

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

„_____” 2017 р.



ЗВІТ
про науково-дослідну роботу
(проміжний)


Розробка технологій і технічних засобів для переробки і зберігання сільсько-господарської продукції та процесів і обладнання харчових виробництв

Директор НДІ
д.т.н., проф.



В.Т. Надикто

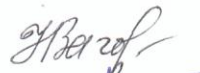











Керівник НДЛ
к.т.н., доц.



К.О. Самойчук

Мелітополь
2017

Список виконавців

- | | | |
|---------------------------------|---|-----------------------------------|
| 1. В.о. зав. каф., к.т.н., доц. |  | Загорко Н.П.
(Тема 1.6.3) |
| 2. к.т.н., ст. викл. |  | Верхоланцева В.О.
(розділ 1.1) |
| 3. к.т.н., ст. викл. |  | Янаков В.П.
(розділ 1.2) |
| 4. д.т.н., проф. |  | Ялпачик В.Ф. |
| 5. к.т.н., ст. викл. |  | Тарасенко В.Г.
(розділ 2.1) |
| 6. к.т.н., доц. |  | Ломейко О.П. |
| 7. аспірант |  | Єфіменко Л.В.
(розділ 2.2) |
| 8. к.т.н., доц. |  | Самойчук К.О. |
| 9. аспірант |  | Левченко Л.В. |
| 10. к.т.н., доц. |  | Паляничка Н.О.
(розділ 3.1) |
| 10. асистент |  | Ковальов О.О.
(розділ 3.2) |
| 11. асистент |  | Полудненко О.В.
(розділ 3.3) |

ЗМІСТ

Тема 1 Вдосконалення процесів та обладнання для переробки і зберігання зерна, переробки відходів та вторинних продуктів сільськогосподарського виробництва	4
Розділ 1.1 Дослідження важливого фактора якості пшениці у процесі зберігання із застосуванням охолодження	4
1. Методика досліджень.....	5
2. Теоретичне та експериментальне дослідження індекса деформації клейковини пшениці у період зберігання	6
3. Обробка, аналіз одержаних результатів	7
Розділ 1.2 Наукові і організаційні основи технології енерговитрат та енергетичного впливу тістомісильних машин	13
1. Методика досліджень.....	14
2. Аналіз підвищення ефективності процесів тістоприготування.....	14
3. Обробка, аналіз одержаних результатів.....	16
Тема 2 Розробка технологій обробки холодом плодів та овочів при зберіганні	18
Розділ 2.1 Обґрунтування режимів холодильної обробки при виробництві плододових соків	18
1. Методика досліджень.....	19
2. Теоретичне та експериментальне дослідження впливу холодильної обробки при виробництві плододових соків	21
3. Обробка, аналіз одержаних результатів	23
Розділ 2.2 Характеристики плодів при зберіганні з використанням вакуумного охолодження	25
1. Методика досліджень.....	25
2. Дослідження зміни характеристик плодів при зберіганні з використанням вакуумного охолодження	25
3. Обробка, аналіз одержаних результатів	28
Тема 3 Підвищення ефективності процесів та обладнання для диспергування та гомогенізації харчових емульсій і змішування рідких компонентів	30
Розділ 3.1 Оптимізація параметрів процесу гомогенізації молока в пульсаційних апаратах	30
1. Методика досліджень	31
2. Теоретичне та експериментальне дослідження гомогенізації молока в пульсаційному апараті з вібруючим ротором.....	37
3. Обробка, аналіз одержаних результатів.....	38
Розділ 3.2 Підвищення ефективності струминної гомогенізації молока з роздільним подаванням жирової фази	43
1. Методика досліджень.....	45
2. Теоретичне та експериментальне дослідження гомогенізації молока в струминному гомогенізаторі молока з роздільною подачею вершків.....	47
3. Обробка, аналіз одержаних результатів.....	49
Розділ 3.3. Оптимізація параметрів струминного змішування напоїв	57
1. Методика досліджень.....	58
2. Теоретичне та експериментальне дослідження струминного змішування напоїв.....	61
3. Обробка, аналіз одержаних результатів	64

Тема 1 Вдосконалення процесів та обладнання для переробки і зберігання зерна, переробки відходів та вторинних продуктів сільськогосподарського виробництва

Розділ 1.1 Дослідження важливого фактора якості пшениці у процесі зберігання із застосуванням охолодження

РЕФЕРАТ

Об'єктом дослідження є технологічний процес охолодження пшениці у зерносховищах.

Предмет дослідження – закономірності, що описують технологічний процес охолодження пшениці у зерносховищі.

Метою роботи є у підвищенні вихідних показників якостей зерна при зберіганні, шляхом використання процесу охолодження за рахунок вдосконалення зерносховища.

Методи досліджень – теоретичні дослідження базуються на основних положеннях фізики, методах диференціальних обчислень та теорії імовірності, математичного моделювання, прикладного програмування. Теоретичні розрахунки і статистичну обробку експериментальних даних проводили із застосуванням пакетів прикладних програм на ПЕОМ.

Розроблені та досліджені зерносховища для зберігання пшениці. Досліджено технологічний процес охолодження зерна у зерносховищі.

ПШЕНИЦЯ, ОХОЛОДЖЕННЯ, ЗЕРНО, ЗЕРНОСХОВИЩЕ, ПАРАМЕТРИ, ІНДЕКС ДЕФОРМАЦІЇ КЛЕЙКОВИНИ, ЗБЕРІГАННЯ.

ВСТУП

Перед початком проведення збиральних робіт зернових культур варто завчасно потурбуватися про якісне збереження. Звісно, гарячої жнивної пори вся увага приділяється організації збиральних робіт, проте не слід забувати й про належну організацію зберігання зерна.

За зберігання аграріями запасів зернових на базі власного господарства втрати становлять 8–10% від зібраного врожаю. Важливою умовою поліпшення забезпечення населення України продовольчими товарами є розвиток технічної бази зберігання і переробки сільськогосподарської продукції.

На жаль, виробники зерна через ситуації, що склалася в області ринкових відносин інколи вимушені скорочувати посівні площі зернових, організовувати зберігання зерна до його реалізації на токах, майданчиках і в інших малопристосованих для цієї мети місцях. Відсутність пріоритетності зерна і насіння для ринкової сфери на підприємствах хлібопродуктів веде, як правило, до невиправданих втрат продукції, додатковим інвестиціям, в кінцевому рахунку, до зниження продовольчої безпеки України.

Програма досліджень на 2017 р.

1. Розробка програми та методики досліджень
2. Теоретичне та експериментальне дослідження індекса деформації клейковини пшениці у період зберігання
3. Обробка, аналіз одержаних результатів

1. Методика досліджень

Дослідження проводилися в 2017 році на базі кафедри ОПХВ Таврійського державного агротехнологічного університету.

Для експерименту використовувалися два зерносховища (зерносховище № 1, зерносховища № 2), де застосовувалося охолодження, і третє (№ 3) без охолодження. У зерносховищі № 1 підтримували температуру зерна в межах від 0...7⁰С, а в зерносховищі № 2 температуру зерна знаходилася в діапазоні від 7...14⁰С.

При дослідженні був використаний стандарт України про технічні умови пшениці ДСТУ 3768:2010, на підставі якого визначено показники, що впливають на якість пшениці і якість хліба при умовах зберігання.

Для виміру індекса деформації клейковини був використаний прилад ІДК-1 (рис. 1), принцип і метод роботи якого засновані на вимірі величини залишкової деформації проби клейковини після дії тарованого навантаження (пуансона) протягом заданого часу (30 с).

Індикатор деформації клейковини ІДК-1М – механічний прилад із стрілочним індикатором умовних одиниць пружності та невеликими елементами електроніки (елементи контролю і управління, елементи сигналізації). Величина деформуючого навантаження – 120 гс.

Прилад призначений для визначення якості клейковини пшениці і пшеничної муки хлібопекарського і макаронного розмелу по її здатності чинити опір деформуючому навантаженню стискання двома площинами і фіксованим часом дії, згідно до ГОСТ 13586.1-68 та ГОСТ 27839-88.

Оцінка пружності клейковини розпочинається з увімкнення приладу для його підігріву за 15-20 хв. до початку. Потім відбирають наважку 4 г клейковини з відмитої проби та скачують у кульку, яку завантажують у чашку з водою на 15 хв.

Далі треба натиснути кнопку 6 та підняти пуансон у верхнє положення, у центр столика 8 покласти клейковину, натиснути кнопку 2 і відпустити її. Через 30с після загорання лампочки 5 зняти показання зі шкали індикатора 4.



Рис. 1. Прилад ІДК-1: 1 – кнопка вмикання; 2 – кнопка «Пуск»; 3 – «калібрування» стрілки амперметра; 4 – шкала індикатора; 5 – лампочка «Відлік»; 6 – кнопка «Гальмо»; 7 – падаючий вантаж (пуансон); 8 – столик для кульки клейковини.

2. Теоретичне та експериментальне дослідження індекса деформації клейковини пшениці у період зберігання

Головними технологічними показниками, що визначають хлібопекарські властивості зерна пшениці, є масова частка білка і сирої клейковини, а також якість клейковини.

Під клейковиною розуміють білкові речовини зерна, здатні при набуханні у воді утворювати зв'язну еластичну масу. Її виділяють з тіста відмиванням водорозчинних речовин, крохмалю та клейковини. Клейковина, відмита з шматочка тіста, називається сирою. У ній міститься до 70% води, при перерахунку на суху речовину 82 - 88% клейковини складають білки - гліадин і глютенін. Вміст сирої клейковини приблизно в два рази перевищує вміст білка.

Залежно від показань приладу клейковина за якістю ділиться на три групи: I - хорошої якості; II - задовільної; III - незадовільної.

Зерно пшениці з клейковиною III групи не придатне для хлібопечіння. На кількість і якість клейковини впливають такі фактори: сортові особливості; технологія обробітку пшениці (попередники, строки сівби, рівень азотного живлення); погодні умови в період дозрівання зерна і збирання врожаю; несприятливі дії, які зерно відчуває при вирощуванні (ураження шкідливим клопом-черепашкою), зберіганні (проростання і самозігрівання) і обробці (перегрів при сушінні).

За хлібопекарськими властивостями м'яку пшеницю поділяють на три групи: сильна, середня і слабка.

Клейковина високої якості має світло-сірий або світло-жовтий колір. Темні тони у забарвленні з'являються внаслідок несприятливих впливів на зерно при дозріванні, обробці (перегрів при сушінні) або зберіганні.

Досліджень пов'язаних з охолодженням зерна і визначенням впливу обраних режимів зберігання на якість клейковини, у відомих роботах не було.

Частні коефіцієнти кореляції обчислені за формулами (1), (2), а сукупний - за формулою (3).

У результаті проведених досліджень, в якості факторів розглядалися термін зберігання (фактор x_1) і середня температура (фактор x_2). Отримана лінійна і параболічна залежність для клейковини пшениці (y).

$$R_{x_1,y(x_2)} = \frac{R_{x_1,y} - R_{x_1,x_2}R_{x_2,y}}{\sqrt{(1-R_{x_1,x_2}^2)(1-R_{x_2,y}^2)}} \quad (1)$$

$$R_{x_2,y(x_1)} = \frac{R_{x_2,y} - R_{x_1,x_2}R_{x_1,y}}{\sqrt{(1-R_{x_1,y}^2)(1-R_{x_1,x_2}^2)}} \quad (2)$$

$$R_{x_1,x_2(y)} = \frac{R_{x_1,x_2} - R_{x_1,y}R_{x_2,y}}{\sqrt{(1-R_{x_1,y}^2)(1-R_{x_2,y}^2)}} \quad (3)$$

3. Обробка, аналіз одержаних результатів

У ході експерименту були отримані дані, щодо індексу деформації клейковини пшениці, які надалі заносяться у таблицю 1.

Таблиця 1 – Значення індексу деформації клейковини пшениці при зберіганні в першому зерносховищі із застосуванням охолодження.

Термін зберігання, місяц	Середня температура зерна в зерносховищі, $t_{cp} \text{ } ^\circ\text{C}$	Індекс деформації клейковини, %
1	7	68
2	5	68
3	4	65
4	3	62
5	0	60
6	0	60

Для даних першого зерносховища можна зробити висновок згідно отриманих числових характеристик, ІДК пшениці (Y) - коливається: $63,83\% \pm 3,71$, тобто $65,66 - 66,0\%$. При цьому спостерігається сильний спадний зв'язок з терміном зберігання (фактор x_1), і сильний зростаючий зв'язок з середньою температурою зерна (фактор x_2) [1].

Рівняння моделі лінійної та нелінійної залежності мають вигляд для лінійної характеристики $Y = 68,7955 - 1,61x_1 - 0,04x_2$, для криволінійної - $Y = -45 + 38,5x_1 + 33,5x_2 - 3,5x_1^2 - 5,8571x_1x_2 - 2,3571x_2^2$

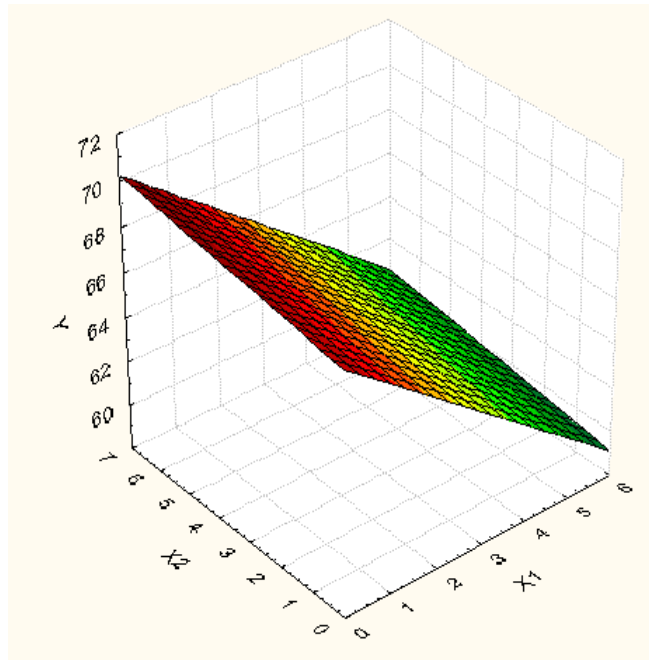


Рис. 2. Поверхня лінійної залежності - індексу деформації клейковини пшениці для зерносховища № 1: x_1 - термін зберігання; x_2 - середня температура зерна в зерносховищі; Y - ІДК пшениці.

Індекс деформації клейковини 60,9%, температурі 0°C при терміні зберігання після 5,5 місяців.

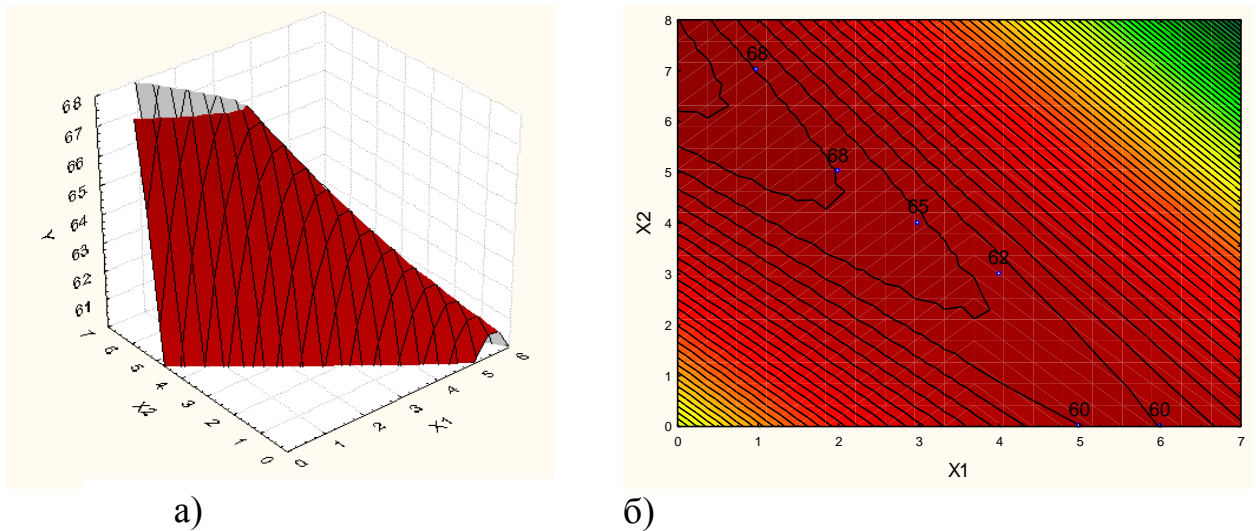


Рис. 3. Поверхня і лінії рівня параболічної залежності (а), лінії рівнів (б) - індексу деформації клейковини пшениці для зерносховища № 1: x_1 - термін зберігання; x_2 - середня температура зерна у зерносховищі; Y - ІДК пшениці.

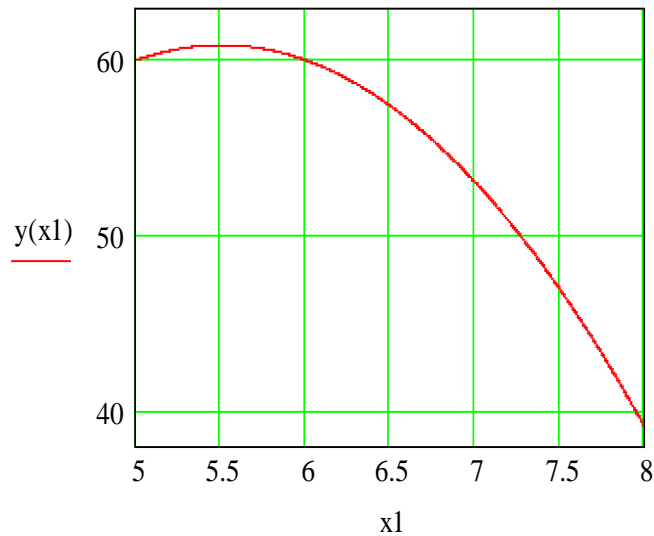


Рис. 4. Графік залежності ІДК після 5,5 місяців зберігання при температурі 0⁰С (зерносховище № 1).

Для визначення індексу деформації клейковини в другому зерносховищі побудуємо матрицю.

Таблиця 2 – Значення індексу деформації клейковини пшениці при зберіганні в другому зерносховищі із застосуванням охолодження

Терміни зберігання, місяць	Середня температура зерна в зерносховищі, $t_{cp}, ^\circ C$	ІДК, %
1	13	75
2	12,3	73
3	12	72
4	10	69
5	10	69
6	8,5	68

За допомогою значень, отриманих під час експерименту, створюємо матрицю.

Для даних другого зерносховища можна зробити висновок згідно отриманих числових характеристик, ІДК пшениці по другому складу (Y) - коливається: 71,0% \pm 2,76, тобто 68,24 - 73,76%. При цьому спостерігається сильний спадний зв'язок з терміном зберігання (фактор x_1), і сильний зростаючий зв'язок з середньою температурою зерна у зерносховищі (фактор x_2)[1,5].

Рівняння даної моделі лінійної та нелінійної залежності набудуть вид для лінійної характеристики - $Y = 64,83 - 0,72x_1 + 0,79x_2$, для криволінійної - $Y = 57,32 + 1,61x_1 + 0,55x_2 + 0,0235x_1^2 - 0,18x_1x_2 + 0,067x_2^2$.

