

Автореф  
с 19

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**САПОЖНИКОВА НАТАЛЯ ЮРІЇВНА**



УДК 634.11-027.38:66.063.94

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА  
КОНЦЕНТРОВАНОГО ПЮРЕПОДІБНОГО ЯБЛУЧНОГО  
НАПІВФАБРИКАТУ**

Спеціальність 05.18.13 – технологія консервованих і  
охолоджених харчових продуктів

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Одеса – 2012



Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Одеській національній академії харчових технологій  
Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

**Науковий керівник** - доктор технічних наук, професор,  
**Безусов Анатолій Тимофійович**,  
Одеська національна академія харчових технологій,  
кафедра біотехнології, консервованих продуктів та  
напоїв, завідувач кафедри.

**Офіційні опоненти:** - доктор технічних наук, професор,  
**Гладушняк Олександр Карпович**,  
Одеська національна академія харчових технологій,  
кафедра технологічного обладнання харчових  
виробництв, завідувач кафедри;

- доктора сільськогосподарських наук, професор,  
**Токар Анастасія Юхимівна**,  
Уманський національний університет садівництва,  
кафедра технології зберігання і переробки плодів та  
овочів, завідувач кафедри.

Захист відбудеться «19» квітня 2012 р. о 10<sup>30</sup> годині на засіданні  
спеціалізованої вченої ради П 41.088.01 Одеської національної академії харчових  
технологій за адресою: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112 (ауд. А - 234).

Дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Одеської національної академії  
харчових технологій за адресою: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112.

Удосконалення технол



v018120



## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Використання концентратів широко розповсюджено у всьому світі у зв'язку з можливістю скорочення витрат при зберіганні, транспортуванні, можливістю створення резерву на випадок низького врожаю та вирівнювання сезонності консервного виробництва. Відсутність якісних концентрованих напівфабрикатів для виробництва пюре, соків з м'якоттю, нектарів, паст, соусів та наповнювачів для харчових продуктів потребує проведення додаткових досліджень по удосконаленню існуючих технологій.

На якісні показники концентрованих фруктових пюреподібних напівфабрикатів впливає в'язкість, різке збільшення якої при концентруванні уповільнює процес видалення вологи, сприяє погіршенню органолептичних показників готового продукту.

В'язко-пластичні властивості пюреподібних фруктових мас визначаються вмістом пектинових речовин, їх станом (протопектин, розчинний пектин, пектин міжклітинної речовини). Високометоксильовані пектинові речовини діють як згущувачі, низькометоксильовані – як електроліти та при певних умовах піддаються відокремленню від рідкої фази колоїдної системи. Протопектин клітинних стінок не володіє властивостями згущувача і не впливає на в'язкість пюреподібної фруктової маси. Таким чином, при однаковому загальному вмісті пектинових речовин у плодах, в'язкість пюреподібної фруктової маси залежатиме від співвідношення цих форм пектинових речовин. Чим більше відсоток розчинного пектину, тим більша в'язкість та навпаки.

Збільшенню кількості розчинного пектину сприяє теплова обробка, яка передбачена традиційною технологією виробництва пюре.

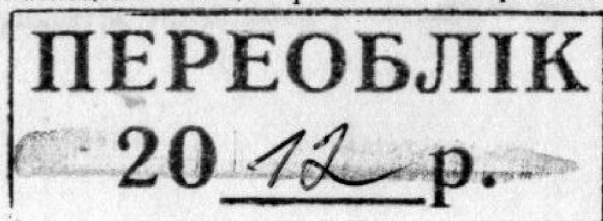
Наявність високого вмісту розчинного пектину у пюре-напівфабрикаті сприяє драглеутворенню продукту при зберіганні. Такий продукт погано відновлюється до соків з м'якоттю та нектарів.

Традиційно концентрування пюреподібних продуктів проводять шляхом випаровування вологи. Знаходження плодової маси у вакуум-випарному апараті призводить до погіршення органолептичних показників якості готового продукту. Використання перспективного методу концентрування шляхом фракційного розділення плодової маси обмежене високою її в'язкістю.

Робота яка пов'язана з удосконаленням технології виробництва концентрованих пюреподібних напівфабрикатів, підвищенням їх якості і біологічної цінності, є актуальною.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконувалась в рамках держбюджетних досліджень проблемної науково-дослідної лабораторії Одеської національної академії харчових технологій (ОНАХТ) за темою «Розробка біотехнологічних процесів цільового спрямованого регулювання функціональних, фізіологічних і технологічних властивостей продуктів і БАДів»: тема 1/06-17, № держреєстрації 0106U001445.

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є удосконалення технології виробництва концентрованого пюреподібного яблучного напівфабрикату для



підвищення його якості, зниження енерговитрат, скорочення технологічного циклу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналітичний пошук за темою дисертаційної роботи;
- дослідити хіміко-технологічні властивості холоднопротертої яблучної маси, яблучної м'якоті;
- дослідити вплив умов переробки сировини на перехід протопектину в розчинну форму та проаналізувати залежність в'язкості пюреподібної плодової маси від форм пектинових речовин;
- дослідити та науково обґрунтувати зміни показників якості тонкопротертої яблучної маси за рахунок використання «холодного» протирання;
- дослідити процес концентрування з використанням фракціонування пюреподібної фруктової маси, вибрати раціональні параметри проведення процесу;
- удосконалити технологію виробництва концентрованого пюреподібного яблучного напівфабрикату;
- оцінити зміну показників якості концентрованого пюреподібного напівфабрикату при зберіганні;
- розробити проект нормативної документації на удосконалену технологію виробництва концентрованого пюреподібного яблучного напівфабрикату;
- виробити дослідну партію і визначити економічний ефект від впровадження у виробництво запропонованої технології.

*Об'єкт дослідження* – свіжі яблука, яблучне пюре, технологія концентрування пюреподібної яблучної маси з використанням фракціонування.

*Предмет дослідження* – процеси, які проходять при виробництві яблучного пюре, концентруванні пюреподібних фруктових мас з використанням фракціонування.

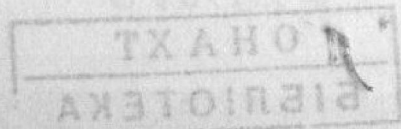
*Методи дослідження* – загальноприйняті і спеціальні, фізичні, хімічні, фізико-хімічні, біохімічні, математичні і мікробіологічні з використанням сучасних приладів та обладнання.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Автором вперше удосконалена технологія концентрування пюреподібних плодових мас за рахунок використання «холодного» протирання та фракціонування.

Вперше використано холодний спосіб протирання для зниження в'язкості пюреподібної яблучної маси, що покращило процес її концентрування.

Обґрунтовано умови переходу протопектину яблук в розчинну форму і розраховано кінетичні константи швидкості руйнування протопектину при технологічній переробці яблук на пюре.

Встановлено залежність реологічних характеристик протертої яблучної маси від вмісту розчинного пектину, масової частки м'якоті та дисперсного складу. Визначено параметри процесу переробки яблук на тонкопротерту масу та її фракціонування. Вперше визначено вплив холодного способу протирання яблук на загальний вміст забруднюючих речовин хімічної природи.





**Практичне значення одержаних результатів.** На основі виконаного комплексу аналітичних, теоретичних, експериментальних досліджень та математичних розрахунків удосконалено технологію виробництва концентрованого пюреподібного яблучного напівфабрикату, розроблено проект нормативної документації (ТІ, ТУ). Технологію захищено патентами України на корисну модель. Розраховано економічну ефективність від впровадження у виробництво. Удосконалена технологія пройшла промислові випробування в умовах підприємства ТОВ «Рахнянсько – Лісовий консервний завод» (Вінницька обл.) і рекомендована для підприємств консервної галузі.

