

ISSN 2079-4827

Міністерство освіти і науки України
Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського

ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Тематичний збірник наукових праць

№ 1 (46) 2023

Збірник наукових праць заснований у 1998 році
Виходить двічі на рік

*Журнал внесено до міжнародних наукометричних баз
та інформаційно-аналітичних систем
Index Copernicus, Google Scholar, ResearchBib, Cite Factor, EZB
(Elektronische Zeitschriftenbibliothek),
Advanced Science Index*

Кривий Ріг
ДонНУЕТ
2023

Редакційна колегія

Головний редактор — **В. П. Хорольський**
Заступник головного редактора — **Р. П. Никифоров**
Відповідальний редактор серії — **Д. В. Акіндєєв**
Відповідальний секретар серії — **А. В. Слащева**

Редакційна колегія серії:

Віннікова Л. Г., д-р техн. наук (Одеський національний технологічний університет); *Гейер Г. В.*, канд. техн. наук, д-р техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського); *Гніцевич В. А.*, д-р техн. наук (Державний торговельно-економічний університет); *Гринченко О. О.*, д-р техн. наук (Державний біотехнологічний університет); *Дейниченко Г. В.*, д-р техн. наук (Державний біотехнологічний університет); *Золотухіна І. В.*, д-р техн. наук (Державний біотехнологічний університет); *Михайлов В. М.*, д-р техн. наук (Державний біотехнологічний університет); *Никифоров Р. П.*, канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського); *Омельченко О. В.*, канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського); *Пивоваров П. П.*, д-р техн. наук (Державний біотехнологічний університет); *Покотило О. С.*, д-р біол. наук (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя); *Погребняк В. Г.*, д-р техн. наук (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу); *Прісс О. П.*, д-р техн. наук (Таврійський державний агротехнологічний університет); *Слащева А. В.*, канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського); *Сімакова О. О.*, канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського); *Стадник І. Я.*, д-р техн. наук (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя); *Хомич Г. П.*, д-р техн. наук (Вищий навчальний заклад Укоопспілки "Полтавський університет економіки і торгівлі"); *Хорольський В. П.*, д-р техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського); *Юдіна Т. І.*, д-р техн. наук (Державний торговельно-економічний університет).

**Журнал включено до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б»)
(Наказ Міністерства освіти і науки України від 24.09.2020 р. № 1188)**

Журнал зареєстровано в Міністерстві юстиції України.
Реєстраційний номер КВ № 13181-2065ПР від 25.07.2007 р.

Засновник та видавець Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4929 від 07.07.2015 р.

*Журнал підписано до друку вченою радою Донецького національного
університету економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського,
протокол № 13 від 29.06.2023 р.*

Мова видання: українська та англійська.

Усі права захищені.

Передрук і переклади дозволяються лише з відома автора та редакції.

Адреса видавця та редакції:
50042, м. Кривий Ріг, вул. Курчатова, 13.
тел. (0564) 409-77-97, e-mail: obladnannya@donnuet.edu.ua,
www.donnuet.edu.ua

© Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського, 2023

ISSN 2079-4827

**Mykhailo Tuhon-Baranovskyi Donetsk National
University of Economics and Trade**

FOOD PRODUCTION EQUIPMENT AND TECHNOLOGIES

Thematic collection of scientific works

No 1 (46) 2023

**Collection of scientific works published since 1998
Issued 2 times a year**

*Journal is indexed in the international scientometrical bases
and analytics systems
Index Copernicus, Google Scholar, ResearchBib, Cite Factor,
EZB (Elektronische Zeitschriftenbibliothek),
Advanced Science Index*

Kryvyi Rih
DonNUET
2023

Editorial board

Editor in chief — V. P. Khorolskyi

Deputy editor in chief — R. P. Nykyforov

Executive editor of series — D. V. Akindieiev

Executive secretary of series — A. V. Slashcheva

Editorial board of series:

Deynichenko Gryhoriy, Grand PhD in Engineering sciences (State Biotechnological University); *Gnitsevych Viktoriia*, Grand PhD in Engineering sciences (State University of Trade and Economics); *Grinchenko Olha*, Grand PhD in Engineering sciences (State Biotechnological University); *Heier Hryhoriy*, Grand PhD in Economy sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); *Khomych Halina*, Grand PhD in Engineering sciences (Poltava University of Economics and Trade); *Khorolskyi Valentyn*, Grand PhD in Engineering sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); *Zolotukhina Inna*, Grand PhD in Engineering sciences (State Biotechnological University); *Mykhailov Valerii*, Grand PhD in Engineering sciences (State Biotechnological University); *Nykyforov Radion*, PhD in Engineering sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); *Omelchenko Oleksandr*, PhD in Engineering sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); *Pogrebnyak Volodymyr*, Grand PhD in Engineering sciences (Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas); *Pokotylo Oleg*, Grand PhD in Biological sciences (Ternopil Ivan Puluj National Technical University); *Priss Olesya*, Grand PhD in Engineering sciences (Tavria State Agrotechnological University); *Pyvovarov Pavlo*, Grand PhD in Engineering sciences (State Biotechnological University); *Slashcheva Alina*, PhD in Engineering sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); *Simakova Olha*, PhD in Engineering sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); *Stadnyk Ihor*, Grand PhD in Engineering sciences (Ternopil Ivan Puluj National Technical University); *Vinnikova Lyudmila*, Grand PhD in Engineering sciences (Odessa National Academy of Food Technologies); *Yudina Tatiana*, Grand PhD in Engineering sciences (State University of Trade and Economics).