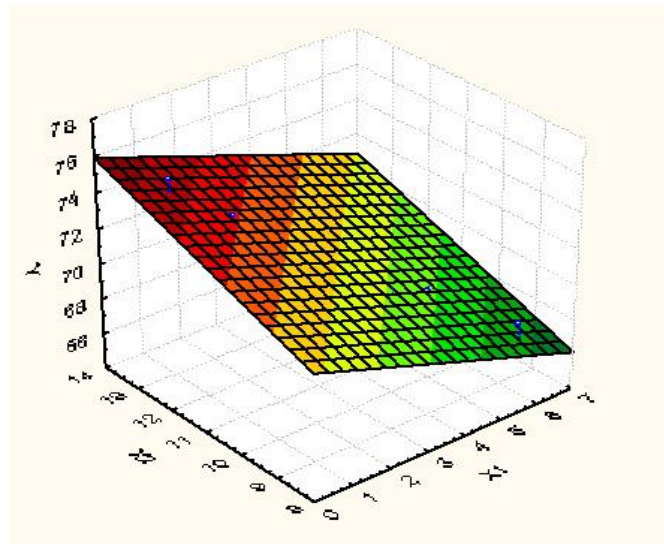
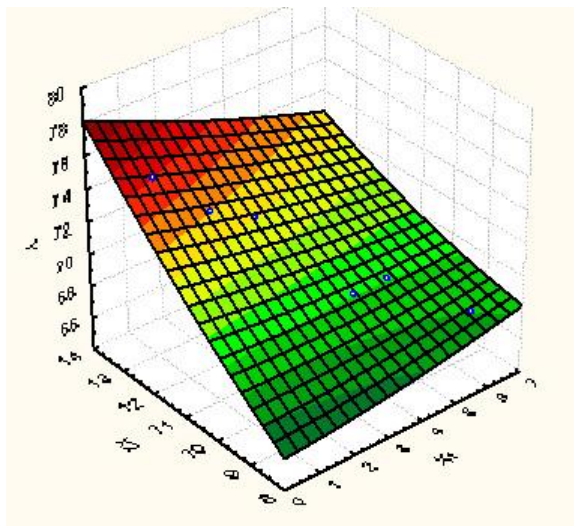
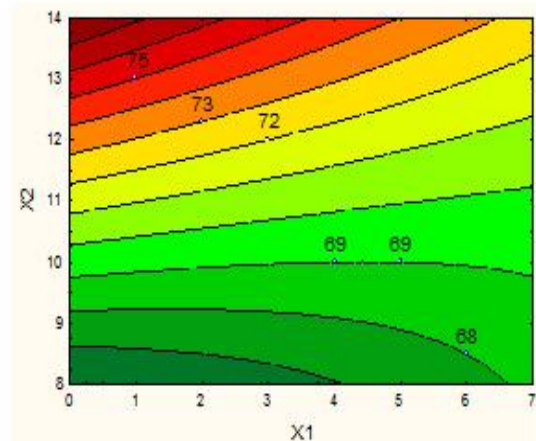


Рис. 5. Поверхня лінійної залежності - індексу деформації клейковини пшениці для зерносховища № 2: x_1 - термін зберігання; x_2 - середня температура зерна в зерносховищі; Y - ІДК пшениці.



а)



б)

Рис. 6. Поверхня і лінії рівнів параболічної залежності (а), лінії рівнів (б) - індексу деформації клейковини пшениці для зерносховища № 2: x_1 - термін зберігання; x_2 - середня температура зерна в зерносховищі; Y - ІДК пшениці.

Зберігання після 3 місяців при температурі не нижче 8,5 градусів (ІДК - 70%). Зберігання 6 місяців при температурі 8,5 градусів (ІДК - 75%).

В результаті проведених досліджень, в якості факторів розглядали термін зберігання (фактор x_1) і середня температура (фактор x_2). Отримано лінійну і параболічну залежності для клейковини пшениці (Y) (таблиця).

Таблиця 3 – Лінійна і параболічна залежності для результуючої ознаки.

<i>Індекс деформації клейковини(Y)</i>		
Зерносховище №1	Лінійна	Криволінійна
t=0 – 7 ⁰ C	$Y = 68,7955 - 1,61x_1 - 0,04x_2$	$Y = -45 + 38,5x_1 + 33,5x_2 - 3,5x_1^2 - 5,8571x_1x_2 - 2,3571x_2^2$
Зерносховище №2		
t=7 – 14 ⁰ C	$Y = 64,83 - 0,72x_1 + 0,79x_2$	$Y = 57,32 + 1,61x_1 + 0,55x_2 + 0,0235x_1^2 - 0,18x_1x_2 + 0,067x_2^2$

Таким чином, можна зробити висновок, що для зерносховища №1 (у якому температура знаходилась у діапазоні від 0-7⁰C) та для зерносховища №2 (температура якого знаходилась у діапазоні від 7 – 14⁰C) спостерігається незначне зміння індексу деформації, тому підтримка такого режиму є більш актуальним.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Кюрчев С.В. Визначення параметрів оптимізації процесу охолодження зерна./ С.В. Кюрчев, В.О. Верхованцева // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2015. – Вип. 163. – С. 228 – 239.
2. Ялпачик В.Ф. Визначення індексу деформації клейковини пшениці за допомогою програми MathCad./ В.Ф. Ялпачик, С.В. Кюрчев, В.О. Верхованцева // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: Міжнародна науково-практична конференція, 8-11 вересня 2015р.: [тези] / редкол.: Кюрчев В.М., Черевко О.І. [та ін.]. – Харків: ХДУХТ, 2015. – С. 345 – 346
3. Kiurchev S Linear and nonlinear relationship of wheat storage characteristics. / S. Kiurchev, V. Vercholantseva // Canadian Scientific Journal, ISSUE 1. 2015: VOLUME 2, 10 – 15pp
4. Кюрчев С.В. Конструктивные особенности установки для охлаждения и сушки зерна активным вентилярованием / С.В. Кюрчев, В.О. Верхованцева //Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету [Електронний ресурс]. – Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – Вип.5, Т.1. – С. 108 – 113. Режим доступу: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/e-index.html>.
5. Кюрчев С.В. Исследование рабочего процесса при вентилировании зерна в зернохранилище / С.В. Кюрчев, В.О. Верхованцева// Ежемесячный научны журнал Международного научного института «EDUCATION» Новосибирск: Международный научный институт«EDUCATION», 2015. –

№9(16). – С. 75 – 76.

6. Верхованцева В.О. Спосіб вентилявання сільськогосподарської продукції у сховищі / В.О. Верхованцева // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг: Міжнародна науково-практична конференція. – Харків : ХДУХТ, 2012, Ч. 1. – С. 313 – 314

7. Кюрчев С.В. Особенности хранения зерновых запасов / С.В. Кюрчев, В.О. Верхованцева // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – Вип. 15, Т.3. – С. 189 – 194.

8. Кюрчев С. Перспективний процес зберігання зерна із застосуванням охолодження у зерносховищі / С. Кюрчев, Л. Кюрчева, В. Верхованцева // Сучасні проблеми землеробської механіки : XVIII Міжнародної наукової конференції присвяченої 117-річчю від дня народження академіка Петра Мефодійовича Василенка, 16-18 жовтня 2017р.: [тези] – м.Кам'янець-Подільський, 2017. – С. 141 – 143.

9. Кюрчев С. В. Процес теплообміну між зернівками та охолоджувальним повітрям у зерносховищі / С. В. Кюрчев, Л. М. Кюрчева, В. О. Верхованцева // Сучасні проблеми холодильної техніки та технології : XI Міжнародна науково-технічна конференція, 21-22 вересня 2017р.: [тези] – м. Одеса, 2017. – С.228-229.

10. Кюрчев С.В. Дослідження індекса деформації клейковини пшениці у процесі зберігання / С. В. Кюрчев, В. О. Верхованцева // Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки : XI Міжнародна науково-практична конференція, 1-3 листопада 2017р. : [тези] – м. Кропивницький, 2017р. . – С.8 – 9.

11. Кюрчев С.В. Застосування процесу охолодження пшениці в технології зберігання зерна / С. В. Кюрчев, Л. М. Кюрчева, О.М. Леженкін, В. О. Верхованцева // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності» присвячується до 85 –річчя Таврійського державного агротехнологічного університету та 50 річчя Харківського державного університету харчування та торгівлі, яка відбувалася 5-7 вересня 2017р : II Міжнародна науково-практична конференція, 5-7 вересня 2017р. : [тези]] – Харків – Мелітополь -Кирилівка, 2017р. . – С.65 – 66.

Розділ 1.2. Наукові і організаційні основи технології енерговитрат та енергетичного впливу тістомісильних машин

РЕФЕРАТ

Визначення універсальності перемішування, що вона є найбільш оперативним способом управління динамічним станом тіста при реалізації різноманітних технологічних завдань у хлібопекарних, кондитерських та макаронних технологіях. Між властивостями процесів перемішування можна помітити перспективу вкладати значні потоки енергії тісту через місильний орган; резерв впливу на вагомі об'єми продукції і на локалізовані її області; важливе зростання та інтенсивне оновлення поверхонь взаємодіяння технологічної сировини, зниження оперативної щільності сировини й тіста та зміну реологічних і структурно-механічних властивостей їх для хлібопекарних, кондитерських та макаронних технологій.

Зниження сил внутрішнього тертя та ефективною в'язкості тіста під час процесу перемішування зумовлює доцільність реалізувати дані процеси гомогенізації й супровідні з одночасним його перемішуванням у всьому об'ємі робочої ємності. В результаті просторового руху місильних органів тістомісильної машини відзначають нерозв'язні траєкторії руху частинок тіста внаслідок відмінного характеру принципів впливу рівноваги на структурні елементи робочої ємності, причому сучасні тістомісильні машини передбачають перспективу спрямованого регулювання вимірів руху у всебічних межах.

МЕТОДОЛОГІЯ, ТІСТОМІСИЛЬНА МАШИНА, ТЕХНОЛОГІЯ, ПРОЦЕС, ЕНЕРГОВИТРАТИ, ОДНОРІДНІСТЬ ТІСТА, ТІСТОПРИГОТУВАННЯ.

ВСТУП

Визначальними недоліками процесу замісу тіста являються динамічні навантаження на опорні вузли, недовершена система зрівноваження інерційних сил, високі енерговитрати в приводних механізмах тістомісильних машин. Наукова робота ґрунтується на фундаментальних працях, теоретичних та експериментальних дослідженнях, цілеспрямованих на розвиток двох перспективних та актуальних напрямів: реалізації механічних процесів хлібопекарного, кондитерського та макаронного виробництва та використання перемішуючих ефектів як засобу автоматизації технологічної операції замісу тіста. Ефективність здійснення, потенціал та перспективи вдосконалення означених процесів залежить саме від поєднання даних напрямів, про що підтверджують роботи видатних вчених та конструкторів тістомісильних машин.

Програма досліджень на 2017 р.

1. Розробка програми та методики досліджень
2. Аналіз підвищення ефективності процесів тістоприготування
3. Обробка, аналіз одержаних результатів

1. Методика досліджень

Оцінка інноваційних підходів у роботі тістомісильних машин формується на основі аналізу підвищення результативності хлібопекарних, кондитерських і макаронних технологій. Теоретичні дослідження і аналіз ускладнюються тим, що на даний момент не має єдиної теорії, котра б описувала тістоприготування, включаючи заміс і бродіння тіста, так як і взаємозв'язок енерговитрат тістомісильної машини і якісноутворюючих процесів у перемішувальній сировині та тісті. Отримані дані по взаємозв'язку характеристик сировини та тіста з енерговитратами тістомісильних машин у період тістоприготування. Основні напрямки аналізу та оцінки тістоприготування впроваджені в практику роботи тістомісильних машин, їх можна представити таким чином.

Визначені напрямки сучасних досліджень технічних характеристик тістомісильних машин і процесів здійснення замісу тіста. Застосування аналізованих методик підвищення якості тіста, що випускається дає змогу в комплексі з особистими дослідженнями значно підвищити ефективність і якість впливу на сировину хлібопекарного, кондитерського та макаронного виробництва. У підсумку це дасть змогу інтенсифікувати заміс тіста.

Проведено аналіз конструкцій і режимів тістомісильних машин періодичної і безперервної дії, їх застосування в сучасних хлібопекарних, макаронних і кондитерських технологіях. Компоновка даного виду харчової техніки на протязі останніх 70 років експлуатації і проектування складається із: механічний блок; блок управління; енергопривід місильного органа і додаткових енергопередаючих обладнань; місильний орган; робоча ємність; корпус. Характер, метод і час, а також розподіл витрат сумарної потужності привода місильного органа й енергопередаючих обладнань, величина питомої роботи, балансу енергії для тістомісильних машин являються ідентичними.

2. Аналіз підвищення ефективності процесів тістоприготування

Аналіз ефективності тістоприготування зведений у єдиний методичний підхід по обґрунтуванню, визначенню і реалізації науково-аргументованих технологічних процесів. Можливості хлібопекарних, макаронних і кондитерських технологій стикаються з методичними проблемами: прогнозування якісноутворюючих процесів у тісті; визначення режимів енерговитрат тістомісильної машини; відповідність аналізу, коригування та методик вживання технологій; ефективність процесів, що реалізуються; визначення інновацій за напрямками: технологія, обладнання, процес, методика. Втілення системи

методичних підходів призводить до змін ступеня технологічно обґрунтованої однорідності тіста в залежності від ряду показників енерговитрат і сировини.

Методи інтенсифікації технологічних процесів перемішування за сприяттям вібраційного впливу, не є доцільними з техніко-економічних ідей. Це обусловлює закономірність пошуку результативних схем технологічної дії на сировину хлібопекарного, кондитерського та макаронного виробництв та її конструктивного забезпечення, розроблювання енергозберігаючих тістомісильних машин на базі застосовування наукових принципів, експериментальних досліджень та аналізу визначальних експлуатаційних факторів при проектуванні, що встановлює спрямування цієї наукової роботи, мотивуючи можливість впровадження.

Експеримент і теорія тістоприготування

Аналіз експериментів і дослідів тістоприготування показав, що вибір технологічно обґрунтованих режимів роботи тістомісильних машин заснований на комплексному аналізі результатів експериментів і їх теоретичної аргументації. Визначені напрямки реалізації енергетичного впливу та енерговитрат при замісі: аналіз, коригування і час на середовище та тісто, що перемішується; оцінка властивостей стану тіста й перемішуваної сировини; дослідження технологічних і технічних складових замісу та їх взаємозв'язку. Можливість варіювання гідромеханічних, теплообмінних, масообмінних і механічних процесів замісу тіста призводить до установаження максимально ефективного режиму роботи тістомісильних машин.

Проведено аналіз ряду теорій і закономірностей тістоприготування. Дослідження тістомісильних машин показали, що характер зміни енерговитрат і енергетичного впливу на тісто можна описати теоретично. Аналіз демонструє, що енергія, яка витрачається на заміс тіста, розподіляється таким чином: 93% на нагрів тіста; 2,5% на енерговитрати самої тістомісильної машини; 4,5% на процес перемішування тіста. Головним напрямком розвитку технологічної операції замісу являється визначення ефективності алгоритму "енерговитрати тістомісильної машини ↔ якісноутворюючі процеси тіста".

Впровадження й адаптація тістоприготування

Різноманітність технологічного призначення, унікальність фізико-механічних та хіміко-біологічних властивостей сировини й тіста, характерні побажання до використання в умовах відсутності суцільного оперативного підходу до проектування тістомісильних машин хлібопекарного, кондитерського та макаронного виробництв утруднюють мотивування технологічних та конструктивних схем обладнання, вимагають творчого поєднання законів фізики, математики, інформатики.

Вибір ефективної організації досліджень визначає відмінності в підходах і методах практичних досліджень в їх теоретичній оцінці. Визначені напрямки інновацій у практику, експеримент і теорію тістоприготування: комплекс задач технологій, процесів, обладнання та товарознавчої оцінки; технічний і технологічний аналіз по напрямках енерговитрат і якісноутворюючих процесів тіста. Зміни критеріїв оцінки енерговитрат дають змогу прогнозувати технологічні показники тіста. Подальші методи аналізу, коригування і

впровадження процесів тістоприготування стосувалися контролю вхідних, поточних і вихідних показників діючим стандартам і нормам хлібопекарних, кондитерських і макаронних технологій.

3. Обробка, аналіз одержаних результатів

1. Комплексний підхід у вивченні роботи тістомісильних машин заснований на реалізації алгоритму взаємозв'язку:

Енергетичний вплив тістомісильної машини



Рівень реалізації якісноутворюючих процесів тіста

2. Спрямованість реалізації енерговитрат, характеру, режиму й методу впливу тістомісильних машин на перемішувану сировину й тісто визначає досягнення технологічно обґрунтованого рівня однорідності тіста.

Дослідження тістомісильних машин показали, що характер зміни енерговитрат і енергетичного впливу на тісто можна описати теоретично. Аналіз демонструє, що енергія, яка витрачається на заміс тіста, розподіляється таким чином: 93% на нагрів тіста; 2,5% на енерговитрати самої тістомісильної машини; 4,5% на процес перемішування тіста. Головним напрямком розвитку технологічної операції замісу являється визначення ефективності алгоритму "енерговитрати тістомісильної машини ↔ якісноутворюючі процеси тіста".

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Янаков В.П. Адаптация тестомесильных машин к корабельным условиям эксплуатации. / Мін-во образ. и науки України, Таврійський держ. агротехнол. ун-т. Тематич. научн.–техн. збірник. Праці Таврійського держ. агротехнол. ун-та. – Мелітополь.: ТДАТУ, – 2017. Вип. 17. Т.1. – С. 68–77.

2. Ковалев А.А. THE EXPERIMENTAL RESEARCHES OF PARAMETERS JET-MIXING HOMOGENIZER OF MILK WITH THE SEPARATED GIVING OF CREAMS / А.А. Ковалев, К.О. Самойчук, Н.А. Паляничка, В.А. Верхованцева, В.П. Янаков. Мін-во образ. и науки України, Тематич. научн.–техн. збірник. Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2017. – С. 33–38.

3. Янаков В.П. Формирование основ тестоприготовления. / В.П. Янаков. "Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции": III міжнар. наук.-практ. конф. (м. Мінськ, 23-24 березня, 2017 р.) Мін-во сільського господарства і продовольства республіки Білорусь, Білоруський держ. аграрний технічний ун-т, Тематич. научн.–техн. збірник статей III міжнар. наук.-практ. конф.. – Мінськ.: Білоруський держ. аграрний технічний ун-т. – 2017. – С.292-293.

4. Янаков В.П. Технологические и процессные аспекты тестоприготовления. / В.П. Янаков. "Техника и технология пищевых производств": XI

міжнар. наук.-практ. конф. (м. Могілев, 20-21 квітня 2017 р.) Мин-во освіти республіки Білорусь, Могілевський держ. ун-т продовольства, – Могілев. Могілевський держ. ун-т продовольства. – 2017. Тези доп. – С.273.

5. Янаков В.П. Тістоприготування: проблеми і вирішення. / В.П. Янаков. "Хімічна технологія та інженерія" міжнар. наук.-практ. конф. (м. Львів, 26-30 червня 2017 р.) Мин-во освіти і науки України, Нац. ун-т "Львівська політехніка", – Львів.: Нац. ун-т "Львівська політехніка". – 2017. Тези доп. – С.89-90.

6. Янаков В.П. Анализ повышения эффективности процессов тестоприготовления. / В.П. Янаков. "Инновационные энерготехнологии" XVI міжнар. наук.-практ. конф., (г. Одеса, 5-9 вересня 2017 р.) / Мин-во освіти і науки України, Одеська нац. акад. харчових технологій. – Одеса.: – Одеська нац. акад. харчових технологій, – 2017. Тези доп. – С.77–83.

7. Янаков В.П. Определение и анализ технологий замеса теста. / В.П. Янаков, А.В. Ивженко, О.Lange. "Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності": міжнар. наук.-практ. конф., (м. Харків, м. Мелітополь, 5-7 вересня 2017 р.) / Мин-во освіти і науки України, Харківський нац. ун-т харчування та торгівлі, Таврійський держ. агротехнологічний ун-т, – 2017. Харківський нац. ун-т харчування та торгівлі, Таврійський держ. агротехнологічний ун-т. Тези доп. – С.109–110.

8. Янаков В.П. Установление процессной эффективности тестомесильных машин. / В.П. Янаков, А.В. Ивженко, О.Lange. "Актуальні проблеми розвитку ресторанного, готельного та туристичного бізнесу в умовах світової інтеграції: досягнення та перспективи" міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків 21 вересня 2017 р.) Мин-во освіти і науки, молоді та спорту України Харк. нац. ун-т харчування та торгівлі. – 2017 р. Харківський нац. ун-т харчування та торгівлі. Тези доп. – С.172–173.