**Особистий внесок здобувача** полягає у виконанні аналітичних та експериментальних досліджень за темою дисертації, науковому аналізі, математичній обробці, узагальненні та публікації їх результатів, формулюванні висновків і пропозицій, розробці технології і проекту нормативної документації на виробництво концентрованого пюреподібного яблучного напівфабрикату. В наукових працях, виконаних у співавторстві, дисертанту належить планування, організація і реалізація експериментальних досліджень.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати досліджень доповідались на щорічних наукових конференціях професорсько-викладацького складу Одеської національної академії харчових технологій в період 2009 - 2011 р.р.; Міжнародній науково-практичній конференції «Розвиток наукових досліджень» (Полтава, 2008 р); Міжнародній науково-практичній конференції «Наукові дослідження та експеримент» (Полтава, 2009 р); V Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji (Przemyśl, 2009 r.); VII Mezinárodní vědecko-praktická conference (Praha, 2011 r.); VII Mezinárodní vědecko-praktická conference (Praha, 2011); VII Международной научно-технической конференции «Техника и технология пищевых производств» (Могилев, 2011 г.); международная заочная научно-практическая конференция «Инновации в современном мире» (Новосибирск, 2011 г.).

**Публікації.** За результатами досліджень опубліковано 15 наукових праць, з яких 5 статей у фахових виданнях України, 1 патент України на корисну модель, 1 позитивне рішення про видачу патенту України на корисну модель та тези 8 доповідей на наукових конференціях.

**Структура і обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається з вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку літературних джерел, що включає 149 найменувань вітчизняних та зарубіжних авторів ( 14 стор. ) і 7 додатків ( 26 стор. ) Робота викладена на 127 сторінках основного тексту, що включають 33 рисунки ( 14 стор. ) і 27 таблиць ( 13 стор. ).

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність досліджень, наведено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, сформульована мета та завдання досліджень, наведена наукова новизна, практичне значення одержаних результатів, представлені відомості про особистий внесок здобувача, апробацію

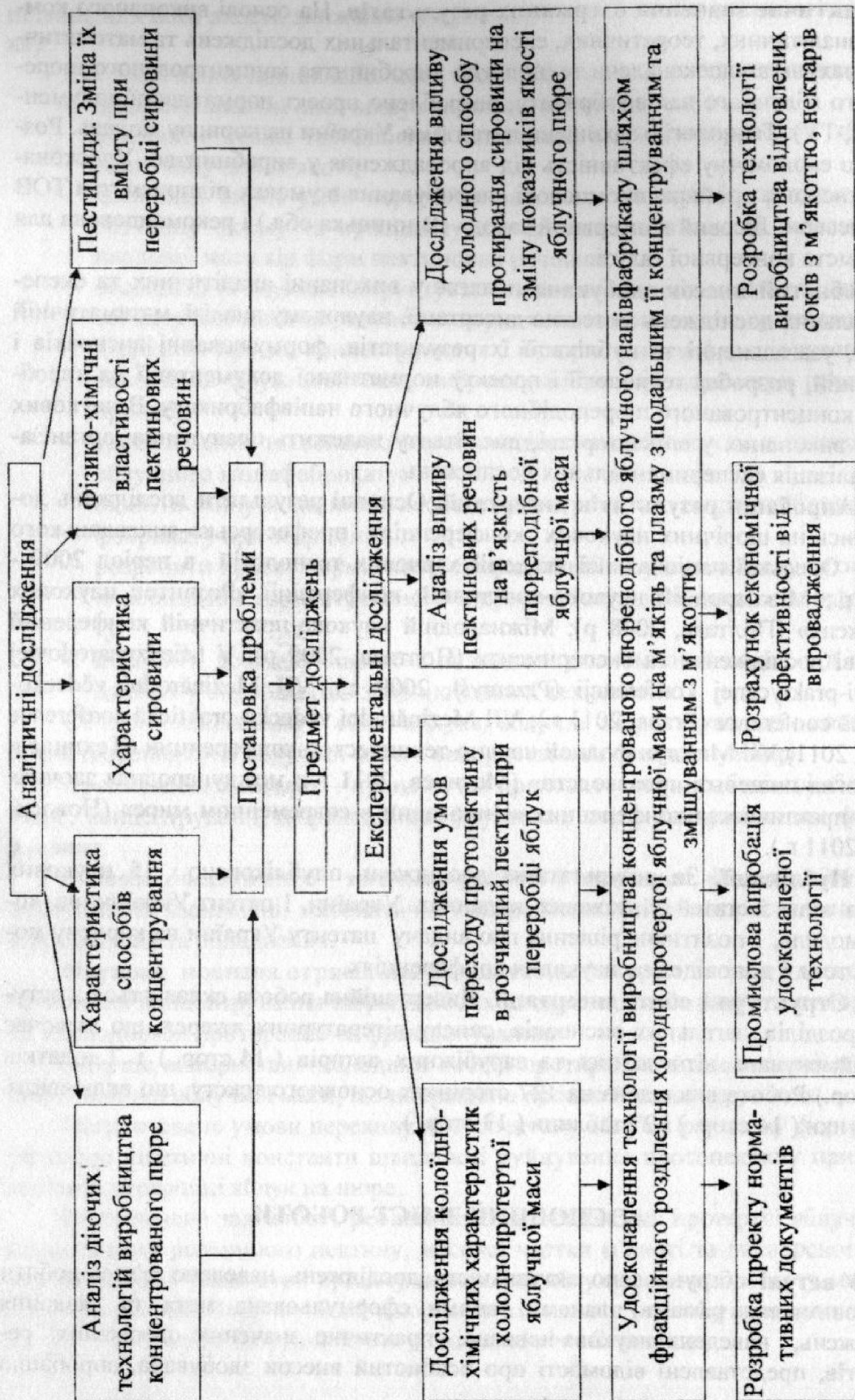


Рис. 1. Програма та етапи проведення досліджень



роботи, публікації.

У першому розділі «Аналіз технологій виробництва концентрованих пюреподібних напівфабрикатів» наведено аналіз існуючих технологій виробництва плодових пюре та способів їх концентрування, розглянуто біохімічний склад яблук, фізико-хімічні властивості пектинових речовин та зміну вмісту забруднюючих речовин хімічної природи (пестицидів) при технологічній переробці яблук. Зроблено висновок про доцільність удосконалення технології з метою підвищення якості концентрованих пюреподібних напівфабрикатів з яблук, зниження енерговитрат, скорочення технологічного циклу, збереження нативних властивостей та біологічно-активних речовин сировини.

У другому розділі «Об'єкти та методи досліджень» приведені дані про об'єкти і методи досліджень, структурну схему проведення досліджень, в якій викладені методологічні основи і взаємозв'язок етапів рішення проблеми виробництва концентрованого пюреподібного яблучного напівфабрикату (рис.1). У роботі використані стандартні і оригінальні методи досліджень, у тому числі хімічні, біохімічні, спектральні і технологічні. Результати багаторазових експериментальних досліджень оброблені за допомогою методів математичної статистики. Експериментальна робота була виконана в лабораторних умовах кафедри біотехнології, консервованих продуктів і напоїв ОНАХТ. Окремі дослідження виконувались в лабораторіях кафедри хліба, макаронних виробів та харчоконцентратів, кафедри екології харчових продуктів і виробництва Одеської національної академії харчових технологій.

