оптимальної відстані між соплами форсунок протитечійно-струминного змішувача безалкогольних напоїв/ Г.В. Дейниченко, К.О. Самойчук, О.В. Полудненко // Тези Міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність» 19 травня 2016 р. – Харків, ХДУХТ. – 2016. – С. 276–278.

13. Самойчук К.О. Аналіз процесу протитечійно-струминного змішування напоїв / К.О. Самойчук, О.В. Полудненко, В.Г. Циб // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, ТДАТУ. – Вип. 17. Т.1 – 2017. – С. 178–183.

14. Дейниченко Г.В. Експериментальні дослідження концентрації цукру під час протитечійно-струминного змішування солодких напоїв / Г.В. Дейниченко, К.О. Самойчук, О.В. Полудненко. // Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 50-річчю заснування Харківського державного університету харчування та торгівлі: Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність (18 травня 2017р). Харків, ХДУХТ. – Ч. 1. – С. 280–281. С. 246–247.

15. Samoichuk. K. Experimental investigations of sugar concentration for counterflow jet mixing of drinks/ K. Samoichuk, O.Poludnenko, N.Palyanichka, V. Verkholyantseva, S. Petrychenko // Technology audit and production reserves, Poltava State Agrarian Academy: Poltava. – 2017. №2/3 (34). – P. 41–59. (Ulrich's Periodicals Director, DRIVER, BASE, Index Copernicus, ПИИЦ, ResearchBib, DOAJ, WorldCat, EBSCO, Directory Indexing of International Research Journals, DRJI, OAJI, Sherpa/Romeo, Open Access Articles, SCOPUS).

16. Viunyk O., Samoichuk K., Smielov A., Panina V. Experimental investigations of the process of mixing liquids in a counter-jet mixer// Slovak international scientific journal: Bratislava – № 14, (2018). – Vol. 1. – 2018. – P. 32–37.

Тема 3. Вдосконалення процесів та обладнання для переробки і зберігання зерна, переробки відходів та вторинних продуктів сільськогосподарського виробництва.

Розділ 3.1 Обґрунтування параметрів процесу сушіння рослинницької продукції із застосуванням віброконвеєрної інфрачервоної сушарки

РЕФЕРАТ

В якості об'єкта дослідження маємо конвеєрні вібраційні технологічні машини, які обумовлюють тенденцію поєднання двох перспективних напрямів вдосконалення технологічного обладнання – розвиток конвеєрних та вібраційних технологічних машин.

Розвиток даного напрямку обґрунтовується необхідністю створення технологічних автоматизованих ліній з комплексною вібраційною обробкою продукції для досягнення вищих форм безперервності та пропорційності. Така тенденція відповідає росту технологічного прогресу в аспекті вдосконалення технологічного обладнання.

СУШІННЯ, ЗЕРНОВІ КУЛЬТУРИ, ОЛІЙНІ КУЛЬТУРИ, ВІБРАЦІЯ, ІНФРАЧЕРВОНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ, ПРОДУКЦІЯ

ВСТУП

Збереження та раціональне використання всього вирощеного врожаю - одна з основних задач держави. У зв'язку сезонністю сільськогосподарського виробництва виникає необхідність зберігання сільськогосподарських продуктів для їх використання на різні потреби протягом року і більше.

Збереженість зерна до його реалізації – досить складне завдання, особливо в останні роки, коли більшість сільгоспвиробників зберігають його безпосередньо в господарстві. Труднощі в організації зберігання зерна зумовлюються його фізіологічними та біохімічними властивостями. В зерні, як і в будь-якому живому організмі, постійно протікають складні біохімічні процеси, інтенсивність яких залежить від умов навколишнього середовища – вологості, температури, аерації.

Використання вібраційних коливань у технологіях зумовлене потребами підвищення інтенсивності, поліпшення якісних показників, а в деяких випадках і можливістю реалізації технологічних процесів.

Програма досліджень на 2018 р.

1. Вібротехнологій у процесах зберігання сільськогосподарської продукції
2. Перспектива розвитку конвеєрних вібраційних сушарок

3. Процес інфрачервоного сушіння зернової продукції з віброхвильовим конвеєром

1. Вібротехнології у процесах зберігання сільськогосподарської продукції

Одним з найбільш розповсюджених та ефективних засобів інтенсифікації означених процесів є використання вібраційного поля. Внаслідок впливу такого технологічного фактору має місце інтенсивний як циркуляційний, так і відносний рух часток продукції в робочій камері по найрізноманітнішим та як завгодно складним траєкторіям, що зумовлює оптимальні умови для здійснення тепло- та масообміну. Крім того, можливість регулювання параметрів вібрації в широких межах дозволяє впливати як на значні об'єми продукції, так і на дуже локалізовані її області.

Багато розробок технологічного застосування коливань пояснюються їх доцільністю і економічністю. Можна сказати, що ефективність використання вібрацій у багатьох випадках пов'язана зі своєрідним проявом законів механіки в умовах вібраційного впливу на різні механічні системи.

У вібраційному полі зчеплення між частками технологічної маси послаблюється, що призводить до виникнення в системі станів псевдозрідження і псевдотекучості. Такий стан оброблюваного середовища характеризується створенням сприятливих умов як для ефективного перемішування маси за рахунок збільшення площі контактної взаємодії, так і для зниження витрат на переміщення матеріалу внаслідок зменшення величини внутрішнього тертя, що реалізується у процесах зберігання при допомозі вібротехнічних барабанного та конвеєрного типів.