9. Янаков В.П. ANALYSIS AND AVALUATION OF DOUGH PREPARATION. / В.П. Янаков, А.В. Ивженко, О.Lange. "Информационные технологии и автоматизация 2017": міжнар. наук.-практ. конф., (м. Одеса, 2-6 октября 2017 р.) Мин-во освіти і науки України, Одеська нац. акад. харчових технологій. – Одеса.: – Одеська нац. акад. харчових технологій, – 2017. – С.46–47.

10. Янаков В.П. Терминология технологий замеса: проблемы и решения. / В.П. Янаков. "Первые косыгинские чтения" (МНТФ КОСЫГИН- 2017) міжнар научн-техн форум, "Современные инженерные проблемы промышленности товаров народного потребления" міжнар. научн-техн симпозиум, (г. Москва, 11-12 октября 2017 р.) Мин-во освіти і науки Российской Федерации, Российский гос ун-т им. А.Н. Косігіна. Тези доп. Симпозиум 3. Т.1. – С.105–110.

11. Янаков В.П. Процессный анализ технологий замеса. / В.П. Янаков, Н.А. Паляничка, Г.Е. Темников. "Энергия. Бизнес. Комфорт": міжнар. наук.-практ. конф., (м. Одеса, 16 листопада 2017 р.) Мин-во освіти і науки України, Одеська нац. акад. харчових технологій. – Одеса.: – Одеська нац. акад. харчових технологій, – 2017. – С.48–50.

Тема 2 Розробка технологій обробки холодом плодів та овочів при зберіганні

Розділ 2.1 Теоретичне та експериментальне дослідження впливу холодильної обробки при виробництві плодових соків

РЕФЕРАТ

Об'єктом дослідження є процес виробництва плодових соків.

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

Експериментальне підтвердження положень, викладених в попередніх публікаціях створило передумови до подальших досліджень по розробці та впровадженню технологічної документації з використання замороженої сировини для виробництва соків і подальшого їх зберігання у замороженому виді.

СОКИ, СИРОВИНА, ТЕХНОЛОГІЯ, ЗАМОРОЖУВАННЯ

ВСТУП

Промислове виробництво плодових соків уперше було почате наприкінці XIX сторіччя у Швейцарії, звідки потім поширилося по всьому світу. Попит на соки весь час росте, їх виробництво безупинно збільшується і перетворилося в одну з головних галузей плодопереробної промисловості у всіх країнах світу, які мають відповідні ресурси.

В останній період темпи росту в плодоовочевій консервній промисловості в значній мірі обумовлені зростаючим попитом на товари вітчизняних виробників. Багатьма з них освоєне виробництво нових видів продукції із застосуванням сучасних видів упакування і укупорювання, по зовнішньому вигляду, ціні і якісних показниках конкурентоздатною з імпортною. Розробляються нові технології і удосконалюються традиційні; розширюється номенклатура сировини і готового продукту.

Таким чином, вивчення, розробка і подальше впровадження досконалих технологій підготовки сировини, її обробки в процесі виготовлення та зберіганні готової продукції і є головною проблемою сучасного виробництва соків.

Програма досліджень на 2017 р.

1. Розробка програми та методики досліджень
2. Теоретичне та експериментальне дослідження впливу холодильної обробки при виробництві плодкових соків
3. Обробка, аналіз одержаних результатів

1. Методика досліджень

Дослідження проводилися в 2017 році на базі кафедри ОПХВ Таврійського державного агротехнологічного університету.

Метою роботи є експериментальне підтвердження положень, викладених в попередніх працях та створення передумов до подальших досліджень по розробці та впровадженню технологічної документації з використання замороженої сировини для виробництва соків і подальшого їх зберігання у замороженому виді.

За основу був взятий відомий спосіб отримання соку з гарбузових та інших овочів. Суть цього способу полягає у тому, що гарбуз замочують, миють щітками, вирізають плодоніжку, розрізають на шматки, відділяють насіння, інспектують, подрібнюють, дроблять, розварюють при температурі 98 °С, протирають, змішують з цукровим сиропом концентрацією 25 % у співвідношенні 1:11 та додаванням 0,1% лимонної кислоти, фасують і стерилізують при температурі 120 °С.

Недолік цього способу – невиправдана втрата значної частини біохімічних елементів під час тривалої термообробки.

Для одержання соків з м'якоттю мезгу ферментативно обробляють пектолітичними препаратами або електроплазмолізом, віджимають сік з мезги, бланшують вижимки у воді, подрібнюють їх та змішують з віджатим соком. Основний недолік цього способу - це недостатній вихід соку з сировини.

З метою удосконалення способу отримання соку гарбузів, перед віджиманням соку сировину попередньо заморожують, заморожену сировину дефростують, під час віджимання соку та отриманий сік піддають миттєвій стерилізації, що дозволяє зменшити тиск на сировину при вилученні соку механічним способом за рахунок порушення цілісності клітин утворенням кристалів льоду у клітинах та міжклітинному просторі при заморожуванні.

Таким чином, спосіб отримання соку з гарбузів складається з таких операцій: заморожування сировини, віджимання соку з замороженої сировини одночасно з її дефростацією та стерилізацією соку, бланшування вичавків, їх подрібнення та змішування їх з віджатим соком.

Застосування цього способу дозволяє зменшити до мінімуму потемніння та окислення складових речовин сировини зменшивши час дефростації в наслідок виділення теплової енергії за рахунок стиску сировини під час віджимання соку та його стерилізації.

Крім того, має місце більший вихід соку, вищій рівень вмісту біохімічних речовин, зменшення енергоємності віджиму соку.

Таблиця 1 – Вихід соку в залежності від способу обробки

Спосіб попередньої обробки	Вихід соку, %
Без попередньої обробки	53,9
Бланшування сировини	64,3
Ферментативна обробка сировини	70,0
Заморожування сировини	82,9

Результати свідчать, що спосіб отримання соку з замороженої сировини має найбільший його вихід в порівнянні з іншими.

Для досліджень були взяті овочеві кукурудзяний сік та сік перцю солодкого. У зв'язку з тим, що дана овочева сировина вміщує недостатню частку цукрових речовин до складу рецептури внесені цукор та мед натуральний бджолиний. Додавання меду у значній мірі підвищує вміст моноцукрів (глюкози та фруктози), які дуже легко засвоюються організмом, мінеральних та інших речовин.

В основу технології зберігання кукурудзи покладений спосіб підготовки кукурудзи молочно-воскової стиглості до зберігання, що включає зняття листя, зрізання плодоніжки, миття, сортування, теплову обробку в киплячій воді, охолодження у холодній воді, видалення вологи та заморожування.

Листя качана і кукурудзяні рильця знімають після теплової обробки, яку виконують шляхом відварювання до напівготовності. Заморожування виконують на глибину зернівки, включно з зародком при температурі мінус 40 ± 2 °C з попереднім обертанням качана у вертикальній площині за годинниковою стрілкою.

Такий спосіб підготовки кукурудзи молочно-воскової стиглості до зберігання у порівнянні з іншими способами має такі переваги: не змінюється харчова і біологічна цінність кукурудзи молочно-воскової стиглості під час швидкого заморожування та незначно змінюється при тривалому зберіганні, високі якісні показники качанів після розморожування, а також знижується час на кулінарну обробку.

Відварювання кукурудзи молочно-воскової стиглості перед заморожуванням разом з листям та рильцями, дозволяє зберегти частину біологічно-активних та лікувальних речовин, які містяться у листі та рильцях, зменшити ушкодження тканини, та нерівномірність локалізації крохмалю, цукрів, а також запобігає утворенню силосного неприємного запаху під час зберігання, який виникає при звичайному зберіганні замороженої кукурудзи.

Кінцевий продукт одержується при наступному співвідношенні компонентів, мас %:

Сік кукурудзяний 57...53
 Сік перцю солодкого 37...38
 Цукор буряковий 2,0...2,2
 Кислота лимонна 0,5...0,6

2. Теоретичне та експериментальне дослідження впливу холодильної обробки при виробництві плодкових соків

Застосування способу та складу продукту має переваги:

- використання натуральної сировини, яка гарантує високу якість продукту;
- заморожування та зберігання при низьких температурах (мінус 20 ± 2 °C) дозволяє максимально зберегти вихідні властивості продукту, харчову та біологічну цінність;
- розширення асортименту харчових продуктів для вживання в міжсезонний період з метою збереження та підвищення імунітету людського організму, покращення здоров'я, тому що антиоксиданти, які поступають з продуктами харчування (аскорбінова кислота, каротиноїди, поліфеноли), людський організм не здатен синтезувати.

Кукурудза, як основна сировина для соку, являється цінною у відношенні значного вмісту сухих речовин (7...13 г/100 г сирової маси), в т. ч. вуглеводів (3...7 г/100г), органічних кислот (0,08...0,12 г/дм³), білкових речовин (0,8...1,2 г/100 г) на сиру масу.

Перець овочевий солодкий є лідером серед овочевих культур за вмістом вітаміну С (120...300 мг %), вміст вітаміну Р становить 140...170 мг %, каротину 1,7...3,0 мг %, вітамінів групи В (0,09...0,2 мг %), макро- та мікроелементів і т.п.

У зв'язку з тим, що дана овочева сировина вміщує недостатню частку цукрових речовин до складу рецептури внесені цукор та мед натуральний бджолиний. Додавання меду у значній мірі підвищує вміст моноцукрів (глюкози та фруктози), які дуже легко засвоюються організмом, мінеральних та інших речовин.

Відомо, що період перебування зернівки кукурудзи на стадії молочної стиглості є дуже коротким, і тому сировину (кукурудзу), яку планується використовувати для виробництва кукурудзяного соку, доцільно зберігати у замороженому вигляді.

В основу технології зберігання кукурудзи покладений спосіб підготовки кукурудзи молочно-воскової стиглості до зберігання [4, 5], що включає зняття листя, зрізання плодоніжки, миття, сортування, теплову обробку в киплячій воді, охолодження у холодній воді, видалення вологи та заморожування.

Листя качана і кукурудзяні рильця знімають після теплової обробки, яку виконують шляхом відварювання до напівготовності.

Заморожування виконують на глибину зернівки, включно з зародком при температурі мінус 40 ± 2 °C з попереднім обертанням качана у вертикальній площині за годинниковою стрілкою.

Такий спосіб підготовки кукурудзи молочно-воскової стиглості до зберігання у порівнянні з іншими способами має такі переваги: не змінюється харчова і біологічна цінність кукурудзи молочно-воскової стиглості під час швидкого заморожування та незначно змінюється при тривалому зберіганні,

високі якісні показники качанів після розморожування, а також знижується час на кулінарну обробку.

Відварювання кукурудзи молочно-воскової стиглості перед заморожуванням разом з листям та рильцями, дозволяє зберегти частину біологічно-активних та лікувальних речовин, які містяться у листі та рильцях, зменшити ушкодження тканини, та нерівномірність локалізації крохмалю, цукрів, а також запобігає утворенню силосного неприємного запаху під час зберігання, який виникає при звичайному зберіганні замороженої кукурудзи. Попереднє обертання качанів у вертикальній площині перед заморожуванням дозволяє змінити структуру доменів та кристалів льоду в клітинах і таким чином зменшити ушкодження під час фазового переходу води в лід.

В таблиці 2 наведена залежність загального органолептичного показника за 5-ти бальною системою кукурудзи сорту „Делікатесна“ молочно-воскової стиглості дефростованої відразу після заморожування від часу відварювання до напівготовності та температури заморожування

Таблиця 2 – Загальний органолептичний показник кукурудзи сорту „Делікатесна“ від часу відварювання і температури заморозки

Час відварювання, хв.	Температура заморожування, °С			
	– 10	– 20	– 30	– 40
18...15	3,3	3,9	4,1	4,1
15...12	3,7	4,3	4,6	4,6
12...10	3,1	3,1	3,4	3,5
10...7	2,0	2,6	2,9	3,0

Загальний органолептичний показник включав в себе вигляд зовнішній, колір, консистенцію, аромат та смак

Оптимальне значення показника встановлене при відварюванні кукурудзи до напівготовності протягом 15...12 хвилин та заморожування при температурі мінус $40 \pm 1^\circ\text{C}$.

Зберігали заморожені плоди кукурудзи при температурі мінус 20°C . Про позитивний вплив способу на органолептичні та фізико-хімічні показники якості замороженої кукурудзи протягом тривалого зберігання свідчать результати, приведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Змінення показників кукурудзи молочно-воскової стиглості при заморожуванні і в динаміці зберігання

Стан продукту і термін зберігання	Вітаміни, мкг/г					Титрована кислотність, мг/%	Масова частка сухих речовин, %	Загальний цукор, %	Органолептична оцінка
	B1	B2	B6	PP	E				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Продовження таблиці 3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Свіжий	0,3	0,14	0,48	2,10	5,5	0,23	9,9	15,4	4,7
Заморожений	0,3	0,14	0,45	2,09	5,5	0,25	9,8	15,0	4,0
3 місяці збер.	0,3	0,13	0,43	2,07	5,2	0,25	8,7	14,8	4,4
6 місяців збер.	0,3	0,12	0,43	2,06	4,9	0,27	8,5	14,7	4,4
9 місяців збер.	0,3	0,10	0,42	2,05	4,8	0,28	8,4	14,6	4,1

З таблиці видно, що після 3...6 місяців зберігання якість можна вважати відмінною і навіть після 9 місяців зберігання – доброю.

3. Обробка, аналіз одержаних результатів

Оптимальне значення показника встановлене при відварюванні кукурудзи до напівготовності протягом 15...12 хвилин та заморожування при температурі мінус $40 \pm 1^\circ\text{C}$.

Зберігали заморожені плоди кукурудзи при температурі мінус 20°C . Про позитивний вплив способу на органолептичні та фізико-хімічні показники якості замороженої кукурудзи протягом тривалого зберігання свідчать результати, приведені в таблиці 3.

Кукурудзяно-перцевий натуральний купажований сік одержаний з замороженої сировини має однорідну практично непрозору масу з рівномірно розподіленим тонкоподрібненим м'якушем. Запах соку має добре виражений аромат вихідної сировини, особливо перцю солодкого, та добрий смак.

Під час зберігання у замороженому вигляді проводили біохімічну та органолептичну оцінку якості дефростованого соку. Продукт був оцінений високими органолептичними показниками. Він зберіг свій колір, смак і добре виражений аромат перцю, а також, майже без змін, вихідний біохімічний склад. Якісна оцінка соку з м'якоттю після 9 місяців зберігання показана в табл. 3.

Таблиця 3 – Показники соку кукурудзяно-перцевого до і після зберігання протягом 9 місяців

Найменування показника	Сік кукурудзяно-перцевий	
	свіжий	заморожений
Масова частка сухих речовин, %	13,2	13,3
Загальний цукор, %	6,74	6,76
Загальна кислотність, %	0,6	0,6
Вітамін С, мг/100 г	80,0	65,2
Каротин, мг/100 г	0,03	0,028
Загальна органолептична оцінка	4,9	4,7

Наведені вище результати досліджень підтверджують доцільність розробки технологічних процесів виготовлення плодкових соків з замороженої сировини і застосування зберігання цих соків у замороженому вигляді.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Ялпачик, В.Ф. Підготовка гарбуза до заморожування / В.Ф. Ялпачик, В.Г. Тарасенко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. – 2008. – Вип. 8, том 1.– С. 166-169.
2. Спосіб отримання соку гарбузів: Д.п. №6050 Україна, А23L2/02 / В.Ф. Ялпачик, С.О. Бровченко, К.М. Стручаєв – 20070706184: Заявл. 26.07.2004, Опубл. 15.04.2005 Бюл. № 4 – 2с.
3. Пристрій для отримання соку з замороженої плодоовочевої продукції: Д.п. №8102 Україна, В30В9/12/ В.Й. Іванченко, К.М. Стручаєв, В.Ф. Ялпачик – 200500465: Заявл. 17.01.2005, Опубл. 15.07.2005 Бюл. №7 – 3с.
4. 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.
5. Спосіб консервування соку купажованого кукурудзяно-перцевого: Патент 13719 Україна, А23L2/12/ Н.П. Загорко, К.М.Стручаєв, В.Ф. Ялпачик, В.Г. Циб, В.Г. Данченко – 200509715: Заявл.17.10.2005, Опубл. 17.04.2006. Бюл. 4 – 2 с.
6. Загорко Н.П. Експериментальне дослідження впливу холодильної обробки на якість плодкових соків при їх виробництві / Н.П. Загорко, В.Г. Тарасенко, С.Ф. Буденко // Сучасні проблеми холодильної техніки та технології / Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції. – Одеса: ОНАХТ, 2017. – С. 93-94.

Розділ 2.2. Характеристики плодів черешні при зберіганні з використанням вакуумного охолодження

Програма досліджень на 2017 р.

1. Розробка програми та методики досліджень
2. Дослідження зміни характеристик плодів при зберіганні з використанням вакуумного охолодження
3. Обробка, аналіз одержаних результатів та оформлення звіту.

1. Методика досліджень

Дослідження проводилось у 2015-2017 р.р. на кафедрі «Обладнання переробних і харчових виробництв ім. професора Ф.Ю.Ялпачика» Таврійського державного агротехнологічного університету у місті Мелітополі Запорізької області. В результаті теоретичних досліджень за комплексом господарсько-біологічних показників були відібрані районовані сорти черешні пізнього строку досягання: Крупноплідна, Мелітопольська Чорна, Удівительна, що внесені в реєстр сортів України.[3] Товарну обробку проводили виділяючи цілі, міцні, чисті не уражені плоди 1 товарного сорту, згідно з вимогами ГСТУ 01.1-37-162:2004, та видаляючи нестандартні екземпляри. Свіжозібрані плоди черешні доставлялися до експериментальної лабораторії кожного ранку. Температура плодів черешні протягом цього часу складала 25°C. Зважування плодів перед та після процесу охолодження проводилося за допомогою електронних ваг з точністю $\pm 0,01$ г. Випробування були реалізовані у розробленій експериментальній установці для вакуумного охолодження рослинної сировини.

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.

2. Виробничі випробування вакуумного способу охолодження плодів черешні та тимчасового 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 випробувань надані на рисунка 2,3,4.