У третьому розділі «Дослідження холодного способу виробництва яблучного пюре» досліджено колоїдно-хімічні показники холоднопротертої яблучної маси. Холоднопротерта яблучна маса – це складна фізико-хімічна система, яка на 60...70 % складається з рідкої фракції з суспендованою в ній твердою нерозчинною фракцією (м'якоть), що представлена гідрофільними сполуками.

Таблиця 1

Вплив ступеню дисперсності на в'язкість протертої яблучної маси

( $p \geq 0,95$ ,  $n = 3$ )

Зразок	Часточки м'якоті , % до маси нерозчинних сухих речовин			Динамічна в'язкість, Па*с
	300 мкм	150...300 мкм	15...150 мкм	
Холоднопротерта маса:				
$d_1=1,2$ мм	8,30	4,40	87,30	27,92
$d_2=0,8$ мм	6,20	4,00	89,80	28,84
$d_3=0,6$ мм	4,00	3,90	92,10	30,70
Маса після попередньої теплової обробки при $t=95$ °C, $\tau=10$ хв:				
$d_1=1,2$ мм	3,80	5,80	90,40	78,57
$d_2=0,8$ мм	2,20	4,30	93,50	79,81
$d_3=0,6$ мм	0,90	4,90	95,00	81,86

Холоднопротертої яблучної маси представлена, головним чином, пектиновими речовинами (протопектин – 0,6...0,9 %, розчинний пектин – 0,1...0,4 %), целюлозою – 0,58...1,38 % та геміцелюлозами – 0,54...0,98 %.

Наявність клітковини обумовлює волокнистість, рихлість, а у сукупності з пектиновими речовинами – високу водопоглинаючу здатність м'якоті яблук. Дослідження показали незначний вплив ступеню дисперсності протертої яблучної маси (табл. 1) та масової частки м'якоті (рис.2) на її в'язкість.

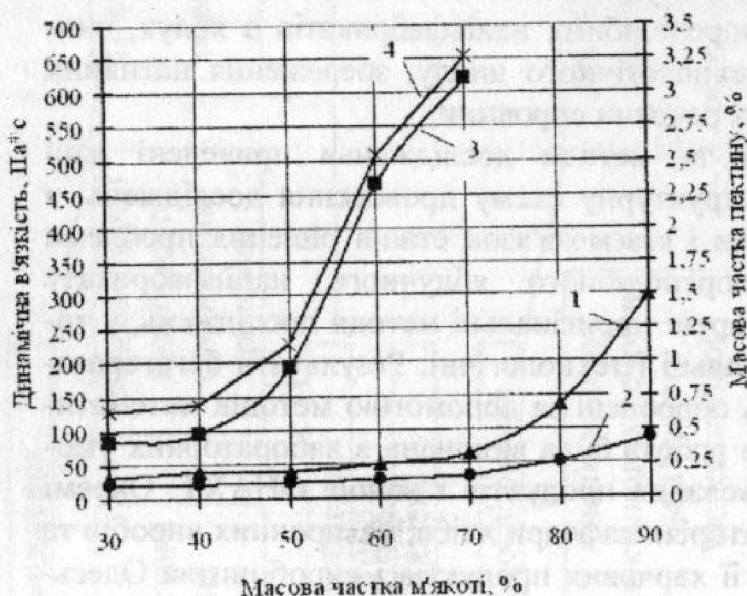


Рис. 2. Вплив вмісту масової частки м'якоті на динамічну в'язкість холоднопротертої яблучної маси (1), зразків після теплової обробки при  $t=95\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau=10\text{ хв}$  (3) та на масову частку розчинного пектину для холоднопротертої яблучної маси (2), зразків після теплової обробки (4)

Збільшення в'язкості в 2,6...9,6 рази можна пояснити з позиції теплового гідролізу протопектину яблук. Високий відсотковий вміст м'якоті корелює з вмістом протопектину в яблучній масі, який внаслідок дії високої температури ( $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) переходить в розчинну форму – пектин, що сприяє різкому збільшенню в'язкості та желуючих властивостей системи, тоді як початковий вміст розчинного пектину в холоднопротертій яблучній масі був знижений до незначних показників за рахунок відділення рідкої фази. Це значно збільшує в'язкість продукту, погіршує проведення процесу концентрування.

Таблиця 2  
Залежність форм пектинових речовин та в'язкості протертої яблучної маси від способу отримання

( $p \geq 0,95$ ,  $n = 3$ )

Зразок	Загальний вміст пектинових речовин, %	Протопектин, %	Розчинний пектин, %	Динамічна в'язкість, Па·с
Холоднопротерта яблучна маса	1,0	0,6...0,9	0,1...0,4	30,0...35,0
Пюреподібна яблучна маса після попередньої теплової обробки	1,0	0,05...0,10	0,90...0,95	81,0...82,0



За результатами досліджень колоїдно-хімічних характеристик холоднопротертої яблучної маси, в'язкість багатокомпонентної плодової системи - холоднопротерта яблучна маса - обумовлена вмістом лише речовин у колоїдному стані, а саме пектинових речовин, зокрема їх розчинною формою. В зв'язку з цим постала необхідність вивчення впливу параметрів проведення процесів технологічної переробки яблук на перехід протопектину в розчинний пектин.

Протопектин у рослинній тканині зв'язаний різними типами зв'язку (водневими, іонними, ковалентними, складно ефірними, цукровими при утворенні ланцюгів полігідроксигруп тощо), які руйнуються при нагріванні і пектин переходить у розчинний стан. Розрив цих зв'язків у протопектині залежить від температури, тривалості теплової обробки сировини чи напівфабрикату, рН середовища.

Температура, тривалість обробки та рН середовища активно впливають на швидкість перетворення протопектину у його розчинну форму, змінюючи ступінь полімеризації пектину. Кисле та лужне середовище сприяють зменшенню молекулярної маси пектину і зменшенню кількості метоксильних груп. Розчинність пектину при значеннях рН 3 та рН 6 зростає на 50 % у порівнянні з пектином у середовищі, де рН 4 та рН 5 (рис. 3).

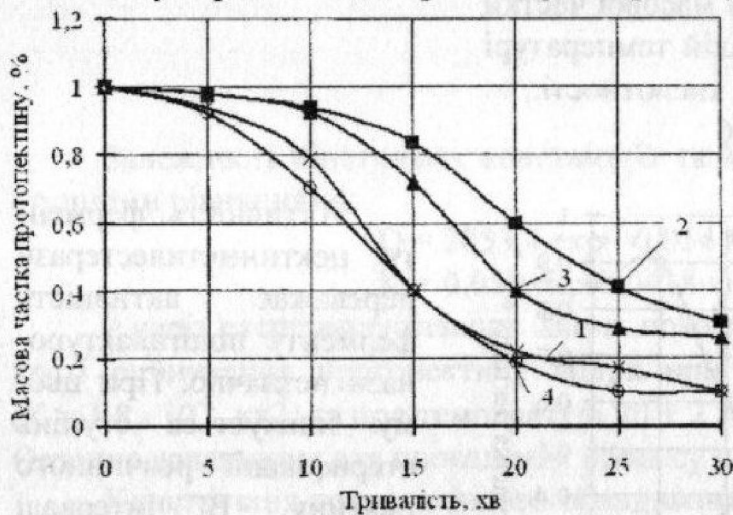


Рис. 3. Зміна масової частки протопектину протертої яблучної маси при температурі 95 °C: 1 - рН 3; 2 - рН 4; 3 - рН 5; 4 - рН 6

Збільшення тривалості обробки пюреподібної яблучної маси при рН 3 та рН 6 призводить до подальшого гідролізу водорозчинного пектину з втратою метоксильних груп і утворенням пектових кислот, які нерозчинні у воді.