По досягненні величини прискорення силового поля рівного прискоренню вільного падіння спостерігається найбільш повна укладка часток продукції, що успішно використовується в процесах ущільнення і формування технологічної маси. Подальше підвищення прискорення силового поля зумовлює перехід від стану псевдозрідження до псевдокипіння маси продукції, що характеризується значним збільшенням взаємодіючих поверхонь і швидкості конвективної дифузії, зниженням сил внутрішнього тертя і ефективної в'язкості в технологічній масі. Це дозволяє ефективно здійснювати процеси сушіння ряду дисперсних систем, зокрема, зернової та зернокруп'яної продукції; насичення сировини газовим середовищем (наприклад, при збиванні білкових або шоколадних мас); гомогенізації ряду технологічних мас, тобто при подрібненні матеріалу з одночасним його перемішуванням по всьому робочому об'ємі. Застосування вібрації доцільно застосовувати також спільно з іншими видами безперервних механічних видів обробки: при екструзійному формуванні виробів, тобто обробці методом безперервного зрушення; в умовах об'ємного стискання систем в процесах ущільнення дисперсних структур.

Таким чином, універсальність вібраційної обробки полягає в тому, що вона є найбільш ефективним серед механічних методів загальним засобом

регулювання динамічного стану продукції при здійсненні різноманітних технологічних задач.

Так, внаслідок коливного руху робочих органів вібротранспорту спостерігають достатньо складні траєкторії руху часток робочого середовища та запасасться значна потенціальна енергія внаслідок якісної зміни характеру положень рівноваги структурних елементів системи, розділення часток продукції в залежності від їхніх фізико-механічних властивостей, інтенсивного перемішування маси матеріалу та відповідного оновлення поверхонь контакту з тепло- або холодоносієм, що знаходять використання в широкому спектрі технологій зберігання, зокрема при застосуванні віброхвильових конвеєрних систем в умовах інфрачервоного опромінення або семіфлюїдизаційного режиму обробки.

Зберігання, що є заключним етапом виробництва зерна, - це наука, яка вивчає особливості зерна і зернових мас в цілому як об'єктів зберігання, а також вплив фізичних, хімічних і біологічних факторів на стан зерна. Вібромеханічна інтенсифікація даних процесів дозволяє використати потенціал мінімізації енерговитрат, високої продуктивності обробки при максимальному збереженні вихідних якостей зерна і зернових продуктів.

2. Перспектива розвитку конвеєрних вібраційних сушарок

Першій ступені досконалості відповідають комбіновані вібраційні машини, в яких вібрація застосовується як засіб, що знижує сили внутрішнього тертя в сипучому середовищі, поліпшує умови його транспортування та зменшує кут самопливного руху. При цьому переміщення вантажу може відбуватися або за допомогою тягових органів (вібраційно-тягові машини), або під дією аеродинамічного чи гідродинамічного напору (вібропневматичні чи віброгідролінічні машини), або під дією електромагнітного поля (вібромагнітні машини).

У вібраційних транспортно-технологічних машинах другого типу вібрація не тільки знижує сили внутрішнього тертя при транспортуванні, але й забезпечує примусове вібропереміщення матеріалу по робочому органі. Серед машин даного типу можна виділити бункерні живильники, вібраційні лотки-транспортери та підйомники.

Серед технологічного обладнання конвеєрного типу, що виконує транспортну функцію, найбільшою ефективністю відрізняються вібраційні та хвильові конвеєри. Наступна ступінь досконалості вібраційного конвеєрного обладнання вимагає виконання також деяких технологічних функцій. Подібна схема процесу реалізована у вібраційних транспортно-технологічних машинах.

Суттєвою ознакою конвеєрної вібраційної технологічної машини, що визначає можливість існування її як такої, є наявність вібраційної технологічної дії при поточному способі організації роботи машини. Основні істотні та суттєві властивості конвеєрних вібраційних машин наведені на рис. 1, де наочно ілюстрована динаміка зміни даних властивостей по мірі

технологічного вдосконалення машин від транспортуючих до транспортно-технологічних та технологічних.

Так переміщення виступає відповідно як єдиний, основний і далі як допоміжний технологічний рух. Вібраційна дія являє собою основний динамічний фактор роботи машини і спрямована на здійснення суто транспортного руху у вібраційних доставочних конвеєрах, технологічного руху або поєднання обох останніх операцій – у вібраційних технологічних машинах.

Спосіб реалізації транспортного та технологічного рухів, тобто основних складових виробничого процесу, здебільшого, визначає різноманітність конструктивного виконання конвеєрних технологічних машин.

Для машин даного типу транспортний рух може здійснюватись за допомогою гравітаційних сил або під впливом додаткового вібраційного поля, або за рахунок спеціальної форми робочої камери, або за допомогою допоміжних вібраційних транспортерів чи конвеєрних ліній. Найпростішим конструктивним рішенням гравітаційного переміщення продукції або технологічного завантаження є похиле розташування робочого контейнера. Вібраційне транспортування здійснюється за допомогою віброзбуджувача, що створює основний технологічний рух чи під дією спеціальних додаткових вібраторів, які встановлюються на коливальній трасі. Яскравим прикладом машин, в яких одночасно відбувається транспортний та технологічний рух за рахунок спеціальної форми робочої камери, є гвинтові ротори.

3. Процес інфрачервоного сушіння зернової продукції з віброхвильовим конвеєром

На сучасному етапі, в умовах ринкової економіки на Україні з виникненням фермерських і орендних підприємств, виникли нові вимоги до техніки, яка використовується для післязбиральної обробки, і зокрема, сушки зернових та олійних культур. Загальні теоретичні і практичні основи сушки зерна базуються на фундаментальних наукових працях О.Г. Бурдо, А.С. Гінзбурга, А.А. Долінського, В.І. Жидко, О.В. Ликова, Л.А. Орлова, О. Кришера, Г.К. Філоненко та інших відомих вчених .