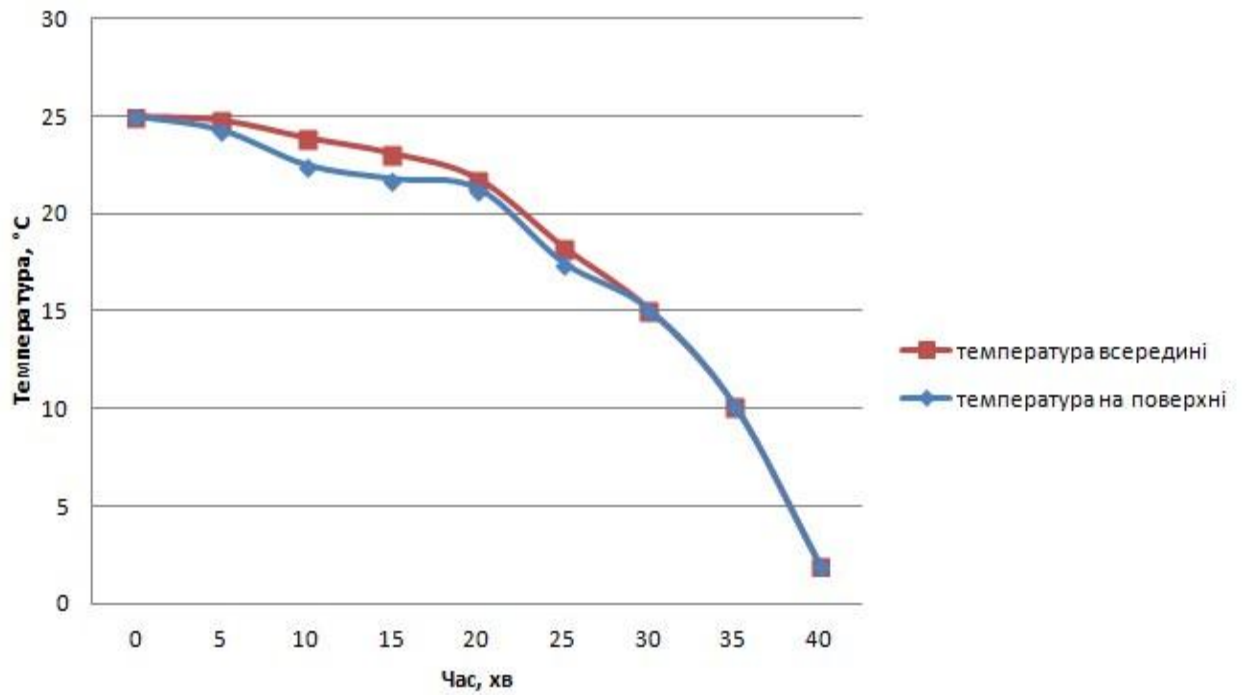


Рис.1 - Зміна температури при вакуумному охолодженні плодів черешні сорту Мелітопольська чорна

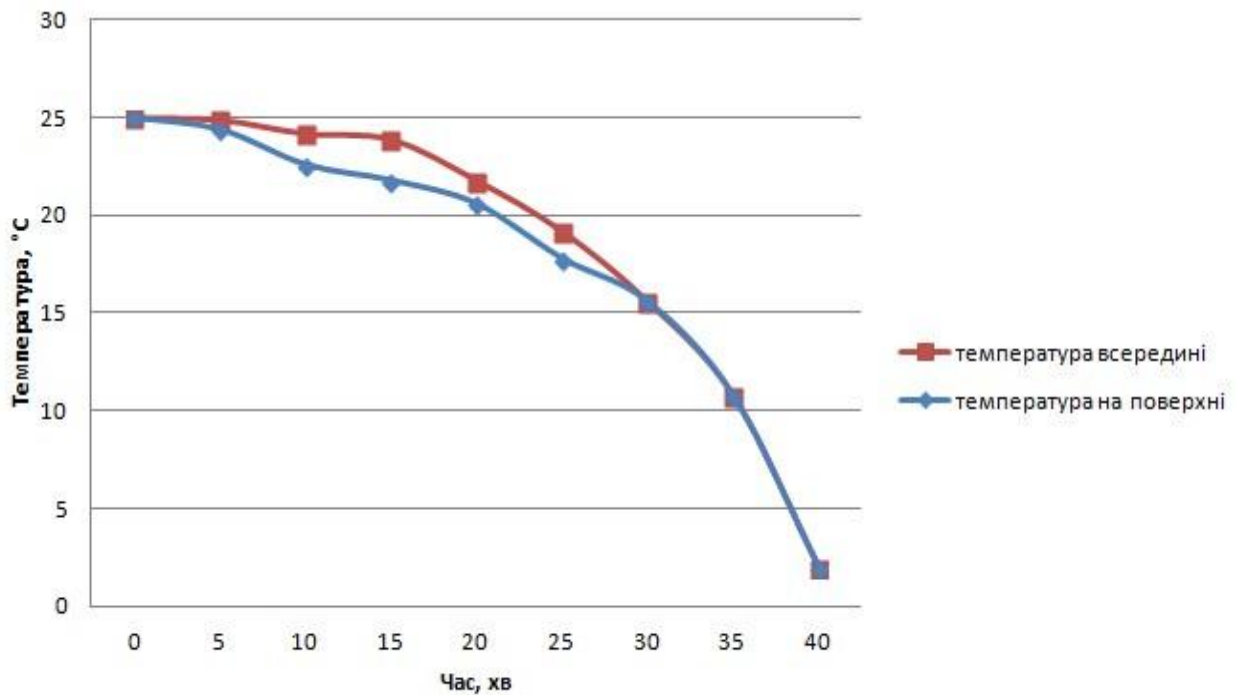


Рис.2 – Зміна температури при вакуумному охолодженні плодів черешні сорту Крупноплідна

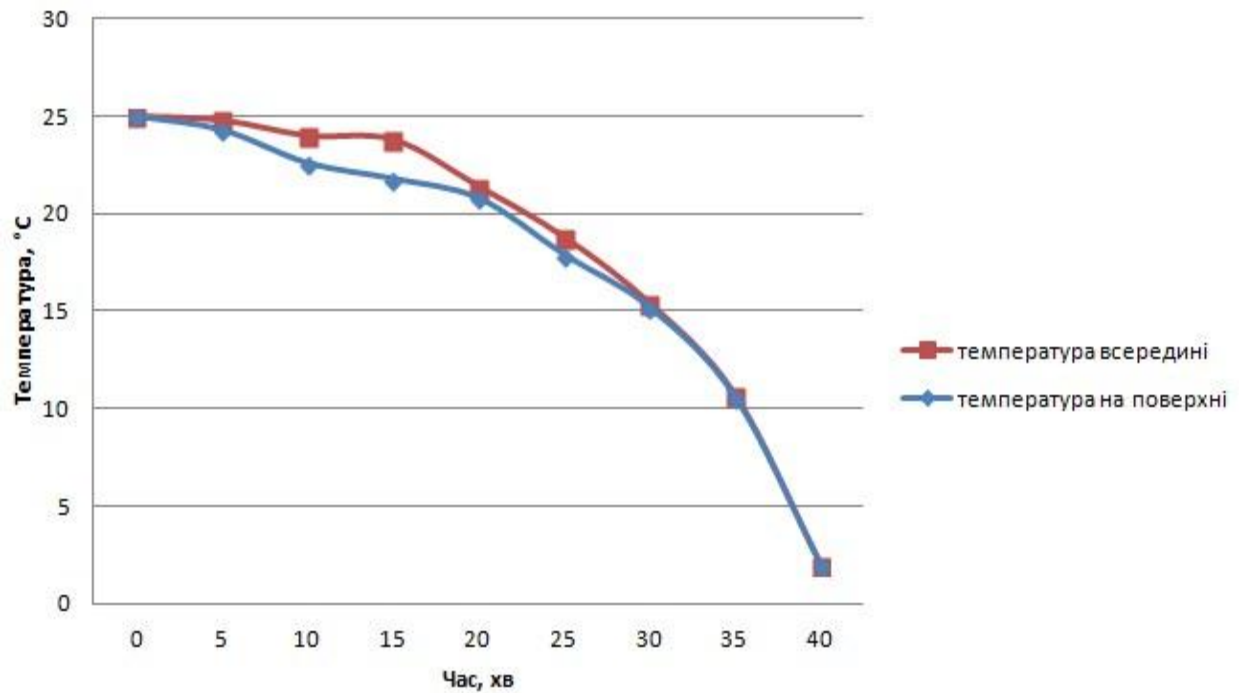
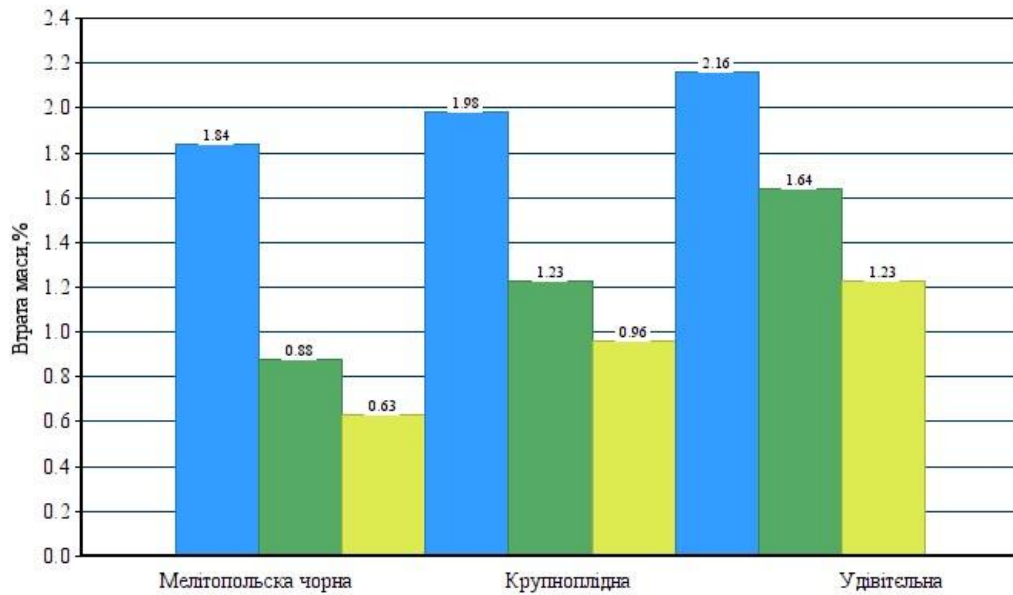


Рис.3 - Зміна температури при вакуумному охолодженні плодів черешні сорту Удівітельна

Як можна побачити з наведених вище графіків, час охолодження з температури 25°C до 2°C становить 40 хвилин. Крім того, охолодження як на поверхні, так і всередині плодів черешні проходить рівномірно протягом усього процесу охолодження

У кінці випробувань було зафіксовано втрату маси для плодів 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 Удівітельна: 2,16%, 1,64%, 1,23%. При аналізі діаграми видно, що найвище значення втрати маси при звичайному вакуумному охолодженні без додавання води. Ці значення становлять для плодів черешні Мелітопольська чорна, Крупноплідна та Удівітельна 1,84; 1,98; 2,16% відповідно. Очевидно, 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 Удівітельна. Найнижчі значення втрати маси становлять при розприскуванні води та покритті поліетиленовою плівкою: 0,63; 0,96; 1,23% відповідно для сортів Мелітопольська чорна, Крупноплідна, Удівітельна.



- - втрата маси при звичайному вакуумному охолодженні, %;
- - втрата маси при вакуумному охолодженні з додаванням води, %;
- - втрата маси при вакуумному охолодженні з додаванням води та покриттям поліетиленовою плівкою, %.

Рис. 4 – Втрата маси при вакуумному охолодженні плодів черешні
Таблиця 1 – Фізичні характеристики плодів черешні

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

При аналізі таблиці 1 видно, що найнижче значення втрати маси зафіксовано для плодів черешні сорту Мелітопольська чорна (0,63%), питомий об'єм яких також найнижчий (0,78 $\text{г}/\text{cm}^3$). Для сорту Крупноплідна значення втрати маси та питомого об'єму 0,96 % і 0,83 $\text{г}/\text{cm}^3$, для сорту Удівительна 1,23% і 0,91 $\text{г}/\text{cm}^3$. Таким чином, можна зробити висновок, що існує лінійна залежність між питомим об'ємом продукту та втратою маси.

3. Обробка, аналіз одержаних результатів

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

2. Зниження тиску у вакуумній камері з атмосферного до робочого від-

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

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

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

4. 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.

5. Jit T. . Experimental investigation of the temperature variation in the vacuum chamber during vacuum cooling / Jit. // Journal of food engineering. – 2007. – С. 333–339.

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

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

8. 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. – С. 203–214

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

Тема 3 Підвищення ефективності процесів та обладнання для диспергування та гомогенізації харчових емульсій і змішування рідких компонентів

Розділ 3.1 Оптимізація параметрів процесу гомогенізації молока в пульсаційних апаратах

РЕФЕРАТ

Об'єктом дослідження є показники ефективності гомогенізації молока в пульсаційному апараті з одним і двома поршнями.

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 апараті (ПА), встановлення впливу прискорення потоку на дисперсні показники молочної емульсії.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

- аналітичне визначення залежності прискорення молочної емульсії як основного фактору руйнування жирових часток молока від конструктивно-кінематичних параметрів ПА;

- встановлення залежності діаметра часток молочного жиру (жирових кульок) від прискорення молочної емульсії та конструктивно-кінематичних параметрів ПА;

- визначення дисперсних показників емульсії молока після обробки в ПА.

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

Обґрунтовано вплив основних кінематичних і конструктивних параметрів пульсаційного гомогенізатора на середнє прискорення емульсії в отворах переривника. Встановлено залежність середніх розмірів жирових кульок молока від прискорення емульсії в переривнику апарата та частоти обертання й амплітуди коливань поршня. Визначені дисперсні характеристики молока після гомогенізації.

Ключові слова: гомогенізація молока, гомогенізатор, пульсаційний апарат, пульсаційна гомогенізація

ПУЛЬСАЦІЙНИЙ АПАРАТ, ПУЛЬСАЦІЙНИЙ ГОМОГЕНІЗАТОР, ГОМОГЕНІЗАЦІЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ

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 2017 р.

1. Розробка програми та методики досліджень
2. Теоретичне та експериментальне дослідження гомогенізації молока в пульсаційному апараті з вібруючим ротором
3. Обробка, аналіз одержаних результатів

1. Методика досліджень

Обладнання та методи досліджень гомогенізації молока в пульсаційному гомогенізаторі з ротором, що вібрує

Методи теоретичних досліджень, розрахункова схема та принцип дії апарата

В пульсаційному гомогенізаторі швидкість потоку молока головним чином залежить від амплітуди коливання поршня і частоти коливань. Тільки визначення залежності швидкості від параметрів пульсаційного гомогенізатора дасть можливість перейти до визначення ефективності гомогенізації.

Емульсія, що витісняється поршнем при його коливальних рухах $Q_o(t)$, проходить крізь отвори поршня (рис. 1).

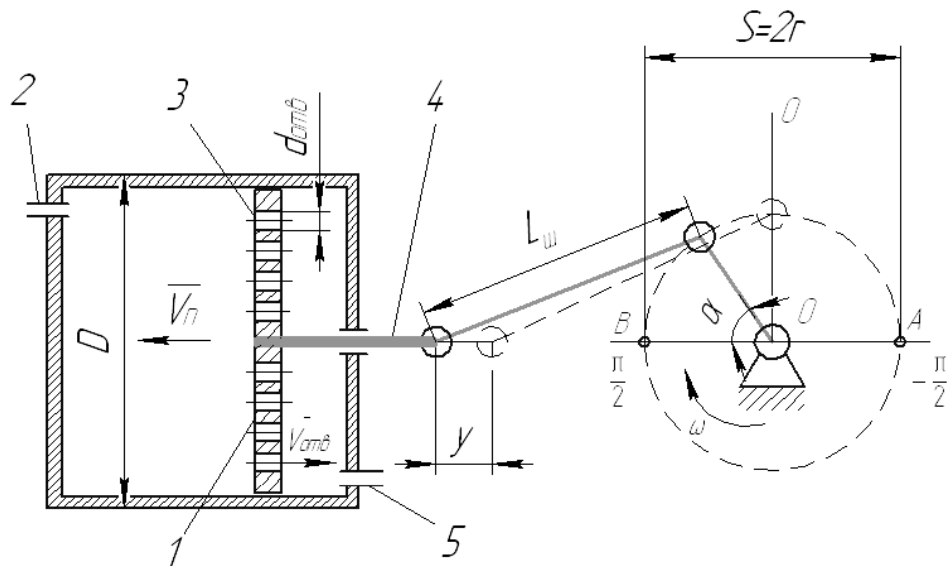


Рис. 1 – Схема пульсаційного гомогенізатора.

1 – поршень; 2 – патрубок для відведення емульсії; 3 – отвори поршня; 4 – регульований кривошип; 5 – патрубок подачі емульсії.

$V_{\text{п}}$ – швидкість поршня; $V_{\text{п}}$ – швидкість емульсії в отворах поршня; $d_{\text{отв}}$ – діаметр отворів; D – діаметр камери; $L_{\text{ш}}$ – довжина шатуна; r – радіус кривошипа; α – кут повороту кривошипа.

Тоді на основі умови нерозривності потоку:

$$Q_n(\tau) = Q_o(\tau), \quad (1)$$

де $Q_o(t)$ – витрата емульсії крізь отвори поршня за рахунок осьових коливань ротора, $\text{м}^3/\text{с}$;

τ – час, с.

При постійній частоті обертання кривошипу $n = \text{const}$ останнє рівняння можна представити у вигляді

$$Q_n(\alpha) = Q_o(\alpha). \quad (2)$$

За відомою формулою

$$Q_o(\alpha) = v_o(\alpha) \cdot F_o, \quad (3)$$

де $v_o(\alpha)$ – швидкість емульсії крізь отвори поршня, $\text{м}/\text{с}$;

F_o – площа отворів, м^2 .

Площа отворів дорівнює

$$F_o = N \frac{\pi d_o^2}{4}, \quad (4)$$

де N – кількість отворів поршня;

d_o – діаметр отвору, м.

Витрата емульсії при русі поршня на величину y (рис. 1) у будь-який момент часу

$$Q_n(\tau) = v_n(\tau) \frac{\pi D^2}{4}, \quad (5)$$

де $v_n(\tau) = dy / dt$ – швидкість руху поршня вздовж вісі обертання,

м/с.

D – діаметр ротора, м.

Для простих синусоїдальних коливань при $r / L_{ш} \rightarrow 0$ (довжина шатуна кривошипного механізму $L_{ш}$ набагато більша за радіус кривошипу r , що складає до 10 мм) можна записати:

$$\frac{dy}{dt} = v(\tau) = \pi n s \cdot \sin \alpha, \quad (6)$$

де s – амплітуда коливань ротора, м;

n – частота обертання кривошипу (коливання поршня), c^{-1} .

$$s = 2r. \quad (7)$$

З урахуванням рівнянь (3–6) умову нерозривності потоку (1) запишемо у вигляді

$$2\pi r n \cdot \sin \alpha \frac{\pi D^2}{4} = N \frac{\pi d_o^2}{4} v_o. \quad (8)$$

Таким чином швидкість руху емульсії крізь отвори поршня як функція від кута повороту кривошипу має вигляд

$$v_o = \frac{2\pi r n D^2}{d_o^2 N} \sin \alpha. \quad (9)$$

Кількість отворів ротора пов'язане з діаметром ротора та діаметром отворів співвідношенням, яке впливає з очевидних геометричних перетворень

$$\frac{\pi D^2}{4} K_o = N \frac{\pi d_o^2}{4}. \quad (10)$$

або

$$K_o = \frac{N d_o^2}{D^2}, \quad (11)$$

де K_o – коефіцієнт живого перетину отворів поршня, $K_o \approx 0,5$.

$$K_o = \frac{F_o}{F_n}, \quad (12)$$

де F_n – площа поршня, m^2 .

З урахуванням рівняння (11) швидкість в отворах поршня дорівнює

$$v_o = \frac{2\pi r n}{K_o} \sin \alpha. \quad (13)$$

Для останнього рівняння графік швидкості емульсії для радіусів кривошипу 5 і 15 мм та частот коливання поршня 3000...9000 xv^{-1} . представлений на рис. 2.

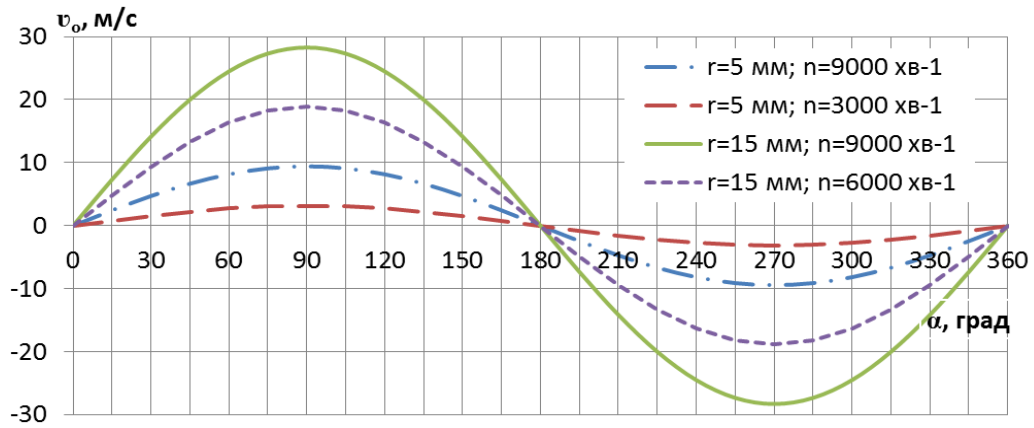


Рис. 2. Графік залежності швидкості емульсії v_o від кута повороту кривошипу α і радіуса кривошипа r ($K_o=0,5$).

Найбільшого значення функція приймає при максимальних радіусах кривошипу і частоті коливань.