Відповідна математична обробка кривих зміни масової частки протопектину при температурі 95 °C дозволила визначити кінетичні константи D та використати їх для розрахунку константи швидкості руйнування протопектину яблук K при різних значеннях активної кислотності (рис. 4, табл. 3).

Регулювання процесу переходу протопектину яблук у розчинну форму, шляхом зміни температури, показало відсутність зміни вмісту розчинного пектину в діапазоні температур 20...30 °C та незначне зростання водорозчинного

Різницю в швидкості переходу протопектину в розчинну форму при сталій температурі та змінному рН середовища можна пояснити наявністю слабких водневих і ковалентних зв'язків у пектинових речовинах, що призводить до того, що молекула пектину повільно деполімеризується навіть при кімнатній температурі. Глюкозидний зв'язок легко порушується при температурі нижче температури кипіння, а присутність у розчині кислот чи лугів каталізує гідроліз протопектину.

пектину в діапазоні температур 20...60 °С обумовлено дією ферментів пектинметилестерази та полігалактуроази (рис. 5).

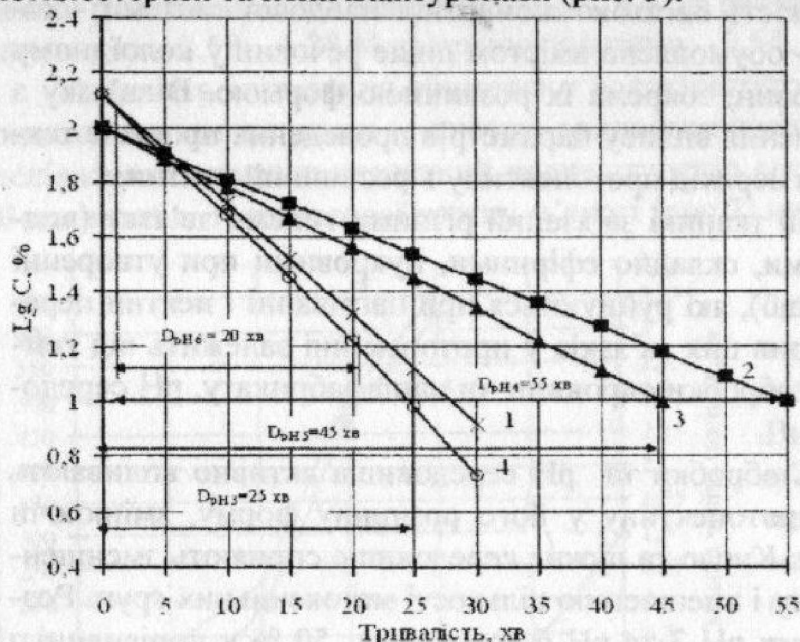


Рис. 4. Характеристика зміни масової частки протопектину яблук  $C$ , % при сталій температурі в залежності від значення активної кислотності:  
1 – pH 3; 2 – pH 4; 3 – pH 5; 4 – pH 6

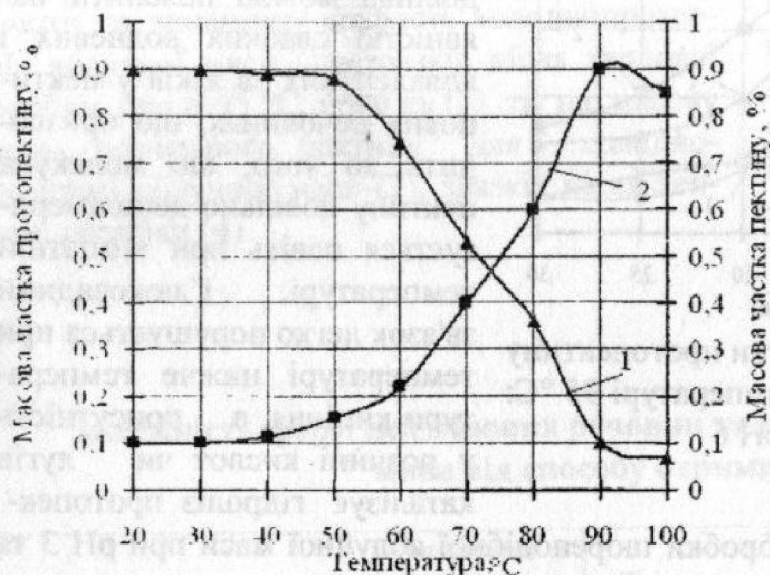


Рис. 5. Вплив температури обробки на процес переходу протопектину в розчинну форму: 1 – протопектин, 2 – розчинний пектин

ці зв'язки руйнуються і клітинні стінки втрачають жорсткість, збільшується кількість водорозчинних пектинових речовин.

Відповідна математична обробка кривих зміни масової частки протопектину протертої яблучної маси дозволила визначити кінетичні константи  $D$  та  $K$

Таблиця 3  
Залежність кінетичної константи  $D$  та константи швидкості руйнування протопектину яблук  $K$  від pH

pH	$D$ , хв	$K \times 10^{-2}$ , хв $^{-1}$
3	25	4,0
4	55	1,8
5	45	2,2
6	20	5,0

Активність ферменту пектинметилестерази переважає активність ферменту полігалактуроази незначно. При цьому знижується ступінь етерифікації розчинного пектину. В інтервалі температур від 60 °С до 80 °С відбувається розм'якшення тканин м'якоти, у сольових зв'язках протопектину проходять іонообмінні реакції. Іони  $Na^{2+}$  і  $K^{2+}$  замішують в сольових зв'язках іони  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  в результаті



при різних температурах (табл. 4).

Таблиця 4

**Залежність кінетичної константи D та константи швидкості руйнування протопектину яблук K від температури**

Температура, °C	D, хв	K × 10 <sup>-2</sup> , хв <sup>-1</sup>
20	714	0,14
30	370	0,27
40	230	0,43
50	149	0,68
60	111	0,90
70	51	1,96
80	38	2,63
90	18	5,55
100	16	6,25

В результаті математичної обробки експериментальних даних отримані рівняння, що описують зміну масової частки протопектину  $C_{nn}$  та розчинного пектину  $C_n$  пюреподібної яблучної маси при температурі 95 °C в залежності від тривалості  $\tau$ :

$$C_{nn} = a + (C_{nn0} - a)e^{b\tau^c};$$

$$C_n = C_{n0} + \frac{a\tau^2}{1 + b\sqrt{\tau} + c\tau + d\tau^2},$$

де  $C_{nn0}$ ,  $C_{n0}$  – початкова масова частка протопектину чи розчинного пектину пюреподібної яблучної маси, %;

$a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  – коефіцієнти, що визначаються на основі експериментальних даних методом найменших квадратів.

Залежності кінетичних констант D та K від температури описується наступними рівняннями:

$$D = 2053,4 \exp(-0,054 \cdot t), \text{ хв};$$

$$K = 0,059 \exp(0,0418 \cdot t), \text{ хв}^{-1}.$$

Аналіз експериментальних даних показав, що найменша константи швидкості руйнування протопектину яблук при температурі  $95 \pm 2$  °C і pH 4 ( $K = 1,8 \times 10^{-2}$ , хв<sup>-1</sup>) та при температурі  $20 \pm 2$  °C і pH 3,5..3,7 ( $K = 0,14 \times 10^{-2}$ , хв<sup>-1</sup>). Останнє характерне для проведення процесу «холодного» протирання сировини.