Проблемою створення високопродуктивного сушильного обладнання є забезпечення високої інтенсивності вологовидалення при мінімізації енерговитрат та максимальному збереженні вихідних властивостей сировини, що лежить в основі мети та відповідно задач даного дослідження.

Одним з найбільш розповсюджених та ефективних засобів інтенсифікації означених процесів є використання вібраційного поля. Внаслідок впливу такого технологічного фактору має місце інтенсивний як циркуляційний, так і відносний рух часток продукції в робочій камері по як завгодно складним траєкторіям, що зумовлює оптимальні умови для здійснення тепло- та масообміну. Крім того, можливість регулювання

параметрів вібрації в широких межах дозволяє впливати як на значні об'єми продукції, так і на дуже локалізовані її області.

Широке розповсюдження знайшли вібраційні конвеєрні технологічні машини, що мають спеціальні механізми для реалізації транспортної операції у вигляді відомих механічних транспортерів, серед яких перевагу надають стрічковим конвеєрам. Надалі реалізація та удосконалення віброконвеєрних установок відзначалося застосуванням недеформувального транспортуючого органу, режимами руху сипкої маси з підкидуванням при використанні електромагнітних віброзбуджувачів. Саме удосконалення останніх визначало пріоритетний напрямок досліджень при проектуванні конвеєрних вібромашин.

Математичне моделювання даних процесів, теоретичні та експериментальні дослідження закономірностей їх реалізації, розробка конструктивних схем хвильових та вібраційних транспортуючих машин наведені у фундаментальних працях А.О. Співаковського, І.Ф. Гончаревича, К.Ф. Фролова.

Одномасна вібраційна транспортуюча машина включає вантажонесучий орган, що встановлюється на фундамент через пружний зв'язок. Коливання вантажонесучому органу передаються механічним приводом з пружним шатуном. Установки даного типу відрізняються конструктивною простотою, але внаслідок неврівноваженості сил інерції коливаючих мас привід підлягає дії великих динамічних навантажень. Другим недоліком цих машин є підвищені витрати енергії на здолаття шкідливих опорів, що діють в системі.

Тому у двомасній системі передбачена наявність реактивної маси, яка може бути також ізольованою від опорних конструкцій через додаткові пружні елементи. Вібраційні конвеєрні машини різняться також типом приводу, що ілюстровано. Вібраційне переміщення з успіхом застосовується при транспортуванні як в горизонтальній, так і у вертикальній площині, при переміщенні як сипучих, пороховидних, так і рідких, липких та пластичних мас. Вібраційне транспортування може здійснюватися або при асиметрії сил інерції, або при асиметрії сил тертя, або при асиметрії як сил інерції, так і сил тертя, що діють на вантаж в процесі зворотньо-поступального руху вантажонесучого органу.

Найбільш близьким по сутності здійснення до вібраційного конвеєра є хвильовий конвеєр. Основним елементом цього типу машин є деформувальний вантажонесучий орган, в якому тим або іншим способом створюються хвильові рухи.

Хвильове переміщення є більш загальним випадком транспортування ніж вібраційне. Так, вібраційне переміщення являє собою приватний випадок хвильового транспортування, коли довжина вантажонесучого органу незначна по відношенню до довжини хвилі. Таким чином, можливості хвильових установок по різноманітності режимів транспортування набагато перевищують вібраційні транспортуючі машини. Хвильове переміщення досягається за рахунок поперечних і повздовжніх стоячих та біжучих хвиль

на транспортувальній поверхні. При цьому мають вагу конфігурація хвилі та співвідношення швидкості транспортування та швидкості розповсюдження біжучих хвиль.

Подальший розвиток такий клас машин знайшов при застосуванні деформувального елемента при здійсненні транспортного руху, що має місце у розроблених віброхвильових конвеєрних системах, що дають унікальні ефекти при реалізації терморадіаційного сушіння, семіфлюїдизації та інших тепломасообмінних процесів за рахунок максимального збільшення поверхні контактної взаємодії з енергоносієм, рівномірності обробки при мінімізації енерговитрат та металоємкості конструкцій машин.

Серед особливостей хвильових конвеєрів можна виділити: наявність повздовжніх деформацій вантажу; повна врівноваженість приводного механізму, так як для них, на відміну від вібраційних, характерна відсутність періодичного переміщення зосереджених мас за рахунок того, що при роботі хвильових конвеєрів відбувається лише періодична зміна форми деформувального робочого органу.

Поряд із хвильовим транспортером, в основу дії якого покладений ефект тиску хвиль, представляє інтерес хвильовий рушій, що переміщується за рахунок спрямованого випромінювання хвиль. Для реалізації цього руху по одновірній пружній напрямній необхідно, щоб рушій поєднував в собі одночасно два типи когерентних джерела коливань, один із яких збуджує хвилі в напрямній синфазно в обидві сторони, а другий – протифазно. В результаті інтерференції сумарне випромінювання спрямоване в одну сторону та під дією сил віддачі (реакції випромінювання) відбувається рух.

Проблему складає високе термічне навантаження на поверхневі шари сипкої продукції. Розроблена установка (рис.1) з інфрачервоним опромінюванням зернового матеріалу дозволяє, по-перше, завдяки вібромеханічному приводу забезпечити об'єкту переробки необхідний рівень активності речовин і вологості; по-друге, при допомозі опромінювачів 8 реалізувати необхідну енергетичну і технологічну ефективність процесу; по-третє, від віброзбуджувачів 4,5 способом механічної дії утворити на поверхні стрічки 3 хвилю, що дає можливість здійснити одночасно транспортування і перемішування матеріалу 15.

Аналіз віброхвильової коливальної системи проводимо за кінематичними, силовими та енергетичними критеріями оцінки. В якості кінематичних характеристик досліджуємо амплітуду коливань, кутову швидкість обертання приводних валів віброзбуджувачів, віброшвидкість та віброприскорення.