За критерієм Вебера ступінь диспергування жирової фази пропорційна швидкості ковзання жирової кульки. Але швидкість руху емульсії не визначає швидкість ковзання жирової кульки. Ковзання підвищується при різких змінах швидкості, тобто при появі прискорення емульсії. Тому шляхом диференціювання за часом, знайдемо прискорення руху емульсії в отворах поршня

$$a_o = \frac{dv_o}{dt} = \frac{d(2\pi r n \sin \omega t)}{K_o dt} = \frac{2\pi r n}{K_o} \omega \cos \omega t = \frac{4\pi^2 n^2 r}{K_o} \cos \alpha. \quad (14)$$

Для останнього рівняння графік прискорення емульсії для радіусів кривошипу 10...50 мм. виглядає наступним чином (рис. 3).

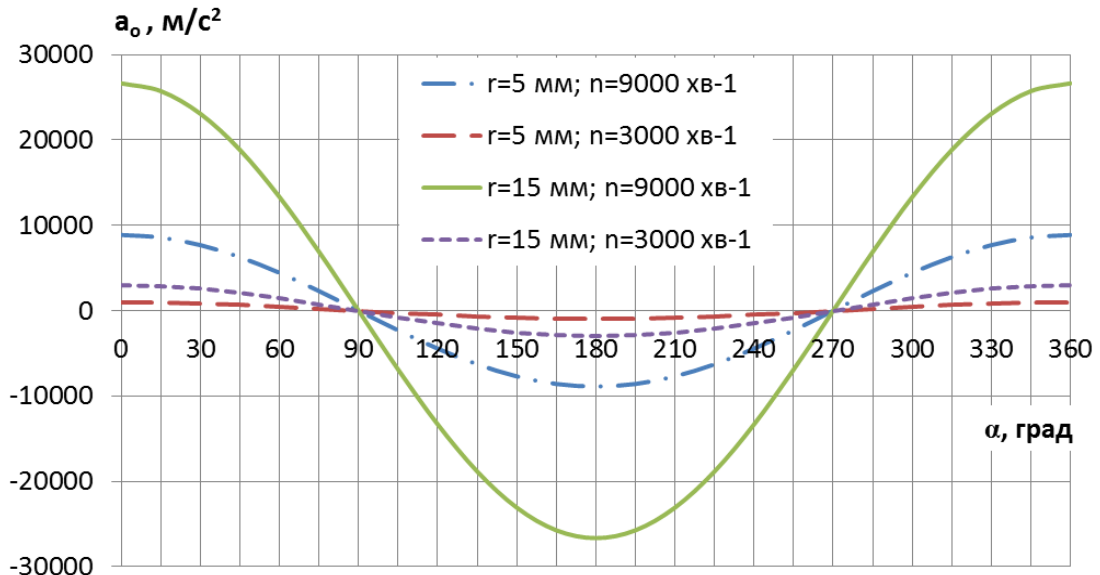


Рис. 3. Графік залежності прискорення емульсії a_o від кута повороту кривошипу α і радіуса кривошипа r ($K_o=0,5$).

Формула (3.14) не враховує вплив форми отворів поршня (в осевій площині перерізу отвору). Фактична швидкість потоку, який виходить з

отворів поршня буде рівна

$$v_{o\phi} = \varphi \frac{2\pi r n}{K_o} \sin \alpha . \quad (15)$$

де φ – коефіцієнт швидкості.

З урахуванням останнього виразу формула фактичного прискорення (3.15) набуває вигляду

$$a_{o\phi} = 4\pi^2 \varphi \frac{n^2 r}{K_o} \cos \alpha . \quad (16)$$

Прискорення руху емульсії в отворах поршня має найбільші значення при максимальних r і n і більш суттєво збільшується при зростанні n ніж r .

Таким чином, з формули (3.15), максимальні умови для подрібнення жирових кульок молока створюються при $(n, r) \rightarrow \max$ і $K_o \rightarrow \min$.

Методи експериментальних досліджень, об'єкт дослідження та спосіб визначення дисперсних показників молочної емульсії

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).

Конструкція експериментальної установки для гомогенізації молока в ПА з ВР

Для проведення експериментальних досліджень пульсаційної гомогенізації молока розроблена експериментальна установка, схема якого представлена на рис. 4.

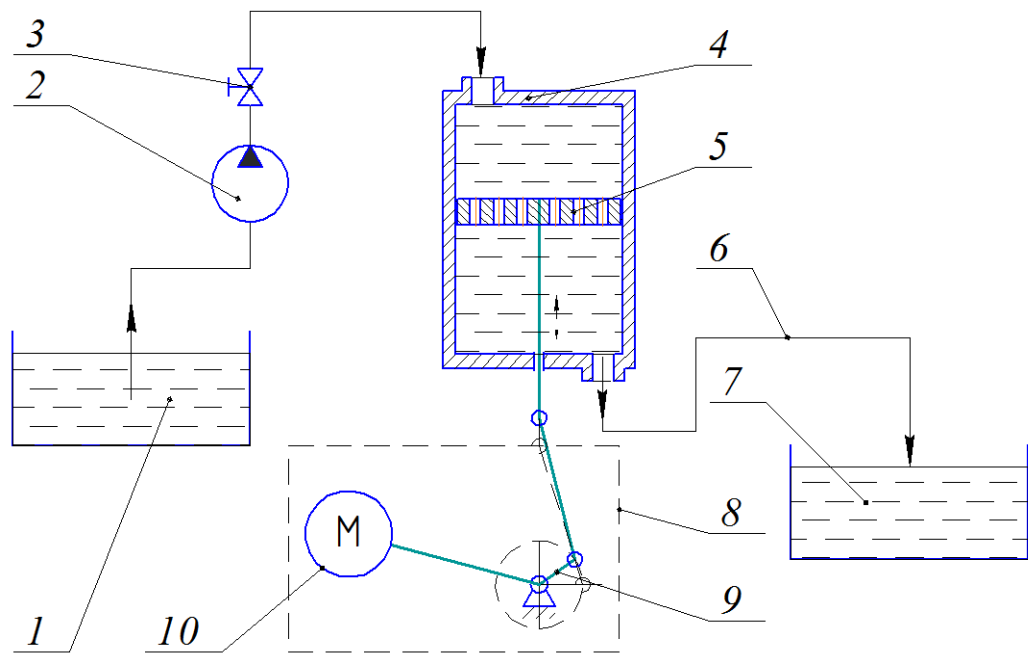


Рис. 4. Принципова схема пристрою для дослідження пульсаційної гомогенізації молока:

1, 7 – технологічні ємності відповідно для подачі та збирання молока; 2 – насос; 3 – вентиль; 4 – робоча камера гомогенізатора; 5 – поршень; 6 – трубопроводи; 8 – привід руху робочого органу; 9 – кривошипний механізм з регулятором амплітуди; 10 – електродвигун з електричним регулятором частоти обертання валу.

Пристрій складається з ємностей для подачі молока у гомогенізатор 1 і накопичення обробленого молока 7, насоса подачі молока 2, вентиля 3 і робочої циліндричної прозорої камери імпульсного гомогенізатора 4, всередині якого розташований поршень 5 з отворами. Поршень приводиться в коливальні рухи приводом 8, який складається з електродвигуна 10 з електричним регулятором частоти обертання валу та кривошипного механізму 9 з можливістю регулювання радіусу кривошипу.

Установка працює таким чином. В ємність 1 заливали незбиране молоко, підігріте до необхідної температури, звідки насосом 2 подавали його у камеру гомогенізатора 4 через вентиль 3, який служить для регулювання подачі продукту. При коливальних рухах поршня 5 відбувалось диспергування жирової фази молока, після чого оброблений продукт зливався в ємність 7.

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 ,
- товщина поршня h_n ,
- форма отворів поршня (коефіцієнт швидкості φ і подачі μ отвору),
- щільність матеріалу поршня ρ_n .

Технологічні:

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

2. Теоретичне та експериментальне дослідження гомогенізації молока в пульсаційному апараті з вібруючим ротором

Результати досліджень гомогенізації молока в пульсаційному гомогенізаторі з ротом, що вібрує

За результатами досліджень пульсаційного гомогенізатора з вібруючим ротором експериментально встановлено зв'язок між прискоренням емульсії молока та середнім діаметром жирової кульки d [7]

$$d = \frac{K_2}{\sqrt{a_0}}, \quad (17)$$

де K_2 – коефіцієнт гомогенізації, визначений емпірично, який для пульсаційного гомогенізатора з вібруючим ротором дорівнює 68.

Коефіцієнт гомогенізації K_2 визначений для умов гомогенізації у пульсаційному гомогенізаторі з вібруючим ротором і враховує його особливості, такі як високий градієнт швидкості між ротором і статором, кавітацію у зоні диспергування та підвищення амплітуди пульсацій емульсії внаслідок резонансних явищ. Дослідний пульсаційний гомогенізатор не має таких переваг, тому K_2 для пульсаційної гомогенізації буде більшим.

З формул (17) і (16) можливо знайти залежність, що пов'язує дисперсність молочної емульсії після гомогенізації з конструктивно-кінематичними показниками ПГ

$$d = \frac{K_2}{2\pi n} \sqrt{\frac{K_o}{\varphi r}}, \quad (18)$$

Аналізуючи останню формулу можна зробити висновок, що для підвищення дисперсності емульсії необхідно виконання умов

$$\{K_o, K_2\} \rightarrow \min ; \{n, r, \varphi\} \rightarrow \max . \quad (19)$$

Враховуючи, що ефективність гомогенізації (як відношення ступеня диспергування до питомих енерговитрат процесу) підвищується при збільшенні частоти коливання поршня і задаючись діапазоном значень K_2 можли-

во визначити мінімальний радіус кривошипу ПГ для початку диспергування жирової фази молока

$$r = \left(\frac{K_z}{d\pi n} \right)^2 \frac{K_o}{4\varphi}. \quad (20)$$

В сучасних умовах максимальна частота обертання електродвигунів (без використання мало поширених і тому коштовних моделей) $n=9000$ об/хв. В ПГ планується уникнути використання механізмів для підвищення частоти обертання робочого органу (мультиплікаторів) для зниження вартості та металомісткості гомогенізатора.

Таким чином згідно останньої формули при $K_z=100$, $K_o=0,4$, $\varphi=0,98$ і $n=150 \text{ с}^{-1}$ початок гомогенізації ($d=2,5$ мкм) відбувається при $r=0,7$ мм, а необхідна ступінь дисперсності ($d=0,8-1,2$ мкм) досягається при $r=3,2-7,2$ мм.

При збільшенні амплітуди коливання поршня (радіусу кривошипу) та частоти коливання підвищується дисперсність жирової фази молока (рис. 5).

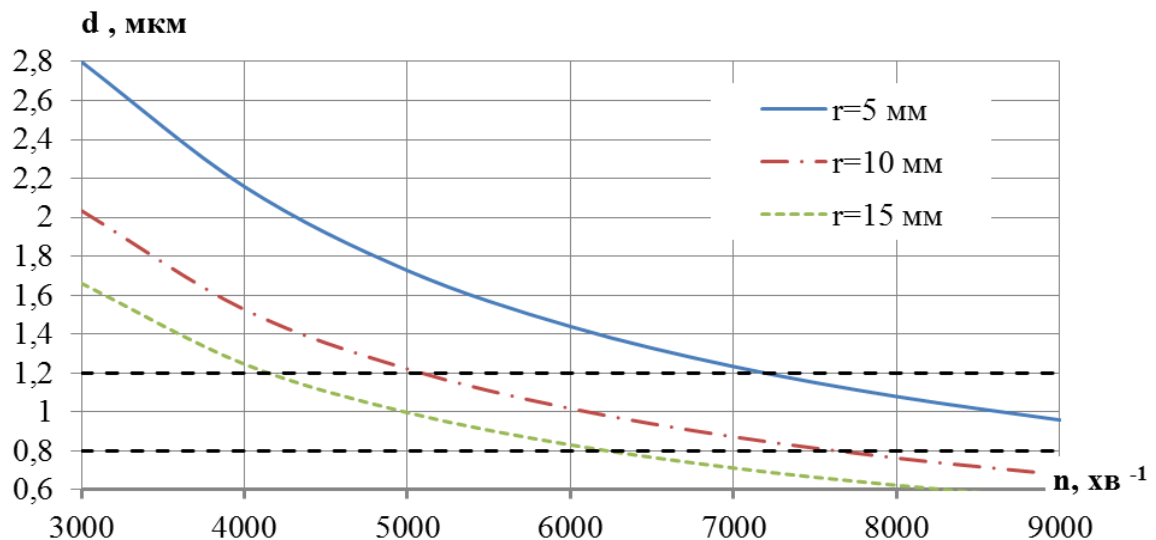


Рис. 5. Залежність середнього діаметру жирових кульок d від радіусу кривошипу r і частоти коливання поршня n (при $K_z=100$, $K_o=0,4$, $\varphi=0,98$).

Для досягнення дисперсності емульсії 0,8 мкм необхідно забезпечити $n=7600-9000 \text{ хв}^{-1}$ і $r=7-10$ мм.

При підвищенні n діаметр жирових кульок зменшується більш суттєво, ніж при збільшенні r . Оптимальний діапазон дисперсності молочної емульсії після гомогенізації показаний штиховими лініями на рис. 5.

3. Обробка, аналіз одержаних результатів

Розрахуємо необхідну потужність для отримання емульсії з достатньої дисперсністю (0,8–1,2 мкм) (рис. 6).

Достатній середній розмір жирових кульок 1,2 мкм можливо отримати при радіусу кривошипу 5 мм і частоті 7300 хв^{-1} (точка В на рис. 3.18) або при $r=15$ мм і $n=4300 \text{ хв}^{-1}$ (точка А). При подальшому збільшенні частоти та радіусу кривошипу дисперсність емульсії зростає.

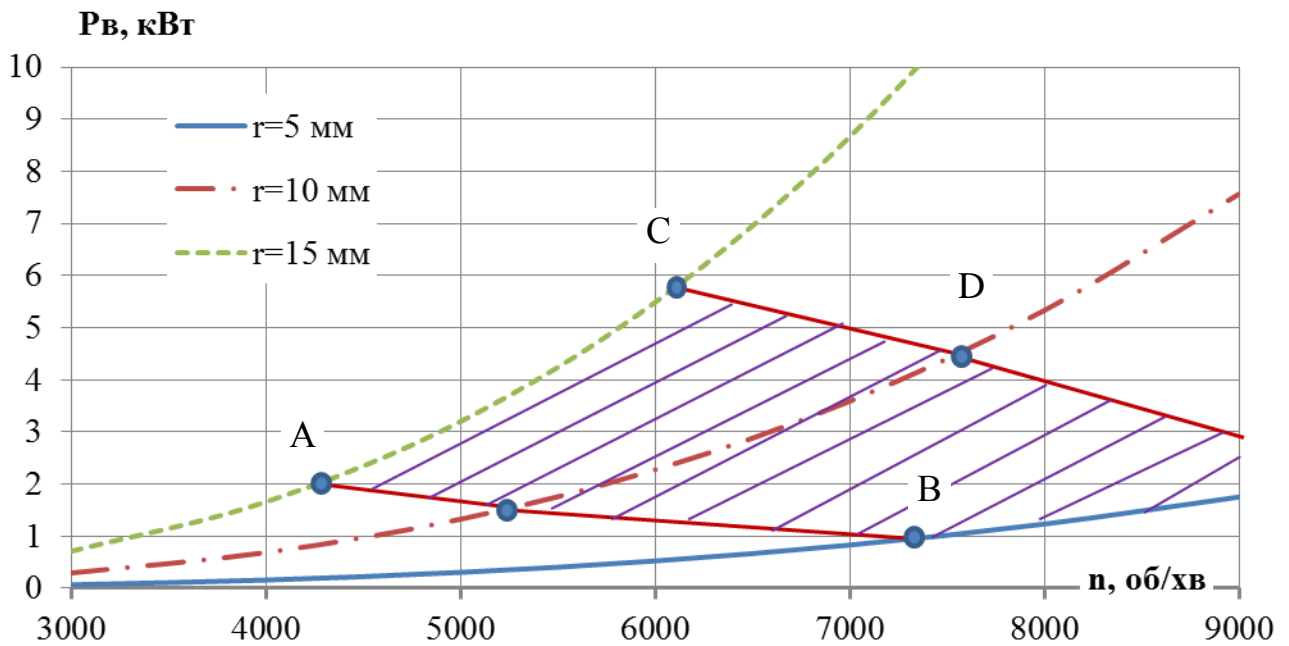


Рис. 6. Залежність потужності електродвигуна приводу пульсаційного апарата від частоти пульсацій поршня n та радіусу кривошипу r ($D=60$ мм; $K_0=0,5$; $h_{\text{п}}=5$ мм; матеріал поршня – сталь)

Емульсію з середньою дисперсністю $0,8$ мкм [5 с. 66] можливо отримати при $r=15$ мм і $n=6200$ хв⁻¹ (точка C) або при $r=10$ мм і $n=7600$ хв⁻¹ (точка D), або при $r=5$ мм і $n>9000$ хв⁻¹.

Область достатнього ступеня гомогенізації молока для пульсаційного апарату на рис. 1 показана заштрихованою в діапазоні $5 < r < 15$ мм. Необхідна потужність електродвигуна при цьому буде рівна $1,0$ – $5,9$ кВт. Якщо з'єднати точки A-B і C-D, то в області на графіку між ними отримаємо множину даних r, n, P , при яких дисперсність емульсії молока після обробки в пульсаційному апараті буде достатньою у відповідності з вимогами сучасних технологічних схем виробництва молочних продуктів.

Згідно даних графіку (рис. 6) необхідна потужність приводу пульсаційного апарату зменшується при підвищенні частоти коливань поршня. Тому для зниження енерговитрат гомогенізації необхідно підвищувати частоту пульсації поршня.

Таким чином в результаті аналітичних досліджень визначено, що для зниження енерговитрат пульсаційного гомогенізатора молока необхідно підвищувати частоту коливань поршня. Мінімально необхідна потужність електродвигуна приводу (1 – 2 кВт) досягається при частоті 4300 – 7300 хв⁻¹ та амплітуді коливань 5 – 15 мм при розрахунковій середній дисперсності емульсії $1,2$ мкм.

Висновки

В результаті проведених аналітичних та експериментальних досліджень:

– визначений вплив основних параметрів ПА на показник середнього

прискорення оброблюваної емульсії;

– встановлена емпірична залежність між середнім діаметром жирової кульки та середнім прискоренням емульсії в переривнику ПА, яка доводить, що прискорення потоку емульсії є основним чинником гомогенізації в ПА;

– визначено, що для зниження енерговитрат пульсаційного гомогенізатора молока необхідно підвищувати частоту коливань поршня. Мінімально необхідна потужність електродвигуна приводу (1–2 кВт) досягається при частоті 4300–7300 хв⁻¹ та амплітуді коливань 5–15 мм при розрахунковій середній дисперсності емульсії 1,2 мкм.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Дейниченко Г.В. Протитечійно-струминна гомогенізація молока: Монографія / Г.В. Дейниченко, К.О. Самойчук, С.В. Кюрчев, В.О. Олексієнко, Н.О. Паляничка, В.О. Верхованцева. – Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. – 188 с.

2. Пат. 119871, Україна, МКИ5 А01J 11/00. Струминний гомогенізатор молока з роздільною подачею вершків/ Кюрчев В.М., Дейниченко Г.В., Самойчук К.О., Пацький І.Ю.; заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. – № u201704300 ; заявл. 03.05.2017; опубл. 10.10.2017. Бюл. № 19.

3. Пат. 121278, Україна, МКИ⁵ В01F 5/06 (2006.01), В01F 7/00. Гомогенізатор для рідких продуктів/ Кюрчев В.М., Самойчук К.О., Марченко О.С., Левченко Л.В.; заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. – № u 201706676 ; заявл. 27.06.2017; опубл. 27.11.2017. Бюл. № 22.

4. Дейниченко Г.В. Дослідження діаметру каналу подавання вершків струминного гомогенізатора молока/ Г.В. Дейниченко, К.О. Самойчук, О.О. Ковальов, І.Ю. Пацький // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, ТДАТУ. – Вип. 17. Т.1 – 2017. – С. 195–205.

5. 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.