Конструкція технологічного обладнання для «холодного» протирання дає змогу видаляти небажані компоненти сировини - шкірку, насінневу камеру, насіння, згрубілі волокна тканини сировини на початковій стадії переробки, а саме перед протиранням. Таким чином, ці компоненти плодів не повинні впливати на якісні показники готового продукту. Чисельні технологічні прийоми при переробці сировини на пюре, наявність ферментів, кисню повітря та його активних форм сприяють проходженню хімічних та біохімічних процесів. Так, погіршення кольору плодових продуктів та втрата лабільних компонентів сировини (аскорбінова кислота, пігменти та безбарвні фенольні сполуки) є наслідком ферментативних та неферментативних реакцій.

Значна активність ферменту поліфенолоксидази (ПФО) спостерігається у шкірочці та у насінневій камері плодів яблук. Активність ферменту шкірочки в 5,2 рази, а у насіннєвій камері в 1,2 рази перевищує активність ферменту м'якоті. Використання «холодного» протирання забезпечує зниження активності ферменту ПФО на 71 %, за рахунок видалення лише шкірочки, та на 86,2 % піс-

ля видалення шкірочки та насінневої камери. Це сприяє збереженню аскорбінової кислоти, покращенню кольору пюреподібної яблучної маси та готового продукту за рахунок уповільнення процесу окислення пігментів та безбарвних фенольних сполук до забарвлених хінонів і продуктів полімерної природи (табл.5).

Таблиця 5

**Зміна лабільних показників холоднопротертої яблучної маси при видаленні шкірки та насінневої камери**

(p ≥ 0,95, n = 3)

Зразок	Активність ПФО, %	Втрата L-аскорбінової кислоти, %	Зміна показників кольору	
			ΔU	ΔO
Холоднопротерта яблучна маса	13,8	5	0,60	0,43
Контроль	100	25	0,40	0,73

Важливим аспектом виробництва концентрованих пюреподібних напівфабрикатів є забезпечення їх безпеки, що можливо при максимальному видаленні пестицидів, важких металів та інш. забруднюючих речовин з сировини на стадіях технологічної переробки.

З метою визначення ступеню токсичності сировини та пошуку рішень проблеми досягнення безпеки готової продукції та напівфабрикатів було проведено біотестування із залученням *Daphnia magna Straus*, *Stylonichia mytilus*.

**Біотестування**



Рис. 6. Ступінь токсичності зразків

впродовж 96 год дозволило, за показниками виживання Дафній, визначити гостру токсичну дію шкірочки яблук та зразків пюре, виготовлених за традиційною технологією. Критерієм токсичності при цьому є загибель 50 % та більше піддослідних тварин протягом 96 год (рис. 6). Втрата плодючості та загибель 8 %, переважно

слабких, дафній характеризує зразки м'якоті та пюре за холодним способом протирання, як слабо-токсичні, що безумовно є наслідком дії знижених концентрацій токсикантів. Слабка токсичність зразків пояснюється частковим переходом речовин хімічної природи до м'якоті яблук в процесі росту плодів та при зберіганні. Нами встановлено, що використання холодного способу протирання сировини дозволяє знизити загальний вміст токсикантів у 8,75 рази порівняно з традиційною технологією отримання яблучного пюре.

У четвертому розділі «Розробка технології виробництва концентрованого



пюреподібного яблучного напівфабрикату шляхом фракціонування» встановлені раціональні параметри проведення процесу фракціонування холоднопротертої яблучної маси, досліджено фізико-хімічні особливості окремих фракцій та обрано режими їх обробки.

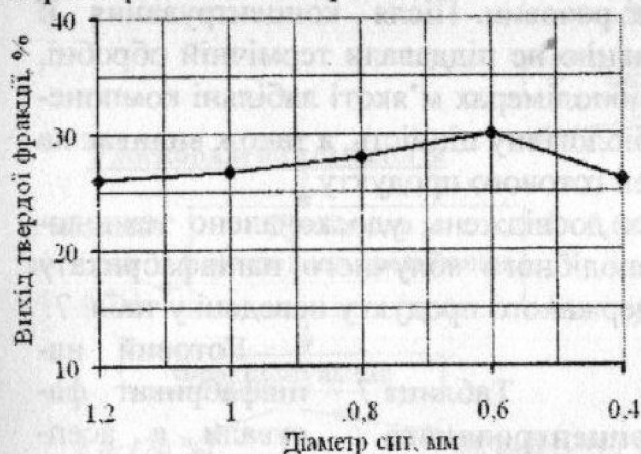


Рис. 7. Вплив ступеня подрібнення яблук на вихід твердої фракції при фракціонуванні ( $5500 \text{ хв}^{-1}$ , 20 хв)

Процес фракціонування являє собою спосіб розділення холоднопротертої плодової маси на рідку та тверду фракції, за допомогою розподілюючого обладнання (центрифуг, декантерів). Вибір відповідних технічних рішень забезпечує ідеальні умови для фракціонування. Це здійснюється за допомогою узгодження параметрів роботи обладнання (частота обертання барабану, тривалість процесу) з характеристиками технологічного процесу (ступінь подрібнення сировини). Тонке подрібнення яблук досягається

#### Фізико-хімічна характеристика фракцій холоднопротертої яблучної маси

( $p \geq 0,95$ ,  $n = 3$ )

Показник	Фракції холоднопротертої яблучної маси	
	Рідка	Тверда
Масова частка розчинних сухих речовин, %	10	10
Масова частка нерозчинних сухих речовин, %	0,54	24,00
Масова частка м'якоті, %	-	80
Вологість, %	100	10
Масова частка титруємих кислот (в перерахунку на яблучну), %	0,40	0,15
pH	3,7	3,7
Вміст пектинових речовин: протопектин, %	-	0,9
розчинний пектин, %	0,1	сл.
Вміст L – аскорбінової кислоти, мг/100 г	4,5	1,5
Динамічна в'язкість, Па*с	1,007	91,500

використанням дробильно - фінішного обладнання з діаметрами отворів сит  $0,4 \dots 1,2 \pm 0,01$  мм. «Холодне» протирання яблук крізь сита з діаметром отворів  $0,6 \pm 0,01$  мм дозволило, при подальшому центрифугуванні ( $5500 \text{ хв}^{-1}$ , 20 хв), одержати 23...30 % твердої фракції (рис. 7). Фізико-хімічні характеристики фракцій наведені у табл. 6. Рідка фракція не містить суспендованих частинок м'якоті, колоїдних речовин, характеризується низьким вмістом розчинних пектинових речовин – 0,1 %. Відсутність цих речовин в продукті сприяє повільному зростанню його в'язкості під час концентрування, прискоренню швидкості випаровування вологи, покращує реологічні властивості, що в свою чергу поліпшує роботу вакуум –

випарних апаратів, скорочує тривалість теплової обробки продукту, як наслідок, високий ступінь концентрування, покращення органолептичних властивостей готового концентрату. Відповідно до запропонованої технології, рідку фракцію концентрували до 70 % розчинних сухих речовин. Після концентрування її в'язкість дорівнює 45 Па\*с. Тверду фракцію не піддавали термічній обробці, що дозволило зберегти адсорбовані на біополімерах м'якоті лабільні компоненти сировини, що обумовлює харчову та біологічну цінність, а також впливає на формування органолептичних властивостей готового продукту.

За результатами експериментальних досліджень, удосконалено технологію виробництва концентрованого пюреподібного яблучного напівфабрикату (рис. 8). Фізико-хімічні характеристики одержаного продукту наведені у табл. 7.