Синхронізацію роботи віброзбуджувачів в опорних котках машини проводимо з метою отримання таких параметрів хвилі на робочій частині трічки, щоб забезпечити як стійку подачу продукції, так і максимальну продуктивність машини. При цьому необхідно задовольнити умови досягнення потрібного вилучення енергії за один прохід продукції на хвильовому конвеєрі. Отримані експериментальні дані згідно з планом досліджень дозволять обґрунтувати режимні параметри розробленої

віброхвильово інфрачервоної сушарки, провести її техніко-економічний та функціонально-вартісний аналіз, а також перевірити адекватність математичного моделювання досліджуваного процесу.

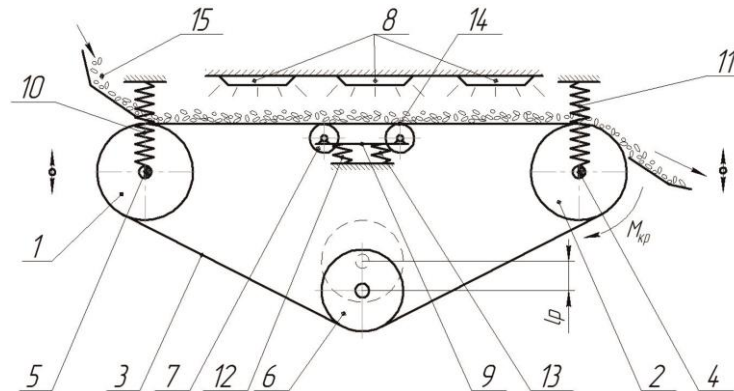


Рис. 1. Схема віброхвильової конвеєрної установки для терморадіаційного сушіння

1,2 – опорні робочі котки; 3 – стрічковий деформувальний транспортуючий елемент; 4,5 – механічні вібробудувачі; 6 – натяжний коток; 7,14 – підтримуючі котки; 8 – панелі інфрачервоних випромінювачів; 9 – опорна платформа; 10,11 – пружні підвіски; 12,13 – пружні елементи підтримуючого пристрою; 15 – сипка маса, що обробляється.

Для вивчення впливу технологічних, енергетичних і конструктивних параметрів при інфрачервоному опромінюванні на ефективність видалення вологи з продукту була створена експериментальна установка, схема якої представлена на рисунку 3. У процесі обробки на стрічку подається певна кількість цілого зерна ріпаку або сої, отримуючи значення питомого завантаження рівними відповідно 2,5; 3,5; 5 кг/м². Після цього приводимо до руху стрічку зі швидкістю 0,13; 0,33 або 0,54 см/с. Під час руху стрічки під інфрачервоними випромінювачами продукція сприймає вплив опромінення певної потужності 100, 200, 300 Вт. При цьому по ходу стрічки вмикаємо один, два або три випромінювачі. Потужність випромінювачів регулюється за допомогою зміни сили струму, що вимірюємо за допомогою струмових кліщів.

Використовуючи чисельні значення тепломасообмінних параметрів, що були отримані в ході експериментальних досліджень інфрачервоного сушіння у рухомому шарі зернової продукції, розраховуємо основні питомі показники досліджуваного процесу. Питомий потік променистої енергії на одиницю площі опромінення $S_{оп}$, маси оброблюваної продукції та маси видаленої вологи розраховуємо за формулами (1-16):

$$N_s = \frac{N_B}{S}, \text{ Вт/м}^2; \quad (1)$$

$$N_m = \frac{N_{он}}{m_n}, \text{ Вт/кг}; \quad (2)$$

$$N_B = \frac{N_{он}}{m_B}, \text{ Вт/кг} \quad (3)$$

Маса видаленої вологи складає $m_B = m_{\sigma} + m_n - m_k$; де m_{σ} – маса бюкса; m_n – маса наважки або продукції, що висушується; m_k – маса продукції в бюксі після сушіння.

Продуктивність за обробленою продукцією Π_m та за видаленою вологою Π_B визначаємо за формулами:

$$\Pi_m = \frac{m_{np}}{\tau} = \frac{m_n}{\tau}, \text{ кг/ГОД}; \quad (4)$$

$$\Pi_B = \frac{m_B}{\tau}, \text{ кг/ГОД}, \quad (5)$$

де τ – час обробки продукції.

Об'ємна продуктивність Π_V складає

$$\Pi_V = V_m \cdot \Pi_B, \text{ м}^3/\text{с} \quad (6)$$

де $V_m = 1/\rho_B = 0,849 \text{ м}^3/\text{кг}$; $\rho_B = 1,178 \text{ кг/м}^3$ для вологи.

Відповідно питомі потоки енергії на одиницю маси вологи E_B та продукції E_m визначаємо за формулами: $E_B = \frac{E_{on}}{m_B}$;

$$E_m = \frac{E_{on}}{m_n}, \text{ Дж/кг} \quad (7)$$

Для визначення вологості продукції використовуємо вологомір для зерна AQUA-15.

Серед необхідних розрахункових даних відзначаємо наступні.

$$\Delta X = \frac{m_B}{m_{II}} = X_p - X_i, \text{ кг/кг}; \quad (8)$$

коефіцієнт масообміну $\beta = \frac{\Pi_V}{\Delta X \cdot S_3}$, м/с

де S_3 – поверхня зернини, що опромінюється: $S_3 = 0,1413 \text{ м}^2$; m_{II} – маса повітряного теплоносія.