6. Дейниченко Г.В. Перспективные конструкции гомогенизаторов молока/Г.В. Дейниченко, К.О. Самойчук// Тўпламга 2017 йил 14 март куни институтда ўтказилган “Озиқ-овқат ва кимёсаноатида чиқиндисиз ва экологик самарадор технологияларни қўллаш” мавзусида Республика миқёсидаги илмий-амалий анжуман иштирокчиларининг илмий маъруза материаллари киритилган. – Наманган шаҳри: НамМПИ, С. 146–148. (14.03.2017 г Республиканская конференция на тему «Применение безотходных и экологически чистых технологии в пищевой и химической промышленности» в Наманганском инженерно-педагогическом институте (Узбекистан) С. 146–148.

7. Самойчук К.О. Перспективні способи диспергування жирової фази молока/ К.О. Самойчук, О.О. Ковальов, Л.В. Левченко // 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.

8. 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.

9. Дейниченко Г.В., Самойчук К.О. Перспективне обладнання для гомогенізації молока Самойчук К.О. Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні аспекти розвитку техніки, енергетики та транспорту в АПК»– видеодоклад (23-24 березня 2017 року)

10. Дейниченко Г.В. Ефективність гомогенізації молока у пульсаційному гомогенізаторі/ Г.В. Дейниченко, К.О. Самойчук, Л.В. Левченко// Вібрації в техніці та технологіях, ВНАУ: Вінниця. – 2017. №1 (84). – С. 116–121. (Index Copernicus, РИНЦ)

11. Дейниченко Г.В. Визначення впливу подачі молока в пульсаційному гомогенізаторі/ Г.В. Дейниченко, К.О. Самойчук, Н.О. Паляничка, Л.В. Левченко// Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК». ВНАУ: Вінниця, 2017. – 3 (98). – С. 12–17.

12. Kovalyov A. Experimental investigations of the parameters of the jet milk homogenizer with separate cream supply / A. Kovalyov, K. Samoichuk, N. Palyanichka, V. Verkholtantseva, V. Yanakov // Technology audit and production reserves, – 2017. №2/3 (34). – P. 33–38.

13. Samoichuk. K. Experimental investigations of sugar concentration for counterflow jet mixing of drinks/ K. Samoichuk, O.Poludnenko, N.Palyanichka, V. Verkholtantseva, 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, РИНЦ, ResearchBib, DOAJ, WorldCat, EBSCO, Directory Indexing of International Research Journals, DRJI, OAJI, Sherpa/Romeo, Open Access Articles, SCOPUS)

14. Ковальов О.О. Енергетичні витрати перспективних конструкцій гомогенізаторів молока / О.О. Ковальов, Л.В. Левченко, К.О. Самойчук // Збірник праць за підсумками VII Міжнародної науково-практичної конференції вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства» (27-28 квітня 2017р). Київ: ЦП КОМПРИНТ , 2017. – С. 315–316.

15. Полудненко О.В. Експериментальні дослідження концентрації цукру при протитечійно-струминному змішуванні солодких напоїв / О.В. По-

лудненко, К.О. Самойчук // Збірник праць за підсумками VII Міжнародної науково-практичної конференції вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства» (27-28 квітня 2017р). Київ: ЦП КОМПРИНТ, 2017. – С. 322–323.

16. 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. 129–142.

17. Самойчук К.О. Визначення універсального фактора диспергування жирової фази молока / К.О. Самойчук // Матеріали другої міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності» 5–7 вересня. – Харків : ХДУХТ, 2017. – С. 17–19.

18. Дейниченко Г.В. Теоретичні дослідження пульсаційної гомогенізації молока / Г. В. Дейниченко, К.О. Самойчук, Л.В. Левченко // Матеріали другої міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності» 5–7 вересня. – Харків : ХДУХТ, 2017. – С. 42–43.

19. Дейниченко Г.В. Раціональні параметри струминного гомогенізатора молока / Г. В. Дейниченко, К.О. Самойчук, О.О. Ковальов // Матеріали другої міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності» 5–7 вересня. – Харків : ХДУХТ, 2017. – С. 44–45.

20. Дейниченко Г.В. Перспективи використання пульсаційного гомогенізатора-диспергатора емульсій / Г.В. Дейниченко, К.О. Самойчук, Л.В. Левченко // Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки. 1–3 листопада. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – С. 17–19.

21. Самойчук К.О. Прискорення емульсії як основний фактор гідродинамічного диспергування жирової фази молока / К.О. Самойчук // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. Наукові праці ХДУХТ: Харків – 2017. – Вип. 2 (24).

22. Самойчук К.О. Методи аналізу зображень при визначенні дисперсійних характеристик мікро-емульсій методом оптичного мікроскопування/ К.О. Самойчук, Н.О. Паляничка // Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю “Фундаментальна підготовка фахівців у природничо-математичній, технічній, агротехнологічній та економічній галузях (11–13 вересня, 2017 р.). Мелітополь: ТДАТУ. – С. 140–142.

23. Самойчук К.О. Кратність гомогенізації молока. Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції "Інноваційні технології виробництва та переробки тваринницької продукції". 12.12.2017 р. Вінниця, 2017.

Розділ 3.2 Загальні залежності гідродинамічних пульсаційних апаратів

РЕФЕРАТ

Об'єктом дослідження є показники ефективності гомогенізації молока в струминному гомогенізаторі молока з роздільним подаванням вершків.

Предмет дослідження – залежності, що пов'язують ефективність (ступінь диспергування або діаметр жирових кульок після подрібнення та енерговитрати) струминного гомогенізатору молока з роздільним подаванням жирової фази з його конструктивними та технологічними параметрами.

Мета роботи – є визначення шляхів зниження енерговитрат та підвищення якості гомогенізації молока.

Методи досліджень – поставлені задачі вирішувалися з використанням аналітичних методів дослідження, що дозволили досягти основних результатів роботи і підтвердити їхню вірогідність методом активних експериментів. Використовувалися методи засновані на основних положеннях теоретичної механіки і гідравліки, аналітичної геометрії, комп'ютерної технології, методами математичного аналізу і математичної статистики.

В результаті роботи для визначення ефективності гомогенізації молока в струминному гомогенізаторі молока з роздільним подаванням вершків оцінені головні фактори та параметри процесу, що впливають на ступінь подрібнення жирової фази та питомі енерговитрати. В результаті теоретичного аналізу досліджено вплив основних факторів: діаметру звуження центрального каналу, діаметру каналу подавання вершків і тиску подачі знежиреного молока на енергоефективність апарату та ступінь гомогенізації. Ці параметри дозволяють розробити методіку розрахунку струминного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків та забезпечити вихідні дані для розробки проектно-конструкторської документації гомогенізатора.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ, СТРУМИННА ГОМОГЕНІЗАЦІЯ, РОЗДІЛЬНА ГОМОГЕНІЗАЦІЯ, ДИСПЕРГУВАННЯ

ВСТУП

Гомогенізація являє собою процес подрібнення жирових кульок та їх рівномірного розподілу в об'ємі плазми молока. Ця операція належить до одного з основних нормативних процесів для більшості продуктів молокопереробної галузі. Водночас з цим слід відзначити високі енергетичні витрати процесу для найбільш поширених конструкцій клапанних гомогенізаторів, що діють за принципом протискування молока у вузький зазор між сідлом і клапаном. Інші конструкції гомогенізаторів, серед яких відомі ротаційні, ультразвукові, електрогідравлічні та вакуумні, не забезпечують потрібного ступеню диспергування жирових кульок та необхідного дисперсного складу готового продукту [1, 2].

До загальних проблем підвищення ефективності гомогенізації відносять відсутність єдиної теоретичної бази. Відомі 6 гіпотез гомогенізації, на базі яких виготовлено понад 10 базових конструкцій. Складність дослідження процесу полягає у великих швидкостях руху, що сягають кількох сотень метрів на секунду та дрібного розміру часток, що коливається у діапазоні 0,8–1,2 мкм. Протягом більш ніж сторічної історії використання операції неодноразово робились спроби дослідити процеси, що призводять до зменшення розмірів жирових кульок.

Одним з відомих досліджень є дослідження процесу за допомогою фотографій, що отримані за допомогою лазера [3]. Однак існуючий на той час рівень технологій не дозволив дійти висновку, який вичерпно пояснював процеси, що відбуваються в зоні клапанної щілини. В роботі [4] робилась спроба дослідити процес подрібнення жирових кульок в комплексному полі ламінарного потоку. Однак суттєвих висновків щодо механізму подрібнення дійти не вдалося. Це пояснюється тим, що числа Вебера, що виникають при цьому режимі, більш ефективні для подрібнення жирових кульок в повітряному середовищі.

Іншу спробу з використанням прозорої ємності та пульсуючого лазера була зроблена в [5], де стверджувалось, що подрібнення відбувається під дією різниці градієнтів дисперсійної та дисперсної фаз. Останні дослідження свідчать, що вирішальну роль в процесі подрібнення жирових кульок відіграє різниця швидкостей дисперсійної та дисперсної фаз продукту [6], тому дослідження в цьому напрямку є актуальними.

З метою дослідження процесу роздільної гомогенізації на базі кафедри обладнання переробних і харчових виробництв Таврійського державного агротехнологічного університету (Мелітополь, Україна) створено лабораторну установку. Установка заснована на принципі створення максимальної різниці швидкостей знежиреного молока та вершків. При цьому в камері гомогенізації встановлюється гідродинамічний режим з числами Вебера більше 50, в результаті чого відбувається зменшення розмірів жирових кульок в молоці.

Однією з відмінних рис процесу гомогенізації є високі енергетичні витрати, які при використанні клапанних зразків сягають понад 10 кВт·год/т молока. При цьому забезпечується подрібнення жирових кульок до середнього розміру в межах 0,8–0,85 мкм. Проблема зниження енергетичних витрат диспергування тісно пов'язана з відсутністю єдиної теорії процесу. Існує близько 7 гіпотез гомогенізації, в більшості з яких рушійною силою вважається градієнт швидкості потоку. Останні дослідження визначають в якості вимог, за яких відбувається зменшення розмірів жирових кульок в молоці, різницю швидкостей дисперсійної та дисперсної фаз продукту. Цей принцип реалізовано в лабораторному зразку струминного гомогенізатору молока з роздільним подаванням вершків. В ньому, вершки в співвідношенні, що визначається з рівняння матеріального балансу тонким струменем подаються до швидкісного потоку знежиреного у місці найбільшого звуження центрального каналу камери гомогенізатору-нормалізатору. Попадаючи до потоку, жирова кулька зазнає дії тангенційних напружень, що витягують її в тіло ци-

лінійної форми, яке при подальшій дії навантажень руйнується на велику множину дрібних часток.

Зниження енергетичних витрат струминного гомогенізатору по відношенню до клапанних зразків відбувається за рахунок використання принципу роздільної подачі дисперсної фази. В цьому випадку, енергетичні витрати знижуються на 50–70% за рахунок зменшення кількості продукту, що гомогенізується [1]. Поєднання в установці процесів нормалізації та диспергування також скорочує енергетичні витрати, в порівнянні з окремим проведенням кожної з операцій. Використання цього принципу забезпечує економію енергетичних витрат відносно протитечійно-струминного диспергатору близько 20%. В цілому, енергетичні витрати струминного гомогенізатору молока з роздільним подаванням вершків складають 2,5–3 кВт·год/т продукту. При цьому середній розмір жирових кульок у таких гомогенізаторах коливається в діапазоні 0,82–0,87 мкм.

Програма досліджень на 2017 р.

1. Розробка програми та методики досліджень
2. Теоретичне та експериментальне дослідження гомогенізації молока в струминному гомогенізаторі молока з роздільною подачею вершків
3. Обробка, аналіз одержаних результатів та оформлення звіту

1. Методика досліджень

Теоретичні дослідження процесу гомогенізації та відомих гіпотез дозволили припустити, що визначальну роль в процесі подрібнення часток жиру відіграє різниця швидкостей дисперсійної та дисперсної фаз продукту. Гіпотеза знайшла втілення в конструкції дослідного пристрою для проведення струминної гомогенізації молока з роздільним подаванням жирової фази

Процес відбувається в камері гомогенізації, де до передбаченого технологічно місця найбільшого звуження центрального каналу камери **a** по вузькому каналу **d** подається тонкий струмінь вершків (рисунок 1). При такому типі подавання жирової фази, швидкість вершків буде мати найбільшу різницю відносно швидкості руху знежиреного молока, при цьому швидкість знежиреного молока v_m сягає максимальних значень.

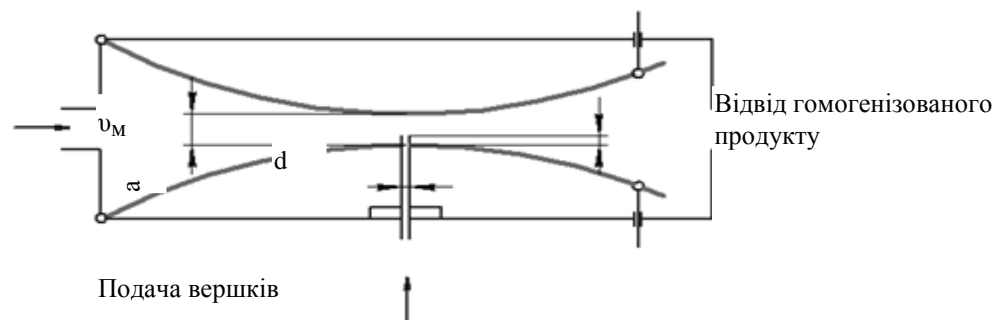


Рис. 1. Схема струминного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків

Молоко подається крізь патрубок подачі знежиреного молока 1, в якому дві направляючі виготовлені з органічного скла 2 формують ділянку найбільшого звуження центрального каналу. В цій точці до молока, що має велику швидкість по одному з тонких каналів 3 в необхідному співвідношенні подаються вершки. Оброблений продукт відводиться крізь патрубок відводу гомогенізованого молока 5. Завдяки реалізації такого конструктивного рішення (рисунок 2) забезпечується максимальна різниця швидкостей між включеною до руху потоку жировою кулькою та знежиреним молоком, що є основою ефективного подрібнення жирових часток.

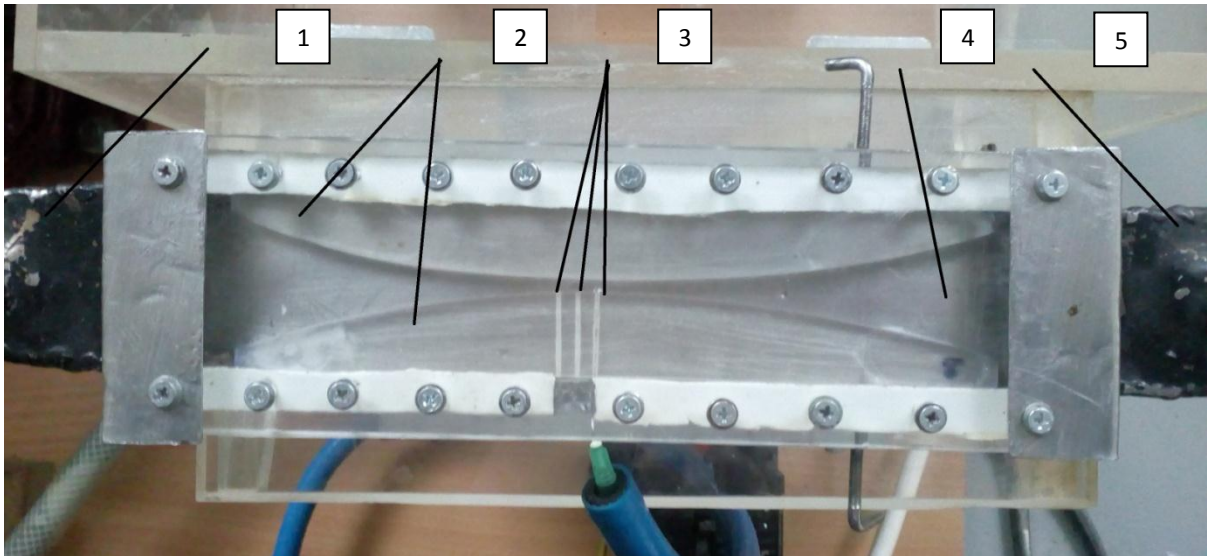


Рис. 2. Схема струминного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків

1 – патрубок подачі знежиреного молока; 2 – направляючі; 3 – канали подачі вершків; 4 – кришка; 5 – патрубок відводу гомогенізованого молока.

Розміри каналу подавання вершків та місце його розташування обумовлюють кінцеву величину жирових кульок. Проведені теоретичні дослідження свідчать про збільшення ступеню подрібнення дисперсної фази при зменшенні діаметру каналу. Однак, при цьому важливо забезпечити технологічно обумовлену продуктивність. Для цього, можуть передбачатись декілька каналів мінімально можливого розміру.

Формування цілей Метою є дослідження впливу діаметру подавання вершків у струминному гомогенізаторі молока з роздільним подаванням дисперсійної та дисперсної фаз на розмір жирових кульок після гомогенізації. Для реалізації цієї мети необхідно:

- розробити лабораторний зразок струминного гомогенізатору,
- визначити сталі та змінні фактори процесу,
- розробити методики проведення дослідження,
- за допомогою аналітичних розрахунків встановити зв'язок між середнім розміром жирових кульок після гомогенізації та розміром каналу подавання вершків,

– провести дослідження впливу різних розмірах каналу подавання вершків та тиску подавання знежиреного молока на показники якості продукту.

Метою дослідження є визначення характеру залежностей між факторами процесу та середнім розміром жирових кульок після гомогенізації. Отримані залежності розширяють сферу відомостей щодо практичного застосування струминного гомогенізатору молока з роздільною подачею жирової фази. При зниженні енерговитрат на рівні 70 % від клапанних зразків середній розмір часток складатиме 0,85–1,1 мкм.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

1. Визначити впливові фактори процесу і розробити методику проведення дослідження.
2. Провести дослідження впливу швидкостей подавання знежиреного молока, розміру каналу в місці найбільшого звуження та каналу подавання вершків на якість диспергування.
3. Визначити оптимальні значення обраних факторів, виходячи з умови забезпечення найменшого розміру жирових кульок.

2. Теоретичні дослідження.

Серед змінних факторів процесу були виділені діаметр центрального каналу в місці найбільшого звуження, жирність вершків, діаметр каналу подавання вершків та тиск подавання знежиреного молока.

За результатами аналітичних досліджень процесу, діаметр каналу подавання вершків повинен знаходитись в межах 0,6 – 0,8мм. З одного боку, цей показник має прагнути мінімально можливих значень, оскільки в такому випадку подача вершків відбуватиметься тонким струменем, що в свою чергу дозволить потоку знежиреного молока здійснювати рівномірний вплив на всю глибину струменю. З іншого боку, виготовлення каналу з надто малим діаметром, меншим за 0,6мм може призводити до явища облітерації внутрішніх поверхонь каналів. Надто вузький діаметр каналу не дозволить забезпечити потрібну продуктивність установки, що знаходиться на рівні 1800кг/год.

Обрані фактори в процесі проведення досліджень змінювались на трьох рівнях зміни фактора, кожен дослід виконувався в трьох повторностях. При проведенні дослідження процесу струминної гомогенізації молока з роздільним подаванням жирової фази відбувалась фіксація декількох показників. Температура знежиреного молока та вершків складала 60°C. Вершки подавались у місці найбільшого звуження зі швидкістю, що дозволяє забезпечити жирність молока на рівні 3,5%, розрахованим з рівняння матеріального балансу.

Величина центрального каналу в місці найбільшого звуження дорівнювала 2мм; це значення оптимального розміру каналу було визначено в процесі проведення аналітичних досліджень процесу гомогенізації. Величина діаметру каналу подавання вершків складала 0,6; 0,7; та 0,8 мм; тиску подавання знежиреного молока відповідно 1, 3 та 5МПа. Після отримання дослідних даних виконувалась їх перевірка на наявність грубих похибок дослідження.

На етапі проектування дослідного зразку струминного гомогенізатору молока теоретично було обґрунтовано діапазон можливих значень каналу подавання жирової фази, що знаходиться в межах 0,5 – 0,8 мм. Такі значення параметру є достатніми для забезпечення необхідної продуктивності, їх збільшення сприятиме посиленню опору потоку, що негативно відбиватиметься на показниках якості продукту. З метою забезпечення більшої продуктивності устаткування рекомендовано виготовлення установки, що містить декілька каналів подавання вершків у відповідності з потрібною кількістю вершків, визначеною з рівняння матеріального балансу. При цьому розмір кожного з таких каналів має прагнути мінімально можливих значень, виходячи з умови запобігання облітерації каналів.