***This publication is entered in the List of Scientific Professional Editions of Ukraine (Category “B”)
(Order No. 1188 of Ministry of Education and Science of Ukraine of 24.09.2020)***

Journal was registered at Ministry of Justice of Ukraine.
Registration number KB № 13181-2065ПІП dated July 25, 2007.

Founder and editor Mykhailo Tugan-Baranovskyi Donetsk National University
of Economics and Trade, Kryvyi Rih.
Certificate of Publisher ДК № 4929 dated July 7, 2015.

*Passed for printing under recommendation of Academic Council
of Mykhailo Tugan-Baranovskyi Donetsk National University of Economics and Trade
(transaction No. 13 dated 29.06.2023).*

Language of edition: Ukrainian, English.

Reprinting and translations are allowed only from the consent
of author and editorial board.

Address of editor and editorial office:
13, Kurchatova str., Kryvyi Rih, Ukraine, 50042 and editorial office:
phone (0564) 409-77-97, e-mail: obladnannya@donnuet.edu.ua,
www.donnuet.edu.ua

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

DOI : 10.33274/2079-4827-2023-46-1-5-16

УДК 664.5:664.82

Слащева А. В., канд. техн. наук, доцент

Боднарук О. А., асистент

Жушман А. О., здобувач ОС магістра

Коломоєць А. М., здобувач ОС бакалавра

Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: slashcheva@donnuet.edu.ua

ТЕХНОЛОГІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО РОСЛИННОГО НАПІВФАБРИКАТУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ГЕРОДІЄТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ

UDC 664.5:664.87

*Slashcheva A. V., PhD in Engineering sciences,
Associate Professor*

Bodnaruk O. A., assistant

Zhushman A. O., a graduate of a master's degree

Kolomoiets A. M., a graduate of a bachelor's degree

Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (Krivyi Rig, Ukraine), e-mail: slashcheva@donnuet.edu.ua

TECHNOLOGY OF FUNCTIONAL PLANT SEMI-FINISHED PRODUCT AND DETERMINATION OF ITS HERODIETICAL POTENTIAL

Мета – теоретичне обґрунтування і експериментальна розробка нового рослинного напівфабрикату «Геропротект» як функціонального наповнювача для геродієтичних рибних посічених виробів та визначення його геродієтичного потенціалу.

Методи. В роботі використано загальноприйняті, стандартні методи досліджень, які забезпечили виконання поставленого завдання. За призначенням та суттю методи досліджень наступні: методи дослідження хімічного складу (розрахункові), методи дослідження фізико-хімічних показників. Для комплексної оцінки геродієтичного потенціалу розробленої продукції біло проведено аналітичні дослідження щодо ступеню задоволення добової фізіологічної потреби організму людини. Відбір проб і підготовку їх до дослідження здійснювали за ДСТУ ISO 6498:2006. Визначення масової частки вологи в борошні проводили методом прискореного висушування у сушильній шафі СЕШ-1. Енергетичну цінність продуктів визначали розрахунковим методом за коефіцієнтами Атвотера. Практичне відпрацювання рецептури та технології здійснювали в умовах технологічної лабораторії ДонНУЕТ.

Результати. Визначено актуальність та шляхи розробки продукції геродієтичного харчування. Розроблено і обґрунтовано принципову технологічну схему рослинного напівфабрикату «Геропротект». Визначено, що заміна хлібного компонента на напівфабрикат «Геропротект» дозволяє отримати продукцію зниженої калорійності на фоні кардинальної зміни якісного вуглеводного складу. Проведено комплексну оцінку геродієтичного потенціалу розробленої продукції шляхом розрахунку ступеню задоволення добової фізіологічної потреби у геропротекторних компонентах. Визначено, що геродієтичний потенціал виробів з напівфабрикатом «Геропротект» вищий за вмістом таких геропротекторів, як метіонін, цистеїн, триптофан, вітаміни В₉ та В₁₂, селен, йод, марганець та мідь.