Враховуючи особливості досліджуваного процесу, використовуємо для подальшого математичного аналізу критерії Пекле, Стентона та Бурдо:

$$Pe = \frac{v_c \cdot d}{a}; \quad (9)$$

$$St = \frac{\beta}{v_c}; \quad (10)$$

$$Bu = \frac{E_o}{Q_B}; \quad (11)$$

де $a = 12,6 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$ – коефіцієнт температуропровідності зернини; d – характерний діаметр зернини.

$$E_o = N_o \cdot \tau; \quad (12)$$

$$N_o = N_{on} + N_{np}; \quad (13)$$

$N_{np} = 300 \text{ Вт}$ – потужність приводного механізму. $Q_B = m_B \cdot r$ – кількість теплоти, що необхідна для випаровування маси вологи m_B ; r – питома теплота пароутворення, $r = 2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг (м}^2/\text{с}^2)$

Таким чином, $Bu = \frac{N_o \tau}{m_B r}$ та враховуючи, що

$$\Pi_v = \frac{m_B \cdot N_o r}{\rho_B \tau \cdot N_o r} = \frac{N_o}{\rho_B r} \cdot \frac{1}{Bu}; \quad (14)$$

$$Bu = \frac{N_o}{\Pi_v \rho_B r}; \quad (15)$$

Використовуючи другу теорему подібності Федермана-Бекінгема та теорію «розмірностей», отримуємо шукане рівняння тепло масообміну у критеріальному вигляді:

$$\beta_{ef} = A P e^{1.08} Bu^{1.2} \cdot \frac{1}{\nu} \left(\frac{\Pi_v r}{a^3} \right)^{1.2} \cdot \left(\frac{P_s d}{\rho} \right)^{1.56} \cdot \nu_c \quad (16)$$

Висновки

Розробка високопродуктивного та енергоощадного сушильного обладнання обґрунтовується необхідністю створення технологічних автоматизованих ліній з комплексною вібраційною обробкою продукції для досягнення вищих форм безперервності та пропорційності. Така тенденція відповідає конвеєрним установкам, у яких в якості інтенсифікуючих факторів виступають інфрачервоне опромінення та вібраційна технологічна дія. Комбінування терморадіаційного впливу в умовах віброзваженого шару сировини дозволяє ефективно поєднувати інтенсивність обробки, енергоощадність процесу та максимальне збереження вихідних властивостей сировини. Дані фактори були покладені в основу розробленої віброхвильової конвеєрної сушарки та складеного критеріального рівняння тепло масообміну, що дозволить закласти означені якості у проєктовані конвеєрні машини даного типу.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Паламарчук І.П., Кюрчев С.В., Верхованцева В.О. Обґрунтування параметрів процесу інфрачервоного сушіння зернової продукції з віброхвильовим конвеєром. / І.П.Паламарчук, С.В. Кюрчев, В.О. Верхованцева Наукові праці. м. Одеса Вип. 82, Т.1. – С. 122 – 127.

2. Паламарчук І. Віброхвильовий семіфлюїдизаційний процес низькотемпературної обробки рослинної сировини/І.Паламарчук, С.Кюрчев, В.Верхованцева/ Міжнародної науково-практичної конференції «Соціально – економічний розвиток аграрної сфери: Інженерно-економічне забезпечення», яка відбулася 19-20 квітня 2018року. -Тернополь. -с.283-285.

3. Паламарчук І.П. Тенденції розвитку конвеєрних вібраційних сушарок/І.П.Паламарчук, С.В.Кюрчев, В.О.Верхованцева/ The international research and practical conference «The development of technical sciences: problems and solutions» April 27–28, 2018. – Brno – 2018 – P. 9-12

4. Паламарчук І.П. Застосування вібротехнологій у процесах зберігання сільськогосподарської продукції/І.П.Паламарчук, С.В.Кюрчев,

В.О.Верхоланцева / Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції (17-18 травня 2018р., м.Умань). Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва. -с.113-115.

5. Паламарчук І.П. Застосування перспективної віброконвеєрної інфрачервоної сушарки / І.П.Паламарчук, С.В.Кюрчев/ XIX Міжнародної наукової конференції присвяченої 118-річчю від дня народження академіка Петра Мефодійовича Василенка «Сучасні проблеми землеробської механіки» 17-19 жовтня 2018р.,м. Київ– С.84 – 85.

6. Ялпачик В.Ф. Технологічне обладнання для переробки продукції рослинництва/В.Ф.Ялпачик, Н.П.Загорко, Н.О. Паляничка, С.Ф.Буденко, К.О.Самойчук, С.В.Кюрчев, В.О.Верхоланцева, В.О.Олексієнко, В.Г.Циб/ Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. - 278 с.

7. Ялпачик В. Ф. Обладнання складів. Зберігання зерна і зерно продуктів /В.Ф.Ялпачик, Н.П.Загорко, О.Г.Скляр, С.В.Кюрчев, С.Ф.Буденко, В.О.Верхоланцева, Н.О.Паляничка, Л.М.Кюрчева, В.Г.Циб/ Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2018. - 293 с.

Паламарчук І.П. Розробка основних принципів створення теплоенергетичної системи зберігання сільськогосподарської продукції /І.П.Паламарчук, С.В.Кюрчев, Л.М. Кюрчева, В.О.Верхоланцева/VII-ї Міжнародної науково-технічної конференції, 6-7 листопада 2018 р., м. Київ. – К.: НУХТ, 2018 р. – с.27-28.

Розділ 3.2. Наукові і організаційні основи дослідження енергетичного впливу тістомісильних машин.

РЕФЕРАТ

Об'єктом дослідження є: процес тістоприготування хлібопекарного, макаронного та кондитерського виробництва.

Предметом дослідження є: технологічні, конструктивні та кінематичні параметри тістомісильних машин та агрегатів у взаємозв'язку з енергетичними та якісними показниками рецептурної сировини та тіста.