Подрібнення жирових кульок спричинюють тангенційні напруження, що виникають при досягненні критичного значення числа Вебера. Формула критерія Вебера 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;

$\rho_{пл}$ – густина плазми молока, кг/м³;

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

$\sigma_{ж-п}$ – поверхневий натяг на границі жир-плазма, Н/м.

При подаванні дисперсної фази перпендикулярно потоку знежиреного молока швидкість ковзання буде дорівнювати

$$u = \sqrt{k_c} v, \quad (2)$$

де v – швидкість потоку знежиреного молока у місці подавання жирової фази, м/с;

k_c – коефіцієнт струминної гомогенізації з поперечним подаванням жирової фази.

Коефіцієнт k_c враховує:

– жирність вершків, які подаються в гомогенізатор;

– діаметр каналу подачі вершків;

– подачу вершків в гомогенізатор $Q_{ж}$, тобто:

$$k_c = k_{ж} k_d k_Q, \quad (3)$$

де $k_{ж}$ – коефіцієнт, що враховує жирність вершків;

де k_d – коефіцієнт, що враховує діаметр каналу подачі вершків;

де k_Q – коефіцієнт, що враховує подачу вершків.

З урахуванням останнього виразу (2) ф-лу (1) можна представити у вигляді

$$We^c = \frac{\rho_{nl} \cdot k_c \nu^2 \cdot D_{max}}{\sigma_{ж-н}}. \quad (4)$$

Швидкість ν пов'язана з надлишковим тиском Δp

$$\nu = \varphi \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_{nl}}}, \quad (5)$$

де φ – коефіцієнт швидкості звуження камери;

ρ_{nl} – густина плазми, кг/м³.

Враховуючи статистичне розподілення розмірів жирових кульок у молоці [6]

$$D_{max} = 2d_{cp}, \quad (6)$$

де d_{cp} – середній діаметр жирових кульок молока, м.

З урахуванням формул (4) і (5) формула критерія Вебера для струминної гомогенізації буде мати вигляд

$$We^c = \frac{4k_c \varphi^2 d_{cp} \Delta p}{\sigma_{ж-н}}. \quad (7)$$

Середній розмір жирових кульок після гомогенізації можна визначити через критичне значення критерію Вебера

$$d_{cp} = \frac{We_k^c \sigma_{ж-н}}{4k_c \varphi^2 \Delta p}. \quad (8)$$

де We_k^c – критичне значення критерію Вебера для струминної гомогенізації з роздільним подаванням жирової фази

Або з урахуванням (3)

$$d_{cp} = \frac{We_k^c \sigma_{ж-н}}{4k_{жк} k_d k_Q \varphi^2 \Delta p}. \quad (9)$$

Отримані залежності дозволять визначити в процесі проведення дослідів коефіцієнт, що враховує діаметр каналу подачі вершків, що входить до складу коефіцієнту струминної гомогенізації з поперечним подаванням жирової фази.

Проведені аналітичні дослідження процесу струминної гомогенізації молока з роздільним подаванням жирової фази, зокрема моделювання процесу, свідчать про необхідність зменшення діаметру каналу подавання вершків при одночасному підвищенні тиску подачі знежиреного молока. Такі умови будуть забезпечувати найвищий ступінь подрібнення жирових кульок. Збільшення розмірів отвору подавання жирової фази за однакової продуктивності сприятиме збільшенню енергетичних витрат, завдяки забезпеченню більшого тиску подавання знежиреного молока.

3.Обробка, аналіз одержаних результатів та оформлення звіту

Після проведення кожного дослідження здійснювалось перемішування продукту та відбір зразку. Після цього зразок розводився з водою у співвідношенні 1:10, ретельно перемішувався, наносився на предметне скло та відстоювався на протязі 15хв накритий покривним склом. Крапля гомогенізованого молока досліджувалась на мікроскопі з приєднаною цифровою камерою (рисунок.3). Роздільна здатність мікроскопу складає 1500 крат, при проведенні дослідів виходячи з умов отримання чіткого поля зору використовувалось збільшення до 600 разів. Під час вивчення кожного зразку при переміщенні та знаходженні характерного виду робились фотографії даного поля зору. Окремо в однаковому збільшенні було зроблено фотографію лінійки об'єктмікрометра типу ОМП (ГОСТ 7513-55 з ціною поділки 0,01мм). Після отримання результатів дослідів по мікрофотографіях робився підрахунок кількості жирових кульок кожного розміру.

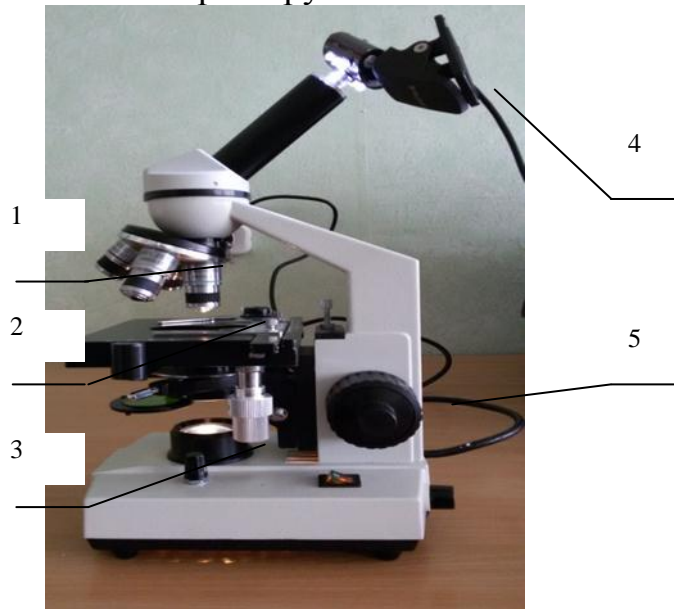


Рис. 3. Зовнішній вигляд мікроскопу з цифровою камерою

1 – об'єктив; 2 – предметний стіл із досліджуваним зразком; 3- підсвічувальна лампа; 4 – цифрова камера; 5 – гвинт грубого регулювання.

З метою вибору оптимальних значень швидкості подавання знежиреного молока та діаметру каналу подавання вершків з отриманих результатів експериментів, наведених в таблиці 1, будуємо графік, показаний на рис. 4. З діапазону коливання дослідних значень обираємо масштаб для кожної з вісей координат. Після цього на отриману сітку наносимо відповідні значення параметрів, та робимо апроксимацію до найбільш близької відомої функціональної залежності параметрів, якою є лінія.

Табл. 2. Експериментальні дані залежності між швидкістю подавання знежиреного молока v , діаметром каналу подавання вершків d_B та середнім розміром жирових кульок після диспергування $d_{\text{сер}}$

v/d_B	0,8	0,7	0,6
37	0,96	0,91	0,86
50	0,935	0,89	0,85
65	0,91	0,87	0,835
75	0,895	0,855	0,825
83	0,88	0,845	0,815

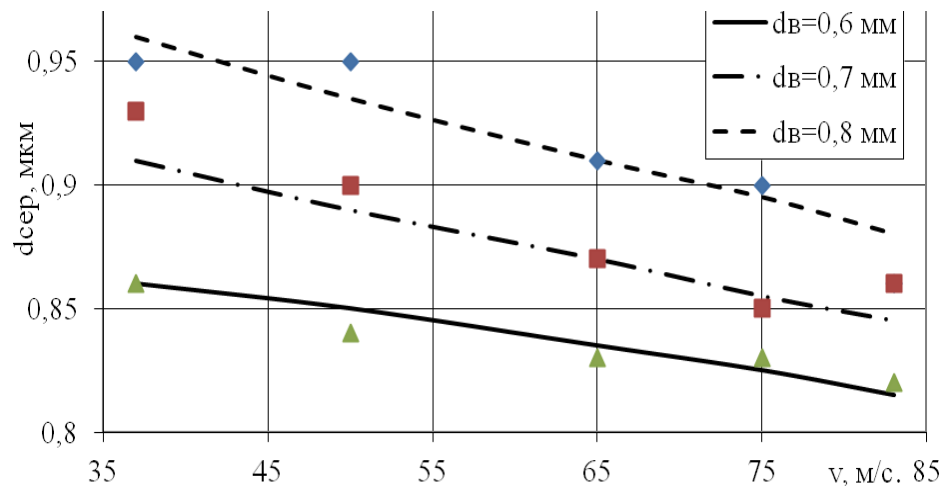


Рис. 4. Графік залежності швидкості подавання знежиреного молока v і діаметру каналу подачі жирової фази d_B на середній діаметр жирових кульок $d_{\text{сер}}$ при відстані між направляючими $a=2$ мм

Аналіз отриманих даних (рис. 4) свідчить про наявність прямо пропорційної залежності між швидкістю подавання знежиреного молока та середнім розміром жирових кульок. Із зростанням швидкості відбувається зростання значення критерію Вебера, що спричинює подрібнення жирової фази до більш дрібних розмірів. З точки зору економії витрат енергії оптимальним значенням швидкості є 60 м/с. При підвищенні тиску вище цього значення якість подрібнення продовжує збільшуватись, але енергетичні витрати процесу, як свідчать теоретичні дослідження, зростають майже на третину.

Рациональним розміром каналу подавання вершків з точки зору технологічно виконуваних умов для лабораторного зразку є 0,6 мм, за якого досягається подрібнення на рівні 0,83–0,86 мкм. Це пояснюється тим, що потік знежиреного молока діє на струмінь меншого діаметру більш рівномірно, при цьому впливу зазнають центральна і периферійна частини струменю.

З метою вибору оптимальних значень центрального каналу в місці найбільшого звуження, дослідимо залежність між ним, діаметром каналу подавання вершків та середнім діаметром кульок після гомогенізації, експериментальні дані яких наведено в табл. 2.

Табл. 2. Експериментальні дані діаметру каналу подавання вершків d_v , відстані між напрямлюючими a та середнім розміром жирових кульок після диспергування $d_{сер}$

d_v/a	1	2	3
0,6	0,81	0,835	1,05
0,65	0,83	0,85	1,1
0,7	0,85	0,87	1,15
0,75	0,87	0,9	1,2
0,8	0,9	0,92	1,25

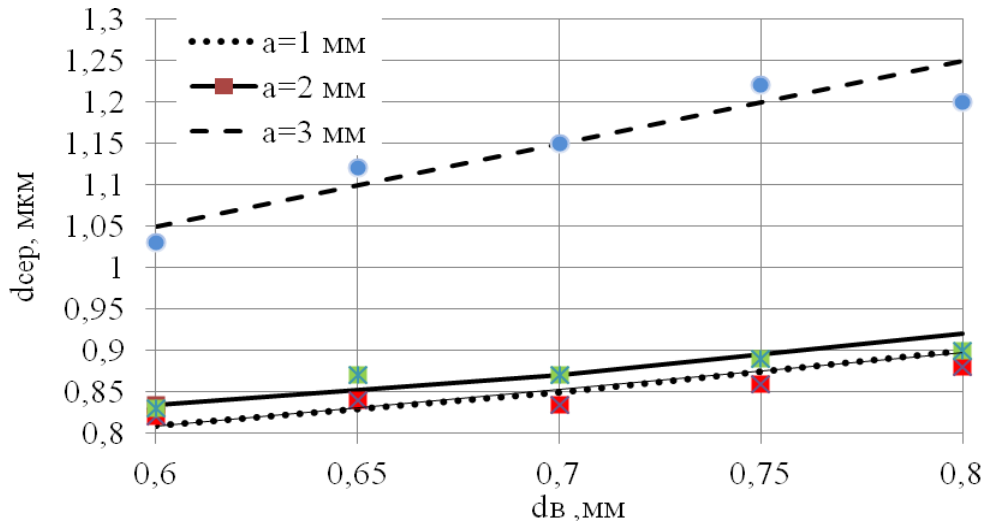


Рис. 5. Графік залежності середнього діаметру жирових кульок $d_{сер}$ від діаметру каналу подавання вершків d_v та відстані між напрямлюючими при швидкості знежиреного молока 60 м/с

Отримані дані (рис. 5) свідчать про те, що подрібнення на рівні клапанних гомогенізаторів, в діапазоні значень 0,8–0,9 мкм забезпечує відстань у місці найбільшого звуження 1 та 2 мм. Оптимальним значенням параметру при цьому слід вважати 2 мм, оскільки незначне зменшення розмірів жирових кульок при відстані 1 мм підвищує енергетичні витрати на 1 кВт. Дослідження підтвердили дані, отримані при моделюванні процесу в програмному комплексі ANSYS (США). Отримані результати свідчать, що при відстані центрального каналу, що дорівнює 3 мм буде відбуватись розсіювання зони локалізації максимальних швидкостей. Дане явище буде погіршувати умови подрібнення та вести до збільшення розміру жирових кульок.

Дослідження залежності між надлишковим тиском і діаметром центрального каналу подачі жирової фази d на середній діаметр жирових кульок проводились при відстані між напрямлюючими $a = 2$ мм. Отримані дані наведені на рисунку 5.

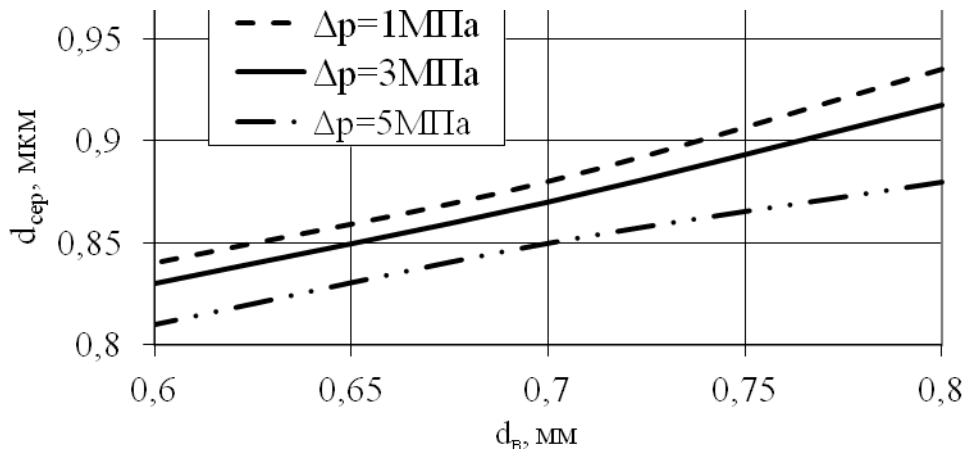


Рис. 6. Графік залежності впливу надлишкового тиску Δp і діаметру центрального каналу подачі жирової фази d_B на середній діаметр жирових кульок $d_{сеп}$ при відстані між направляючими $a = 2$ мм

Аналіз отриманих результатів свідчить про суттєве зменшення розміру жирових кульок при зміні розмірів каналу подавання вершків з діаметру 0,8 мм на 0,6, якість подрібнення збільшилась на 12%. В абсолютних величинах розмір жирових кульок зменшився з 0,94 до 0,84 мкм при меншому діаметрі каналу подавання вершків та тиску знежиреного молока 2 МПа. Використання каналу діаметром 0,7 мм призводить до поступового зменшення розміру часток до 0,85 мкм при 5 МПа, однак порівняно з 0,6 мм відбувається розсіювання зони локалізації максимальної різниці швидкостей фаз, що призводить до незначного зменшення середнього розміру жирових кульок. Отримані дані загалом підтверджують залежності, получені при моделюванні процесу диспергування жирової фази, що проводились при діаметрах каналу подавання вершків 0,6 та 0,8 мм. Можливість подальшого зменшення діаметру каналу подавання жирової фази потребує додаткових досліджень, та обмежена можливістю виникнення облітерації каналів.

Зовнішній вигляд мікрофотографій на основі яких робився підрахунок середнього розміру жирових кульок наведений на рис. 7.

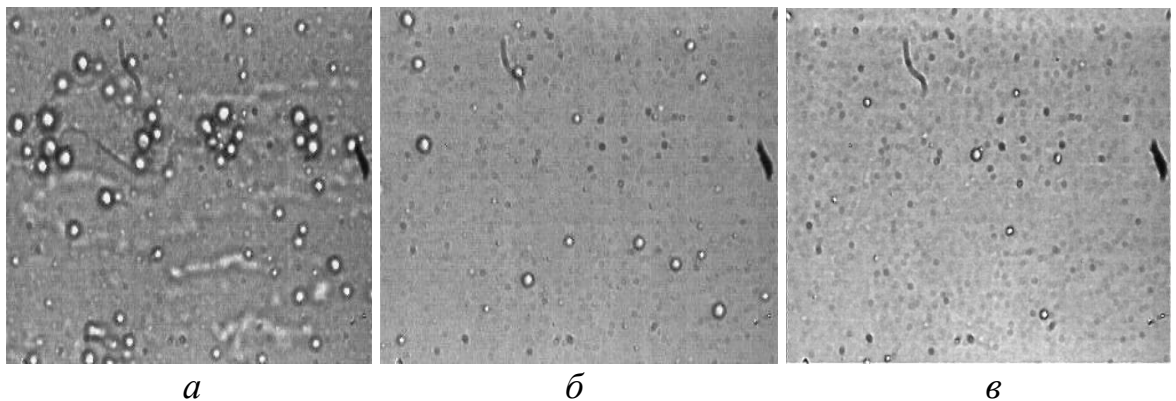


Рис. 7. Мікрофотографії: *а* – негомогенізованого зразку; *б* – зразку гомогенізованого молока при швидкості 83 м/с, відстані центрального каналу в місці найбільшого звуження 1 мм та діаметру каналу подавання вершків 0,8 мм; *в* – зразку гомогенізованого молока при швидкості 60 м/с, відстані

центрального каналу в місці найбільшого звуження 2 мм та діаметру каналу подавання вершків 0,6 мм

Мікрофотографії зразків гомогенізованого молока (рис. 7) наочно демонструють перевагу обґрунтованих оптимальних режимів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

1) Самойчук К.О. Розробка лабораторного зразка струминного гомогенізатору з роздільною подачею вершків/ К.О.Самойчук, О.О.Ковальов. Праці ТДАТУ – Мелітополь: 2011 – 77 – 84с.

2) Самойчук К.О. Експериментальні дослідження струминного гомогенізатора з роздільним подаванням жирової фази/К.О.Самойчук, О.О. Ковальов – Донецьк: ДонНУЕТ. – 2011. – Вип. 28. – С.42 – 47.

3) Самойчук.К.О Диспергатори заміників цільного молока/К.О.Самойчук, П.О.Серков,О.О.Ковальов// – Мелітополь Праці ТДАТУ, вип. 11 т2 стр 119 – 125

4) Самойчук.К.О Механізм руйнування жирових кульок у струминному гомогенізаторі з роздільним подаванням вершків /К.О.Самойчук, О.О.Ковальов// – Донецьк: ДонНУЕТ. – 2013. – Вип. 30. – С.148 – 155.

5) Самойчук.К.О Аналітичні параметри процесу струминної гомогенізації молока з роздільною подачею вершків /К.О.Самойчук, О.О.Ковальов// – Одеса: ОНАХТ. – 2013. – Вип.43. – С.77 – 81.

6) Самойчук.К.О Теоретичні основи диспергування в струминному гомогенізаторі молока Тези доповіді/К.О.Самойчук, О.О.Ковальов// – Харків: ХДУХТ. – 2013. – Вип.. – С. – .

7) Самойчук.К.О Аналіз методів оцінювання якості молока/К.О.Самойчук, О.О.Ковальов, А.О.Івженко//Праці ТДАТУ, Мелітополь 2012 вип. 12 т4 стр 222 – 230.

8) Самойчук.К.О Аналіз сил дроблення жирових кульок в струминному гомогенізаторі/К.О.Самойчук, О.О.Ковальов//Наукові праці півд. Філіалу НАУ біоресурсів та природокористування «Кримський аграрний університет»,Симферополь 2013 Технічні науки вип.153 стр26 – 34.

9) Самойчук.К.О Перспективи струминного гомогенізатора молока. Тези доповіді.»Проблеми якості,стандартизації,сертифікації та метрологічного забезпечення»/К.О.Самойчук, О.О.Ковальов//Херсон 2013. Стр71 – 72.