Ключові слова: *геродієтичні продукти, рослинний напівфабрикат, рибні посічені вироби, геродієтичний потенціал.*

Постановка проблеми. Сучасна демографічна ситуація в Україні характеризується стійкою тенденцією – динамічним збільшенням частки осіб, старших за працездатний вік, що відповідає загальносвітовому процесу старіння населення. Сьогодні 20,7% мешканців України (тобто кожен сьомий українець) перебувають у такому віці. Останніми роками відзначається погіршення показників фізичного здоров'я людей похилого віку: захворюваність в осіб літнього віку (60-74 роки) у 2 рази, похилого віку (75-89 років) в 6 разів вища, ніж у людей молодих вікових груп.

Старіння є незворотним процесом, що супроводжується змінами, що зачіпають всі рівні цілісного організму. У тканинах та органах організму переважають процеси дисиміляції над асиміляцією, відбуваються імунологічні зрушення, зміна у регуляції нейрогуморальної системи, порушується система саморегуляції. Все це проявляється у зниженні інтенсивності обмінних процесів, підвищенні ризику розвитку атеросклерозу та хронічних захворювань, зниження сили та обмеження фізичних можливостей [1].

Переважним чинником у розвитку захворювань та прогресуючому старінні населення є недостатність та незбалансованість харчування. Сьогодні 76-89% старшої вікової групи мають одне або кілька захворювань, пов'язаних із харчуванням. Тільки 9,2% респондентів у віці старше за працездатний у лікувально-профілактичних цілях приймають вітамінно-мінеральні комплекси, дієтичні добавки до їжі, використовують спеціалізовані продукти харчування, тим самим сприяючи поліпшенню фізіологічного стану організму [2]. За даними вітчизняних та зарубіжних досліджень за допомогою правильно організованого харчування можна знизити кількість захворювань (діабет, артрит – на 50 %, хвороби серця – на 25 %, органів зору – на 20 % тощо) та значно скоротити ризик передчасного старіння [3, 4]. Тому дуже актуальною є розробка спеціалізованої харчової продукції для осіб похилого та старечого віку. У всіх країнах інвестиції в людину, у її здоров'я та якість життя стали ключовою ідеєю розвитку країни. Пріоритетним напрямком є технологія функціональних та спеціалізованих харчових продуктів, зокрема геродієтичного призначення.

Геродієтичні продукти можуть використовуватися як особами похилого віку, так і молодішими людьми з метою попередження (або уповільнення) процесів старіння організму, а також профілактики вікових захворювань [5]. У групі геродієтичних виділяють продукти з геропротекторами (які сповільнюють процеси старіння), з про- та пребіотиками, а також збагачені мікро- та макронутрієнтами (вітамінізовані, збагачені кальцієм та залізом, харчовими волокнами та ін.) [6].

Асортимент ринку продуктів для геродієтичного харчування в Україні є досить обмеженим. У своїй більшості це кисломолочні продукти та м'ясо-рослинні консерви, що володіють антиоксидантними та імунокорегуючими властивостями, збагачені додатковими джерелами кальцію, вітамінів, амінокислот, ферментів; низьколактозні молочні напої [7, 8]. Відомі також геродієтичні продукти на основі рибних компонентів, а також збагачені хлібобулочні вироби без глютену та з низьким вмістом солі [9, 10].

Практика геродієтичного харчування потребує нового підходу до розробки технологій продуктів для літніх людей, в основі якого лежать професійні знання нутрієнтології.

Серед різномайття продуктів масового споживання (як об'єктів збагачення) особливий інтерес вчених викликають посічені рибні маси, технології яких дозволяють вводити до їх складу овочеві пюре як фізіологічно та технологічно функціональні компоненти посіченої котлетної маси. Підсумовуючи вищевикладене, можна зробити висновок про перспективність розробки технології рослинного геропротекторного напівфабрикату, який можна використовувати як наповнювач до посіченої котлетної маси.

Впровадження нових технологій у виробництво дозволить розширити асортимент спеціалізованих продуктів для осіб похилого віку.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Старіння населення – це процес, який характерний для всіх європейських держав, але висока частка старих людей там досягається, головним чином, високою тривалістю життя, так званого старіння «знизу», а в Україні – за рахунок зменшення кількості дітей, так званого «старіння згори». Він буде продовжуватись і надалі. Вікова структура населення України свідчить про регресивний тип відтворення поколінь: в ній нараховується понад 14,3 млн. пенсіонерів, з них за віком – понад 10,3 млн. осіб, за інвалідністю – понад 2,0 млн. осіб [11].