Приготування тіста займає основне місце в технології виготовлення хліба і хлібобулочних виробів. Якщо ретельно провести аналіз етапів технологічного ланцюжка виробництва хліба, то можна дійти до висновку: приготування тіста є центральною ланкою, яка формує якісні показники кінцевої продукції. У хлібопекарному, макаронному та кондитерському виробництві інтенсифікувати процес тістоприготування намагаються різними способами, при цьому їх обґрунтованість, ефективність і економічність не завжди знаходили своє підтвердження. При цьому основною метою модернізації і нововведень у тістоприготування, є поліпшення технологічних параметрів компонентів у період замісу, без значних енергетичних витрат.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ, ТІСТОПРИГОТУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ХІБОПЕКАРСЬКЕ, МАКАРОННЕ ТА КОНДИТЕРСЬКЕ ВИРОБНИЦТВО, ТЕХНОЛОГІЇ.

ВСТУП

Приготування тіста займає основне місце в технології виготовлення хліба і хлібобулочних виробів. Якщо ретельно провести аналіз етапів технологічного ланцюжка виробництва хліба, то можна дійти до висновку: приготування тіста є центральною ланкою, яка формує якісні показники кінцевої продукції. У хлібопекарському виробництві інтенсифікувати процес тістоприготування намагаються різними способами, при цьому їх обґрунтованість, ефективність і економічність не завжди знаходили своє підтвердження. При цьому основною метою модернізації і нововведень у тістоприготування, є поліпшення технологічних параметрів компонентів у період замісу, без значних енергетичних витрат.

Програма досліджень на 2018 р.

Метою досліджень є визначення напрямку наукового пошуку і конструкційної розробки параметрів робочих (місильних) органів тістомісильних машин та агрегатів. Для виконання обраної мети, необхідно вирішити наступні завдання досліджень:

1. Визначення напрямку теми наукового пошуку;
2. Аналіз формулювання сучасних тенденцій розвитку інтенсифікації тістоприготування;

3. Обґрунтування перспектив наукових вишукувань і запропонування рекомендацій подальших наукових досліджень.

1. Визначення напрямку теми наукового пошуку

Скорочення часу замісу тіста в традиційних технологіях часу, без посилення впливу на тістоприготування, призводить до погіршення якості хліба. Прагнення знизити витрати на виробництво тіста, без зниження надалі органолептичних властивостей, змушує шукати шляхи інтенсифікації. Одним з таких напрямків є інтенсифікація процесу тістоприготування, що сприяє підвищенню якості технологічного процесу. Для вирішення цієї проблеми необхідний всебічний аналіз шляхів скорочення часу обробки тіста і способів поліпшення якісних показників. Так як процес замісу тіста є багатофакторним об'єктом дослідження, то необхідно виконати багатофакторні дослідження з використанням методу планування експерименту і проведення конструкторських досліджень, а також аналізу виконаних раніше теоретичних досліджень.

Як показали дослідження вчених, які займаються в галузі тістоприготування, процес замісу тіста займає 70% часу в технологічному процесі, що вище біологічного терміну дозрівання тіста. Це підтверджує аналіз технологічний процес приготування хліба, при цьому виділяються загальноприйняті схеми: опарний, безопарний спосіб і ін. У зв'язку з цим виникає потреба за рахунок інтенсифікації періоду обробки тіста зменшити тривалість замісу тіста. Інтенсифікація технологічного процесу замісу тіста зв'язана з втіленням у виробництво визначених технічних ідей. Умови експлуатації удосконаленого тістомісильного устаткування на хлібозаводах, міні хлібопекарнях, промислових переробних комплексах різних рівнів дозволяє виявляти особливості і намітити перспективи впровадження нововведень. Однак не можна розглядати пропоновані в хлібопекарного, макаронного та кондитерського виробництва наукові ідеї тільки з технічної сторони в хлібопеченні. Іншою оцінюючою стороною є технологія виготовлення хліба і хлібобулочних виробів у своїй розмаїтості. Тут критерієм оцінки є: швидкість протікання основних процесів, температура оброблюваної маси, кислотонакопичення і т.д.

2. Аналіз формулювання сучасних тенденції розвитку інтенсифікації тістоприготування

Аналіз досліджень можливості застосування в умовах хлібозаводів інтенсивних схем тістоприготування. Перевагою робіт є спроба на існуючому устаткуванні максимально прискорити випуск продукції. Недолік — недостатньо приділено уваги розкриттю питання енергетичного балансу тістоприготування. Подальше спрямованість роботи має напрямок вирішенню проблеми впливу різних способів тістоприготування на якість хліба і дослідженню процесів приготування тіста в бункерних агрегатах

безупинної дії. Перевага досліджень — зроблена спроба вирішити питання: взаємозв'язок якості тіста (хліба) і різних способів тістоприготування. Недолік праць — широта огляду й аналізу.

Наступне дослідження проблеми обмеженості застосування нових технологій у хлібопеченні. У даний момент недостатньо поширені в хлібопекарській промисловості прискорені технології приготування тіста з використанням у якості поліпшення молочної сироватки, органічних кислот із застосуванням диспергіруємої фази окисленої флори ферментальної емульсії. Основною перешкодою широкого застосування в технології виготовлення продукції є вартість нововведень і, як наслідок, подорожчання виробів, що випускаються. Проблема може бути вирішена у випадку достатньої рентабельності сектора висока ціна-відмінна якість.

Додаткові пристрої на цьому виді харчового обладнання охоплюють досить таки великий спектр механізмів. До них можна віднести: насоси для рідких середовищ, шнеки, форсунки, дозовані обладнання і т.д. Основною їхньою метою є поліпшення технологічних параметрів компонентів у період замісу, без значних енергетичних витрат. Проведемо аналіз виконаних раніше досліджень і конструкторських схем додаткових пристроїв до тістомісильних машин та агрегатів.