10) Самойчук.К.О Струминний гомогенізатор з роздільною подачею вершків. Тези доповіді Міжнародної науково-практичної конференції/К.О.Самойчук, О.О.Ковальов// – Донецьк – Святогірськ ,стр 172 – 175.

11)Пат. 94041, Україна, МКИ⁵ А01J 11/00. Струминний гомогенізатор молока з роздільною подачею вершків /Самойчук К.О., Ковальов О.О., Ялпачик Ф.Ю. ; заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. – № u201405239 ; заявл. 19.05.2014; опубл. 27.10.2014. Бюл. № 20.

12)Пат. 94048, Україна, МКИ⁵ А01J 11/00. Спосіб гомогенізації та нормалізації молока /Самойчук К.О., Ковальов О.О., Ялпачик Ф.Ю.; заявник і

патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. – № u201405343 ; заявл. 19.05.2014; опубл. 27.10.2014. Бюл. № 20.

13)Самойчук К.О. Теоретичні основи диспергування в струминному гомогенізаторі молока/ К.О.Самойчук, О.О.Ковальов// 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 І. – с.382 – 384.

14)Самойчук К.О. Використання нормалізації у струминному гомогенізаторі молока з роздільною подачею вершків / К.О. Самойчук, О.О. Ковальов// Праці ТДАТУ.: Мелітополь – 2014. – Вип.14, Т.1. – С. 37-45.

15)Самойчук К.О. Якість та енергетична ефективність процесу струминної гомогенізації молока з роздільною подачею вершків /К.О.Самойчук, О.О.Ковальов, В.О.Султанова // Праці ТДАТУ – Мелітополь: 2015. – Вип15. – Том1.С 241 – 249.

16) Самойчук К.О. Обґрунтування гідродинамічних параметрів процесу струминної гомогенізації молока з роздільною подачею вершків / К.О. Самойчук , О.О. Ковальов // Наукові праці ОНАХТ: Одеса – 2014. – Вип. 46, Т.2 – С. 314 – 319.

17)Самойчук К.О. Підвищення ефективності струминного гомогенізатору молока з роздільною подачею вершків / К.О.Самойчук , О.О. Ковальов //Збірник праць 5-ї науково – практичної конференції «Інноваційні енерготехнології»:Одеса – 2015. С 246 – 252.

18)Самойчук К.О. Обоснование основных параметров струйного гомогенизатора молока /К.О. Самойчук, А.А. Ковалев, Н.А. Палянычка // Международный научный институт «Educatio»: Новосибирск – 2015 №9, Ч1. С114 – 118.

19)Самойчук К.О. Струминний гомогенізатор – нормалізатор молока / К.О. Самойчук, О.О. Ковальов //Тези доповідей міжнародної конференції «Innovative Aspects in Food and Hospitality Industry Equipment Development Under Present Conditions» 9 – 11 вересня 2015р Харків – Мелітополь – Кирилівка.

20) Пат. 106522, Україна, МКИ5 А01J 11/16. Струминний гомогенізатор молока з роздільною подачею вершків/ Самойчук К.О., Дейниченко Г.В., Ковальов О.О.; заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. – № u201511244 ; заявл. 16.11.15; опубл. 25.04.2016. Бюл. № 8.

21) Дейниченко Г.В. Дослідження діаметру каналу подавання вершків струминного гомогенізатора молока / Г.В. Дейниченко, К.О. Самойчук, О.О. Ковальов, І.Ю. Пацький // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету.. – Мелітополь, 2017. Вип. 17. –Т.1. – С. 195 – 206.

22) Kovalyov, A. Experimental investigations of the parameters of the jet milk homogenizer with separate cream supply [Text] / A. Kovalyov, K.

Samoichuk, N. Palyanychka, V. Verkholyantseva, V. Yanakov // Technology audit and production reserves. - 2017. - № 3/3 (35). –pp 33-39. doi:10.15587/2312-8372.2017.103240

23) 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, 129-142с.

Розділ 3.3. Оптимізація параметрів струминного змішування напоїв Програма досліджень на 2017 р.

1. Методика досліджень
2. Теоретичне та експериментальне дослідження струминного змішування напоїв
3. Обробка, аналіз одержаних результатів

РЕФЕРАТ

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

Предмет дослідження – вплив параметрів і режимів роботи струминного змішувача на ефективність 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 багатofакторного 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

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 змішувачів 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.

1. Методика досліджень

Експериментальні дослідження проведені в Таврійському державному агротехнологічному університеті на кафедрі ОПХВ у 2017 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 базувались на класичних залежностях гідродинаміки.

Експериментальні дослідження проводилися за такою методикою: у якості основи виступає водопровідна вода ГОСТ 2874-82 температурою 20° С (290° К) і щільністю 1000 кг/м³. Вода подається в ежектор під тиском

0,2МПа. 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 компонента 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 компонента у потік води ежектуються 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, загальний вид якої показані на рис. 1. Вихровий насос 1 створює необхідний тиск подачі основного компонента. Контроль тиску здійснюється за допомогою манометру 2. По каналу підводу основного компонента 3 вода надходить у протитечійно-струминний змішувач 5. Підмішуваний компонент потрапляє до змішувача з ємності 4 через канал підведення 6. Після змішування у протитечійно-струминному змішувачі змішаний продукт відводиться через канал 8. Якість змішування контролюється за допомогою кондуктометру 7

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 компонента 3 у форсунки 5 під тиском подається підготовлена вода, через патрубки подачі підмішуваного компонента 4 подається купажний сироп при атмосферному тиску подачі. Змішаний продукт через вихідний отвір 6 відводиться у збірник.

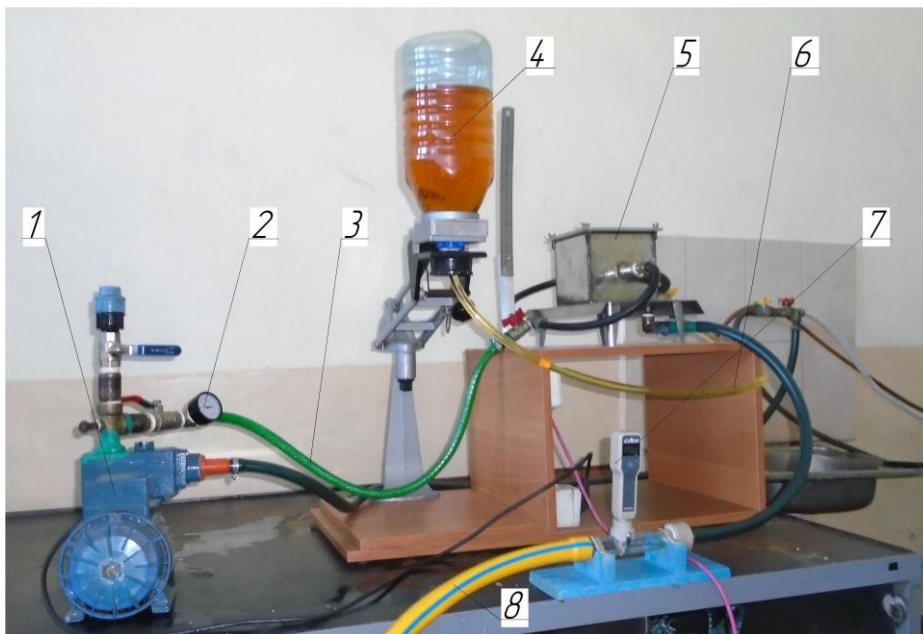


Рис. 1. Загальний вид лабораторної установки для дослідження процесу змішування. 1 – вихровий насос; 2 – манометр; 3 – канал подачі основного компонента (води); 4 – ємність з підмішуваним компонентом (сиропом);

5 – протитечійно-струминний змішувач; 6 – канал підведення підмішуваного компонента; 7 – кондуктометр; 8 – канал відведення змішаного продукту.

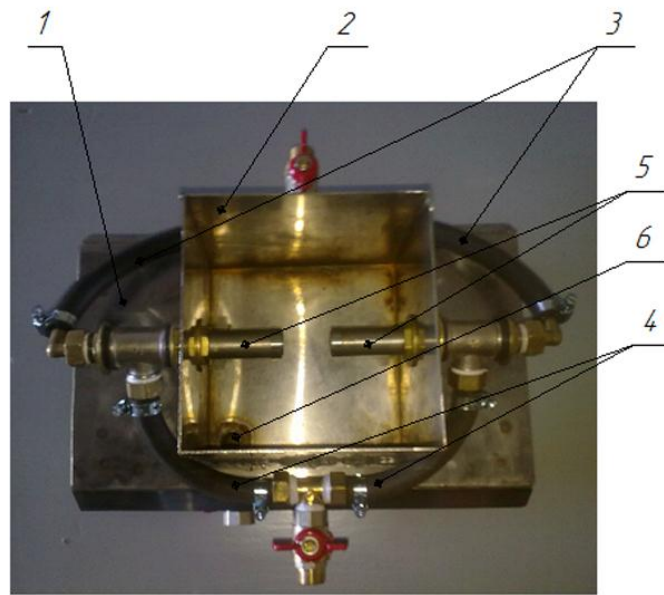


Рис. 2. Лабораторний зразок протитечійно-струминного змішувача для дослідження процесу змішування. 1 – станина; 2 – камера змішування; 3 – подача основного компонента; 4 – подача підмішуваного компонента; 5 – форсунка; 6 – вихідний отвір.

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 переміщуваних 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. Теоретичне та 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 ежекується 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 компоненту в обох форсунках встановлено постійним. Визначення вмісту концентрату в змішаному розчині визначалось методом титрування. Якість змішування визначалась за допомогою кондуктометра. Checker (виробник Hanna Instruments).

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

Тиск подачі води змінювали за допомогою вихрового насосу (вироб-

ник 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.

У результаті проведення пошукового експерименту отримані такі залежності.

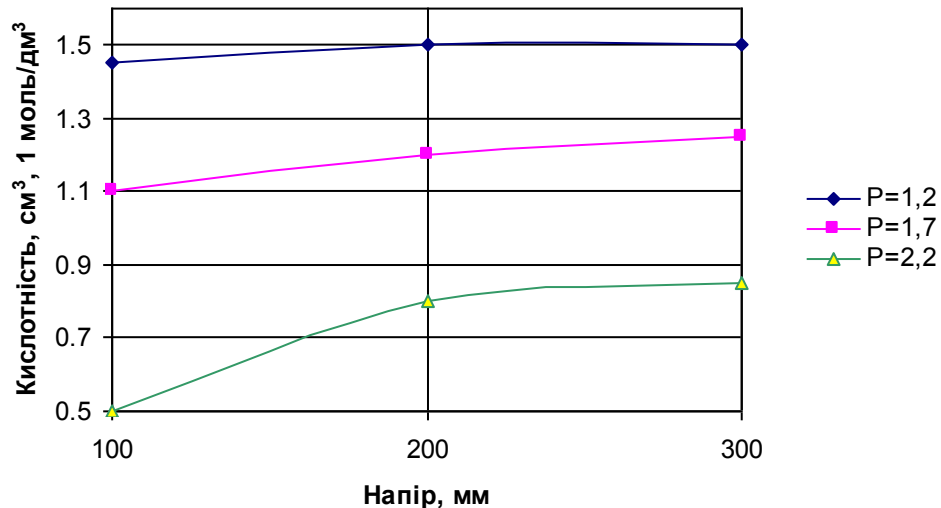


Рис. 4. Залежність кислотності змішаного розчину від напору подачі концентрату h при різних значеннях тиску подачі води. Відстань між соплами форсунок 16 мм, величина кільцевого зазору 0,9 мм.

Аналізуючи отримані залежності, можна сказати, що при відстані між соплами форсунок 16 мм (відстань дорівнює двом діаметрам сопла), величині кільцевого зазору в приймальній камері 0,9 мм відбувається наступне: при тиску подачі води 1,2 атм кислотність розчину змінюється у межах від 1,45 до 1,5, при чому, спочатку при зростанні напору концентрату від 100 до 200 мм кислотність зростає, а при подальшому зростанні напору – залишається на тому самому рівні. При тиску подачі води 1,7 атм кислотність розчину змінюється у межах від 1,1 до 1,25 майже лінійно. При тиску подачі води 2,2 атм кислотність розчину змінюється у межах від 0,5 до 0,85.

При відстані між соплами форсунок 24 мм (відстань дорівнює трьом діаметрам сопла), величині кільцевого зазору в приймальній камері 0,9 мм отримали такі залежності: при тиску подачі води 1,2 атм кислотність розчину змінюється у межах від 3,3 до 3,5, при чому, спочатку при зростанні напору концентрату від 100 до 200 мм кислотність зростає, а із подальшим зростанням напору залишається незмінною. При тиску подачі води 1,7 атм та 2,2 атм залежність кислотності розчину від напору подачі концентрату має майже лінійний характер, із зростанням напору зростає кислотність. При тиску подачі води 1,7 атм кислотність змінюється у межах від 3,38 (при напорі 100 мм) до 3,45 (при напорі 300 мм). При тиску подачі води 2,2 – від 3,44 (при напорі 100 мм) до 3,49 (при напорі 300 мм).

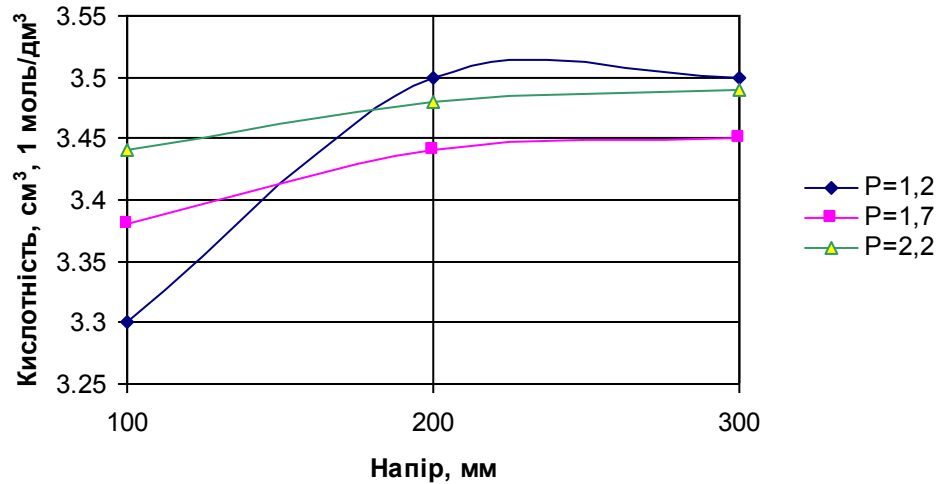


Рис. 5. Залежність кислості змішаного розчину від напору подачі концентрату h при різних значеннях тиску подачі води. Відстань між соплами форсунок 24 мм, величина кільцевого зазору 0,9 мм.

При відстані між соплами форсунок 24 мм (відстань дорівнює трьом діаметрам сопла), величині кільцевого зазору в приймальній камері 0,7 мм отримали такі результати: всі залежності мають майже прямолінійний характер. Із зростанням напору подачі концентрату зростає кислотність змішаного розчину: при тиску подачі води 1,2 атм кислотність зростає від 1,18 до 1,96; при тиску подачі води 1,7 атм – від 0,97 до 2,05; при тиску подачі води 2,2 атм – від 0,97 до 1,9.

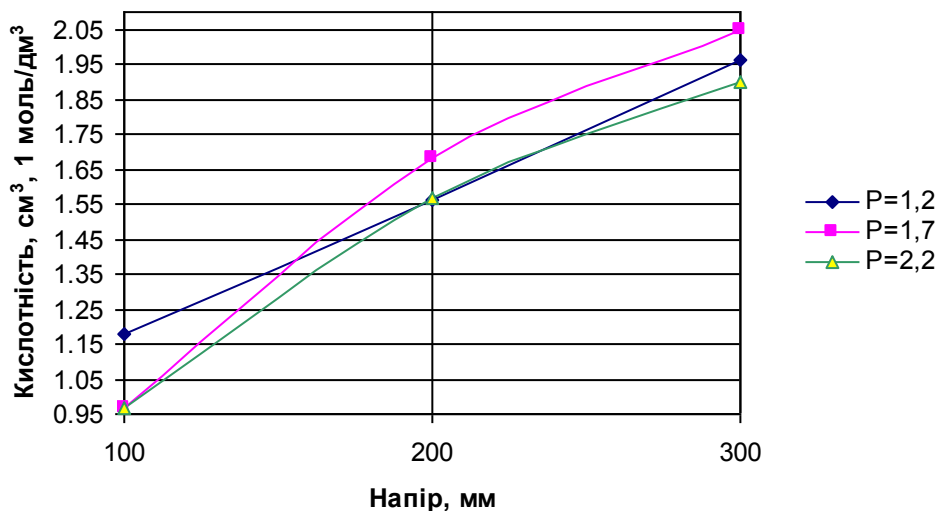


Рис. 6. Залежність кислості змішаного розчину від напору подачі концентрату h при різних значеннях тиску подачі води. Відстань між соплами форсунок 24 мм, величина кільцевого зазору 0,7 мм.

За отриманими залежностями можна відзначити, що із зменшенням відстані між форсунками від 24 мм (що дорівнює трьом діаметрам сопла форсунки $a=3d_c$) до 16 мм (тобто $a=2d_c$) кислотність розчину (а значить, частка

концентрату в змішаному розчині) зменшується. Це відбувається внаслідок того, що на струмінь рідини, яка витікає із сопла форсунки, діє зустрічний струмінь. Тиск, який виникає у зоні зіткнення струменів, призводить до того, що рідина основного потоку (вода) не захоплює достатньої кількості підмішуваного компонента (концентрату), а при відстані між форсунками 8 мм (тобто $a=d_c$), взагалі, відбувається потрапляння рідини основного потоку у кільцеву щілину подачі підмішуваного компонента і далі у гідропровід подачі концентрату.

При відстані між соплами форсунок 24 мм ($a=3d_c$), тиску подачі води від 0,12 МПа до 0,22 МПа, напорі купажного сиропу від 0,2 м до 0,3 м отримали кислотність змішаного розчину 1,56 – 2,05, що є позитивним результатом, так як за технологічною інструкцією виготовлення безалкогольного напою «Лимонад» кислотність напою, виготовленого на основі підсолоджувачів повинна бути $2\pm 0,5$.

3. Обробка, аналіз одержаних результатів

Найважливішими конструктивними параметрами, що впливають на забезпечення потрібної концентрації підмішуваного компоненту і якість перемішування, є відстань між соплами форсунок і величина кільцевого зазору приймальної камери. У результаті проведення експерименту було виявлено, що при відстані між форсунками, рівній діаметру сопла форсунки, частка концентрату (яка визначалася за кислотністю) у готовому розчині зменшується із збільшенням тиску подачі основного компонента – води. Незалежно від напору подачі купажного сиропу, із збільшенням відстані між форсунками від $a=d_c$ до $a=3d_c$ частка концентрату у змішаному розчині збільшується.

Аналіз результатів пошукового експерименту дозволив встановити оптимальний діапазон варіювання факторів основного експерименту: тиск подачі основного компоненту (води) 1,5 – 2,5 атм; напір подачі підмішуваного компоненту (концентрату на основі підсолоджувачів) 0,2 – 0,4 м; відстань між соплами форсунок 16 – 32 мм.

У подальших дослідженнях планується дослідити оптимальне співвідношення площі кільцевої щілини, вплив початкового діаметра струменя основного компонента і діаметра сопла форсунки та відстані між соплами форсунок у протитечійно-струминному змішувачі.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Самойчук К.О. Аналитические исследования противоточноструйного 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 протічно-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 А01J 11/00. Спосіб змішування рідких компонентів /Самойчук К.О., Полудненко О.В.; заявитель и патентообладатель Таврійський державний агротехнологічний університет. – № u 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 І. – 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 проти-

течійно-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/ К. Samoichuk, O.Poludnenko, N.Palyanichka, V. Verkholtantseva, 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, ПИНЦ, ResearchBib, DOAJ, WorldCat, EBSCO, Directory Indexing of International Research Journals, DRJI, OAJI, Sherpa/Romeo, Open Access Articles, SCOPUS).