**Фізико-хімічна характеристика концентрованого пюреподібного яблучного напівфабрикату**

( $p \geq 0,95$ ,  $n = 3$ )

Показник	Спосіб виробництва	
	Удосконалений	Традиційний
Масова частка розчинних сухих речовин, %	25	25
Масова частка м'якоті, %	75	40
Вміст пектинових речовин: протопектину, %	0,87	0,10
розчинного пектину, %	0,12	0,80
Динамічна в'язкість, Па*с	88,5	165,7
$pH$	3,7	3,7
Вміст L – аскорбінової кислоти, мг/100 г	4,5	1,4
Домішки рослинного походження	відсутні	відсутні
Сторонні домішки	відсутні	відсутні

накопичення ОМФ та темнозабарвлених сполук (за показниками оптичної густини при  $\lambda=400$  нм).

При зберіганні концентрованих пюреподібних напівфабрикатів спостерігалось накопичення темнозабарвлених сполук, що підвищує їх оптичну густину на 20,0 % та 33,0 %, а втрати L - аскорбінової кислоти становлять - 7,3 % та 28,6 % для зразків, вироблених за удосконаленою та традиційною технологіями, відповідно.

Дані, отримані по зміні кольору (накопичення темнозабарвлених сполук у зразках концентрату) при зберіганні, корелюють зі зміною вмісту ОМФ у дослідних зразках. Темпи накопичення ОМФ в готовому напівфабрикаті для обох зразків майже однакові. Для зразків за запропонованою технологією вміст ОМФ збільшується у дослідних зразках на 25 %, у вироблених за традиційною технологією – на 33 %.

Таблиця 7

Готовий напівфабрикат фасували в асептичних умовах у полімерні мішки типу Bag-in-Box та закладали на зберігання.

Протягом 6 місяців, з інтервалом в 2 місяці, відбирали зразки кожного варіанту і проводили фізико-хімічні дослідження, визначаючи зміни динамічної в'язкості, вмісту аскорбінової кислоти,



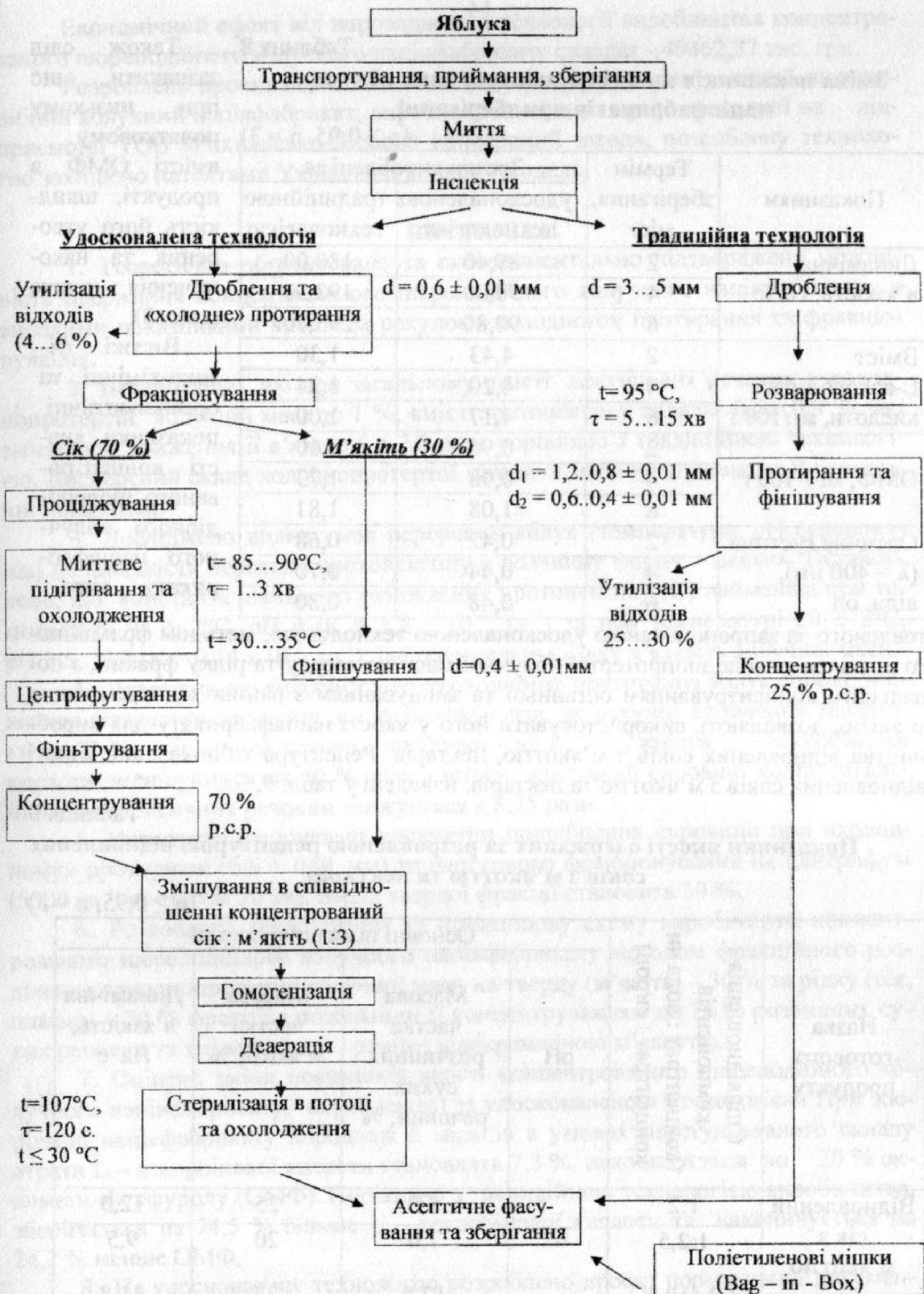


Рис. 8. Технологічна схема виробництва концентрованого пюреподібного яблучного напівфабрикату

**Зміна показників якості концентрованих яблучних  
напівфабрикатів при зберіганні**

(p ≥ 0,95, n = 3)

Показники	Термін зберігання, міс.	Зразки вироблені за	
		удосконаленою технологією	традиційною технологією
Динамічна в'язкість, Па*с	2	89,40	180,00
	4	90,00	198,50
	6	90,80	203,70
Вміст L-аскорбінової кислоти, мг/100 г	2	4,43	1,30
	4	4,20	1,24
	6	4,17	1,00
ОМФ, мг / 100 г	2	0,90	1,60
	4	0,98	1,73
	6	1,08	1,81
Оптична густина (λ = 400 нм), відн. од	2	0,42	0,68
	4	0,44	0,70
	6	0,48	0,80

Також слід зазначити, що при низькому початковому вмісті ОМФ в продукті, швидкість його утворення та накопичення нижче (табл.8).

Високі фізико-хімічні та органолептичні показники якості концентрованого пореподібного яблучного напівфабрикату, виго-

товленого за запропонованою удосконаленою технологією, методом фракційного розділення холоднопротертої яблучної маси на тверду та рідку фракції, з подальшим концентруванням останньої та змішуванням з раніше відокремленою м'якістю, дозволяють використовувати його у якості напівфабрикату для виробництва відновлених соків з м'якоттю, нектарів. Рецептатура та показники якості відновлених соків з м'якоттю та нектарів, наведені у табл. 9.