3. Обґрунтування перспективи наукових вишукувань і запропонування рекомендацій подальших наукових досліджень

Одним із можливих шляхів інтенсифікації замісу тіста є установа взаємозв'язку рецептури хліба і хлібобулочних виробів і технологічного процесу замісу тіста. Розглянемо можливості інтенсифікації замісу тіста. Проведення досліджень насосів, застосовуваних для транспортування рідких середовищ, пиканасосів, шнекових живильників для густих напівфабрикатів, при цьому вивчали як же проявляють додатковий вплив на тісто. У роботі проведені дослідження на широко застосовуваній тістомісильних машин та агрегатів, що використання додаткових пристроїв дозволяє одержати тісто, кінцевий продукт із якого при застосуванні технології зі скороченням шумування тіста, по об'єму і пористості хліб не уступає іншим технологіям тістоприготування, що підтверджують результати виконаних досліджень.

У подальшому установили і негативні сторони використання подачі шнеком тіста: піддаючи кількарязовому розрізуванню маси тесту, деформації стиску. Ці явища виникають через невідповідність вимог, пред'явлених до шнеків і робочих органів. Це знижує ефективність процесу тістоприготування. Вивчення напрямки застосування на хлібозаводах СРСР була широко поширена схема приготування хліба на рідкій опарі з інтенсивним замісом тіста, при скороченій тривалості шумування перед обробкою. Ця технологія дозволяє істотно зменшити цикл готування тіста, а значить скоротити технологічний процес і одержати хліб, що за своїми показниками виконує вимоги стандартів і забезпечує підвищення смакових якостей хліба.

З вищевикладеного випливає, що застосовувані прийоми інтенсифікації не повною мірою відповідають сучасним вимогам до ефективного впливу на тісто. Отримані дані свідчать про те, що фізико-механічні властивості вихідних компонентів рецептури мають принципові відмінності. У ході подальшого впливу на напівфабрикати вони перетерплюють значні зміни. Упровадження нових технологій замісу тіста залежить від ефективного впливу на тісто робочого (місильного) органа.

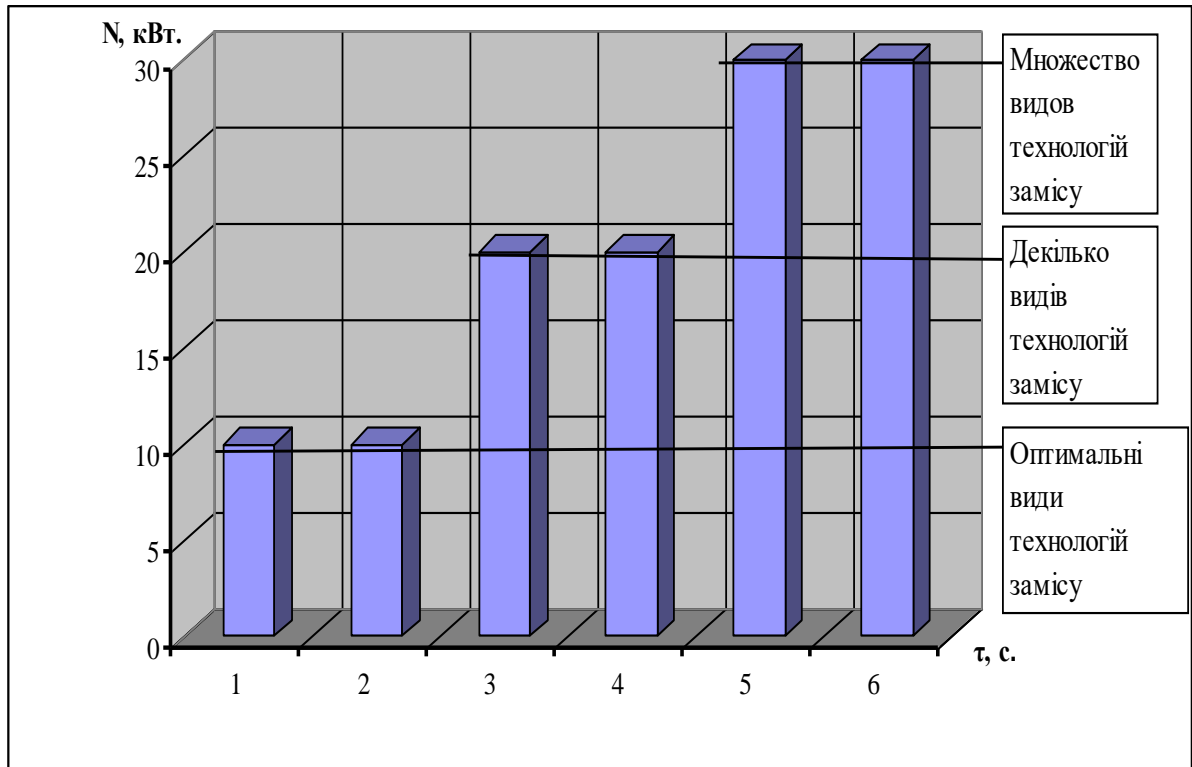


Рис. 1. Вибір енергетичного впливу тістомісильних машин та агрегатів.

Огляд виконаних раніше досліджень і аналіз способів інтенсифікації процесів тістоприготування дозволяє зробити деякі висновки:

- Показано доцільність оптимального часу замісу тіста (180–220 с.) і її вплив на температуру тіста, що повинна знаходитися в межах (18–22 С°), потужність приводу в оптимумі (0,7–0,8 кВт).
- Визначена область оптимального часу замісу тіста (180–220 с.), час дозрівання опари складає (2,2–2,6 год.), а безопарного тіста (1,6–2,2 год.).
- Знайдено ділянку достатніх показників параметрів періоду замісу тіста: вологість 43%, початкова температура води (30–32 С°), температура тіста кінцева (30–2 С°), пружні властивості тіста (75–82 одиниць УДК).
- Витрати потужності (1,2–1,3 кВт) під час замісу. Визначена величина питомої роботи — оптимальна для встановлення характеристик опари і тіста, що відповідають вимогам технологічного процесу.
- Для опари (7–1 Дж/г), для безопарного тіста (12–15 Дж/г). Зменшення значень питомої роботи замісу тіста пояснюється застосуванням

науково обґрунтованого робочого органа, що має високий коефіцієнт корисної дії.

- Велике значення в інтенсивній механічній обробці тіста мають технічні і технологічні фактори.

- Більшість робіт носять практичний характер, зв'язаний з упровадженням винаходів на хлібозаводах і міні-пекарнях відділами головного конструктора і технолога, почасти досвідчені рекомендації вчених.

- У виробничій практиці широко застосовуються додаткові пристрої, які виконують коригувальну роль існуючих функціональних змін процесів тістоприготування в технологічних схемах готування тіста і напівфабрикатів.

- Дослідження ряду авторів показують відсутність теоретичної бази проектування робочих (місильних) органів, здатних інтенсифікувати процес замісу тіста.

- Інтенсифікація технологічної операції замісу тіста й опари залежить від геометрії робочого органа, тому що істотну роль у період замісу тіста маси грають процеси перемішування, що протікають біля органа, що впливає на весь обсяг вихідних компонентів.

- Оптимізація параметрів робочого (місильного) органа і методики його проектування, дозволяє скоротити тривалість виробничого циклу, підвищити якість тіста і дозволить знизити витрати енергії.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Янаков В.П. Исследование терминологии замеса теста. / В.П. Янаков. Мін–во образ. и науки України, Таврійський держ. агротехнол. ун-т. Тематич. научн.–техн. збірник. Праці Таврійського держ. агротехнол. ун-та. – Мелітополь.: ТДАТУ, – 2018. Вип. 18. Т.1. – С. 261–269.

2. Янаков В.П. Структурирование энергозатрат при тестоприготовлении. / В.П. Янаков. "Техника и технологии пищевых производств": міжнар. наук.-практ. конф., (м. Могілев, 19-20 апреля 2018 р.) Мін–во освіти республіки Беларусь, Могілевський гос. ун-т. продовольства. – Могілев.: – Могілевський гос. ун-т. продовольства, – 2018. Т.2. – С.78–80.

3. Янаков В.П. Выбор технологий замеса. / В.П. Янаков. "Техника и технологии пищевых производств": міжнар. наук.-практ. конф., (м. Могілев, 19-20 апреля 2018 р.) Мін–во освіти республіки Беларусь, Могілевський гос. ун-т. продовольства. – Могілев.: – Могілевський гос. ун-т. продовольства, – 2018. Т.2. – С.80–82.

4. Янаков В.П. Условия совершенствования технологий замеса. / В.П. Янаков. "Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва": міжнар. наук.-практ. конф., (м. Умань, 17-18 травня 2018 р.) Уманський нац. ун-т. садівництва, – 2018. – С.97–99.

5. Янаков В.П. Направления совершенствования тестоприготовления. / В.П. Янаков. "Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва": міжнар. наук.-практ. конф., (м. Умань, 17-18 травня 2018 р.) Уманський нац. ун-т. садівництва, – 2018. – С.99–101.

6. Янаков В.П. Совершенствование технологий замеса – задачи и ответы. / В.П. Янаков. "Удосконалення процесів і обладнення харчових і хімічних виробництв": міжнар. наук.-практ. конф., (м. Одеса, 3-8 вересня 2018 р.) Мін-во освіти і науки України, Одеська нац. акад. харчових технологій. – Одеса.: – Одеська нац. акад. харчових технологій, – Збірник наук. праць XVII міжнар. наук.-практ. конф. "Удосконалення процесів і обладнання харчових і хімічних виробництв" 3-8 вересня 2018. – С.194–196.

7. Янаков В.П. Условия автоматизации замеса теста. / В.П. Янаков. "Інформаційні технології і автоматизація – 2018": міжнар. наук.-практ. конф., (м. Одеса, 2-6 октября 2018 р.) Мін-во освіти і науки України, Одеська нац. акад. харчових технологій. – Одеса.: – Одеська нац. акад. харчових технологій, – 2018. Тези доп. – С.46–47.

8. Янаков В.П. Выбор инновационных технологий замеса теста. / В.П. Янаков. "Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність" міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків 19 листопада 2018 р.) Мін-во освіти і науки, молоді та спорту України Харк. нац. ун-т харчування та торгівлі. – 2018 р. Харківський нац. ун-т харчування та торгівлі. Тези доп. – С.380–382.

9. Янаков В.П. Педагогические аспекты совершенствования теории тестоприготовления. / В.П. Янаков, Г.Е.Темников, О. Янакова. "Качество подготовки специалистов в техническом университете: проблемы, перспективы, инновационные подходы": IV міжнар. наук.-метод. конф., (м. Могілев, 15-16 ноября 2018 р.) Мін-во освіти республіки Беларусь, Могілевський гос. ун-т. продовольства. – Могілев.: – Могілевський гос. ун-т. продовольства, – 2018. Тези доп. – С.185–188.

10. Янаков В.П. Особенности энергозатрат при замесе теста. / В.П. Янаков, О. Янакова. "Энергия. Бизнес. Комфорт": міжнар. наук.-практ. конф., (м. Одеса, 21 грудня 2018 р.) Мін-во освіти і науки України, Одеська нац. акад. харчових технологій. – Одеса.: – Одеська нац. акад. харчових технологій, – 2018. Тези доп. – С.48–50.