Таблиця 9

**Показники якості одержаних за розробленою рецептурою відновлених соків з м'якоттю та нектарів**

(p ≥ 0,95, n = 3)

Назва готового продукту	Співвідношення компонентів (концентрат : вода чи концентрат : сироп)	Основні показники якості			
		pH	Масова частка розчинних сухих речовин, %	Масова частка м'якоті, %	Динамічна в'язкість, Па*с
Відновлений сік з м'якоттю	1:2	3,7	8,0	25	12,0
	1:2,5		7,0	20	9,5
Нектар	1:1 (10 %)	3,8	17,5	37	31,8
	1:2 (10 %)		15,2	25	22,7
	1:1 (20 %)		21,1	37	34,2



Економічний ефект від впровадження технології виробництва концентрованого пюреподібного яблучного напівфабрикату складає - 40462,37 тис. грн.

Розроблено проект нормативної документації на концентрований пюреподібний яблучний напівфабрикат, вироблено дослідну партію продукції на підприємстві ТОВ «Рахнянсько-Лісовий консервний завод», розроблену технологію захищено патентами України на корисну модель.

## ВИСНОВКИ

1. Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено можливість одержання концентрованого пюреподібного яблучного напівфабрикату з високими показниками якості за рахунок «холодного» протирання та фракціонування.

2. Встановлено, що при загальному вмісті пектинових речовин у холоднопротертій яблучній масі до 1 %, вміст протопектину складає 0,6...0,9 %, що забезпечує зниження її в'язкості в 2,6 рази порівняно з традиційною технологією. Дисперсний склад холоднопротертої яблучної маси не впливає на її реологічні показники.

3. Досліджено вплив умов переробки яблук (температура, рН середовища) на швидкість переходу протопектину в розчинну форму – пектин. Встановлено, що константа швидкості руйнування протопектину ( $K$ ) найменша при температурі  $95 \pm 2^\circ\text{C}$ , рН 4 ( $K = 1,8 \times 10^{-2}$ ,  $\text{хв}^{-1}$ ) та при температурі  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , рН 3,5...3,7 ( $K = 0,14 \times 10^{-2}$ ,  $\text{хв}^{-1}$ ), що обумовлює низьку в'язкість яблучної маси.

4. Доведено, що використання «холодного» протирання яблук сприяє зниженню активності ферменту поліфенолоксидази, за рахунок видалення шкірочки на 71 %, насінневої камери і шкірочки - на 86,2 %, втрати L – аскорбінової кислоти зменшуються на 20 %, зберігається властивий сировині колір, загальний вміст токсичних речовин знижується в 8,75 рази.

5. Визначено раціональні параметри подрібнення сировини при «холодному» протиранні ( $0,6 \pm 0,01$  мм) та наступного фракціонування на центрифугі ( $5500 \text{ хв}^{-1}$  протягом 20 хв). Вихід твердої фракції становить 30 %.

6. Розроблено технологічну та принципову схему виробництва концентрованого пюреподібного яблучного напівфабрикату методом фракційного розділення холоднопротертої яблучної маси на тверду (м'якість) – 30 % та рідку (сік, плазма) – 70 % фракції з подальшим її концентруванням до 70 % розчинних сухих речовин та змішуванням з раніше відокремленою м'якоттю.

7. Оцінено зміни показників якості концентрованого пюреподібного яблучного напівфабрикату, виробленого за удосконаленою технологією. При зберіганні напівфабрикату впродовж 6 місяців в умовах нерегульованого складу втрати L – аскорбінової кислоти становлять 7,3 %, накопичується до 20 % оксиметилфурфуролу (ОМФ). Порівняно з традиційною технологією виробництва, зберігається на 74,5 % більше L – аскорбінової кислоти та накопичується на 24,2 % менше ОМФ.

8. На удосконалену технологію розроблено проект нормативної документації. Технологія виробництва концентрованого пюреподібного яблучного напівфабрикату пройшла випробування в промислових умовах ТОВ «Рахнянсько

– Лісовий консервний завод» (Вінницька обл.). Економічний ефект від впровадження удосконаленої технології становить - 40462,37 тис. грн, термін окупності не перевищує 3 роки

#### Список наукових робіт, опублікованих за темою дисертації

1. Сапожнікова, Н. Ю. Локалізація пектинметилестерази і поліфенолоксидази в плодах яблук та груш [текст] / А. Т. Безусов, Н. Ю. Сапожнікова // Харчова наука і технологія. – Одеса: ОНАХТ, 2008. – № 4(5). – С. 14 – 15.

*Дисертантом досліджено наявність ферментів у різних анатомічних частинах плодів яблук та груш, встановлено оптимальні параметри їх ферментативної активності.*

2. Сапожнікова, Н. Ю. Активність поліфенолоксидази яблук [текст] / А.Т. Безусов, Н.Ю. Сапожнікова // Наукові праці ОНАХТ. – Одеса: ОНАХТ, 2008. – Вип. 34. – Т. 2. – С. 4 – 6.

*Дисертантом вивчено активність ферменту поліфенолоксидаза в залежності від анатомічної частини плодів яблук*

3. Сапожнікова, Н. Ю. Розробка нового способу концентрування фруктових пюре [текст] / Н. Ю. Сапожнікова, В. І. Лято, А. Т. Безусов // Наукові праці ОНАХТ. – Одеса, 2009. – Вип. 36, Т.2 – С. 8 – 11.

*Дисертантом теоретично та експериментально досліджено можливість використання технології розділення фаз для концентрування фруктових пюре.*

4. Сапожнікова, Н. Ю. Дослідження технологічних властивостей пектиновмісної сировини, як добавки для кондитерських виробів і консервної продукції [текст] / І. О. Білоусова, Н. Ю. Сапожнікова, Т. І. Нікітчина // Харчова наука і технологія. – Одеса: ОНАХТ, 2009. – № 1(6). – С. 62 – 64.

*Дисертантом встановлені параметри, що дозволяють регулювати співвідношення розчинної та нерозчинної форм пектинових речовин.*

5. Сапожнікова, Н. Ю. Залежність реологічних характеристик плодового пюре від кількісного вмісту м'якоті [текст] // Збірник наукових праць ДонНУЕТ: Обладнання та технології харчових виробництв. – Донецьк, 2010. – С.200 – 205.

*Дисертантом вивчено залежність структурно-механічних властивостей високомолекулярних систем від кількісного вмісту м'якоті.*

6. Позитивне рішення про видачу патент А України МПК А23L 2/00 Спосіб виробництва концентрованих фруктово-ягідних напівфабрикатів / Безусов А.Т., Сапожнікова Н. Ю., № u 2011 01645, заявл. 14.02.2011.

*Дисертантом проведено експериментальні дослідження, узагальнено одержані результати, проведено патентний пошук та розроблено проект деклараційного патенту на корисну модель.*

7. Пат. 64301 України МПК: А23L 2/00 Спосіб виробництва концентрованих фруктово-ягідних пюреподібних напівфабрикатів Безусов А. Т., Сапожнікова Н. Ю., Нікітчина Т. І. – № u 201102162; заявл. 24.02.2011; опубл. 10.11.2011, Бюл. № 21.

*Дисертантом узагальнено експериментальні данні, проведено патентний пошук, розроблено деклараційний патент України на корисну модель.*

#### АНОТАЦІЯ

Сапожнікова Н. Ю. Удосконалення технології виробництва концентрованого пюреподібного яблучного напівфабрикату. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.13 – технологія консервованих і охолоджених харчових продуктів, Одеська національна академія харчових технологій Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, Одеса 2012.



Дисертація присвячена удосконаленню технології виробництва концентрованого пюреподібного яблучного напівфабрикату методом фракційного розділення холоднопротертої яблучної маси на тверду (м'якоть) та рідку (сік, плазма) фракції, з подальшим концентруванням останньої та змішуванням з раніше відокремленою м'якістю.

Аналіз діючих технологій виробництва плодових пюре та способів їх концентрування показав можливість використання «холодного» протирання фруктових сировини, з метою зниження в'язкості пюреподібної маси, поліпшення процесу концентрування з використанням фракціонування, покращення якості готового продукту. Досліджено вплив умов переробки яблук на перехід протопектину сировини в розчинну форму – пектин. Розраховано кінетичні константи швидкості руйнування протопектину яблук в залежності від умов переробки, а саме від температури та рН середовища. Доведено, що використання «холодного» протирання яблук забезпечує зниження активності ферменту поліфенолоксидази, за рахунок видалення шкірочки на 71 %, насіннєвої камери і шкірочки – на 86,2 %, втрати L – аскорбінової кислоти зменшуються на 20 %, зберігається властивий сировині колір, загальний вміст токсичних речовин знижується в 8,75 рази. Розроблено технологічну та принципову схему виробництва концентрованого пюреподібного яблучного напівфабрикату. Запропоновано рецептуру та досліджено показники якості відновлених соків з м'якоттю та нектарів з концентрованого пюреподібного яблучного напівфабрикату. Проведено порівняльну оцінку зміни показників якості концентрованого пюреподібного яблучного напівфабрикату, виробленого за удосконаленою та традиційною технологіями. Економічні розрахунки підтверджують ефективність впровадження розробленої технології у виробництво. Удосконалена технологія пройшла промислові випробування, має проект нормативної документації (ТІ, ТУ), захищена патентами України на корисну модель.

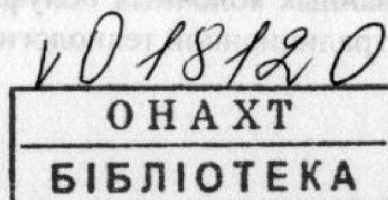
**Ключові слова:** яблука, «холодне» протирання, концентрування, фракціонування, пюреподібний напівфабрикат.

### АННОТАЦІЯ

Сапожникова Н. Ю. Усовершенствование технологии производства концентрированного пюреобразного яблочного полуфабриката. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.13 – технология консервированных и охлаждённых пищевых продуктов, Одесская национальная академия пищевых технологий Министерства образования и науки, молодежи и спорта Украины, Одесса 2012.

Диссертация посвящена усовершенствованию технологии производства концентрированного пюреобразного яблочного полуфабриката методом фракционного разделения холоднопротертой яблочной массы на твердую (мякоть) и жидкую (сок, плазма) фракции, с последующим концентрированием жидкой фракции и смешиванием с мякотью.



Анализ действующих технологий производства плодовых пюре и способов их концентрирования показал возможность использования «холодного» протираания фруктового сырья, с целью снижения вязкости пюреобразной массы, интенсификации процесса концентрирования с применением фракционирования, повышения качества готового продукта.

Показано, что при общем содержании пектиновых веществ в холоднопротертой яблочной массе до 1 %, содержание протопектина составляет 0,6...0,9 %, что обеспечивает снижение ее вязкости в 2,6 раза относительно традиционной технологии. Дисперсный состав холоднопротертой яблочной массы не влияет на ее реологические показатели.

Исследовано влияние условий переработки яблок на переход протопектина яблок в растворимую форму – пектин. Рассчитано кинетические константы скорости разрушения протопектина яблок в зависимости от условий переработки (температура, pH).

По результатам математической обработки экспериментальных данных, получены уравнения, которые описывают изменение массовой доли протопектина и растворимого пектина пюреобразной яблочной массы при температуре 95 °С в зависимости от длительности обработки и зависимость кинетических констант D и K от температуры.

Доказано, что использование «холодного» протираания яблок обеспечивает снижение активности фермента полифенолоксидаза, за счет удаления шкурочки на 71 %, шкурочки и семечковой камеры – на 86,2 %, что способствует сохранению аскорбиновой кислоты (потери L-аскорбиновой кислоты снижаются на 20 %), сохранению собственного сырья цвета. Установлено, что использование «холодного» протираания позволяет снизить общее содержание токсичных веществ в 8,75 раза, в сравнении с традиционной технологией получения яблочного пюре.

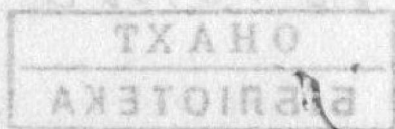
Научно обосновано выбор параметров процесса «холодного» протираания и фракционирования.

Анализ физико-химических показателей качества отдельных фракций показал, что жидкая фракция не содержит суспендированных частиц мякоти, коллоидных, веществ, характеризуется низким содержанием растворимого пектина. Отсутствие этих веществ в продукте способствует медленному возрастанию его вязкости, увеличению скорости выпаривания влаги, что в свою очередь облегчает работу вакуум-выпарных аппаратов, обеспечивает высокую степень концентрирования.

Разработано технологическую и принципиальную схему производства концентрированного пюреобразного яблочного полуфабриката.

Предложено рецептуру и исследовано показатели качества восстановленных соков с мякотью и нектаров, произведенных из концентрированного пюреобразного яблочного полуфабриката.

Проведена сравнительная оценка изменения показателей качества концентрированных яблочных полуфабрикатов, произведенных по усовершенствованной и традиционной технологиям.





Экономические расчеты подтвердили целесообразность внедрения усовершенствованной технологии в производство. Усовершенствованная технология прошла промышленные испытания, имеет проекты нормативной документации (ТИ, ТУ), защищена патентами Украины на полезную модель.

**Ключевые слова:** яблоки, «холодное» протирание, концентрирование, фракционирование, пюреобразный полуфабрикат.

#### ANNOTATION

Sapozhnikova N. Y. Improvement of the technology of concentrated applesauce-like prepared food. – Manuscript.

The dissertation for the scientific degree of candidate of technical sciences by specialty 05.18.13 – Technology of preserved and cooled foodstuffs – Odessa National Academy of Food Technologies of the Ministry of education and science, youth and sports of Ukraine, Odessa, 2012.

The dissertation is dedicated to the improvement of the technology of preparing concentrated applesauce-like prepared food by the method of fractionating cold extraction apple sauce into solid (apple pulp) and liquid (juice, plasma) fractions, the liquid fractions get concentrated and mixed with the apple pulp separated before.

The analysis of the traditional technology of producing fruit sauce and the ways of their concentrating has shown the possibility of using the cold extraction of fruit in order to decrease the viscosity of the sauce-like mass, to facilitate the process of concentration, to improve the quality of the end-product. There has been calculated the kinetic constant of the fracture velocity of apple protopectin from the processing conditions, namely the temperature and the pH. There has been proved that using the cold extraction of apples reduces the polyphenoloxidase activity by 71 % or by 86.2 %, if the apple peel or the apple peel and seed have been deleted, respectively. It has been proved that loss of the L-ascorbic acid reduces by 20 %, the natural apple colour is preserved and the pesticide residue becomes 8.75 times less. There has been developed the processing and instrumental plans of the technology of the concentrated applesauce-like prepared food. There has been offered nectar and renew juice with pulp, made from concentrated applesauce-like prepared food. There has been compared the effect of the prepared food storage, made according to the improved and traditional technologies, their data have been measured. The economic analysis has confirmed the efficiency of the improved technology in production. The specifications and the project of technical documentation for production of concentrated applesauce-like prepared food is developed. The technology is protected by the patents of Ukraine. The technology has been approved in industrial conditions on the plant.

**Keywords:** apples, pulp, cold extraction, concentration, fractionation, sauce-like prepared food.