Зростання народжуваності в світі супроводжується істотним старінням населення в цілому. Якщо в 1988 р. 488 млн осіб були старше 60 років, то до 2025 р. їх число перевищить 1 млрд 100 млн чоловік, причому 61% з них буде проживати в економічно розвинутих країнах [12]. Таким чином, доля престарілих людей у загальній чисельності населення земної кулі складе до 2025 р. близько 14% [13]. Упродовж двох попередніх десятиліть у розвинених країнах світу особливо швидко збільшилася кількість людей, які досягли 80 років. Все це висуває перед людством в цілому, перед державними структурами, органами охорони здоров'я та соціального забезпечення ряд серйозних практичних завдань. Серед них одна з найбільш важливих і трудомістких для практичної реалізації – продовження періоду активного життя та подолання дисфункціональних розладів, наявних у похилому віці.

Старіння людини – закономірний біологічний процес, генетично зумовлений програмою розвитку індивіда. Попередити настання передчасної старості – завдання цілком вирішуване, незважаючи на її генетичну обумовленість, при цьому необхідно враховувати вплив факторів ризику. Відповідно до вікової класифікації, затвердженої конгресом геронтологів і геріатрологів, все населення старше 50 років поділяється на вікові категорії: старший вік – 50-60 років, похилий вік – 61-74 роки, преклонний вік – 75-90 років, старше 90 років – довгожителі.

Старіння супроводжується змінами, що торкаються всіх рівнів клітинного організму: переважання в органах і тканинах процесів дисиміляції (розпаду) над асиміляцією; зсуви в нервовій і гормональній системах; генетичні трансформації, зумовлені накопиченням продуктів життєдіяльності клітин; порушення системи саморегуляції та системи передачі інформації; імунологічні зсуви (зниження імунітету, аутоімунні захворювання).

В основі організації раціонального харчування людей похилого віку повинні бути закладені наступні принципи:

- енергетична збалансованість харчування відповідно до фактичних енергозатрат організму;
- лікувально-профілактична спрямованість харчового раціону в залежності від вікозалежних патологій – атеросклерозу, гіпертонії, цукрового діабету, остеопорозу, ожиріння, онкологічних захворювань та ін.;
- відповідність хімічного складу раціону потребам організму з урахуванням вікових змін обміну речовин і функцій організму;
- максимально різноманітне харчування і збалансованість його за незамінними факторами харчування;
- лужна спрямованість харчування, яка сприяє корекції розвитку ацидотичних ознак гомеостазу (закислення внутрішнього середовища організму);
- включення в раціон продуктів, що нормалізують кишкову мікрофлору;
- збагачення їжі речовинами, що володіють геропротекторними властивостями, в тому числі антиоксидантами;
- оптимальне забезпечення організму речовинами, що стимулюють активність ферментних систем;
- використання харчових продуктів і страв, що володіють легкою ферментативною атакованістю.

Згідно з даними світових досліджень проблем геронтології встановлено вплив корекції харчування на фізичний стан похилих людей. На думку італійських і американських дослідників, більше половини людей похилого віку страждають ожирінням і одночасно втратою м'язової маси внаслідок незбалансованого харчування, багатого вуглеводами і

ліпідами, але бідними повноцінними білками і амінокислотами. Американські вчені роблять висновки про ефективність прийому білкових добавок старими людьми з саркопесією (зниженням м'язової маси), від якої страждають до 45 % чоловіків і до 26 % жінок [14, 15]. Дослідники з Австралії вважають актуальною розробку і введення національної геронтологічної програми, акцентуючи увагу на проблемах домінування серед похилого кореневого населення Австралії людей з ожирінням і недоїданням, а також наводяться дані про ефективність дії на імунітет похилих людей природних антиоксидантів у складі їжі [17]. Бразильські вчені приводять дані про нормалізацію ваги та поліпшення пізнавальних здібностей похилих людей, хворих на деменцію, при вживанні ними енергетичного напою, що містить таурин і L-карнітин [18]. Дослідники з Індії провели експерименти, що викликають зниження депресивних симптомів у похилих людей при забезпеченні їх потреби в мінеральних речовинах і вітамінах на 100% [19]. Таким чином, загальними рекомендованими компонентами їжі в геродієтиці є вітаміни групи B, D, C, селен, мідь, йод, кальцій, магній, фосфор, омега-3-жирні кислоти, флавоноїди та деякі інші мінорні компоненти. Ці біологічно активні речовини характеризуються поліфункціональністю, оскільки вони ефективні при різних порушеннях організму, безпосередньо питання життєво важливих тканин і системи похилої людини [20].

До цього часу асортимент спеціалізованих продуктів для осіб похилого та похилого віку, в тому числі, що знаходяться в державних домах престарілих, досить обмежений як за кількістю найменувань випущених виробів, так і за обсягами їх виробництва.

Продукти харчування для людей похилого віку можна умовно розділити на дві групи:

- геродієтичні – для хворих і ослаблених людей похилого віку;
- геропрофілактичні – для осіб похилого віку, які не мають захворювань (рис. 1).

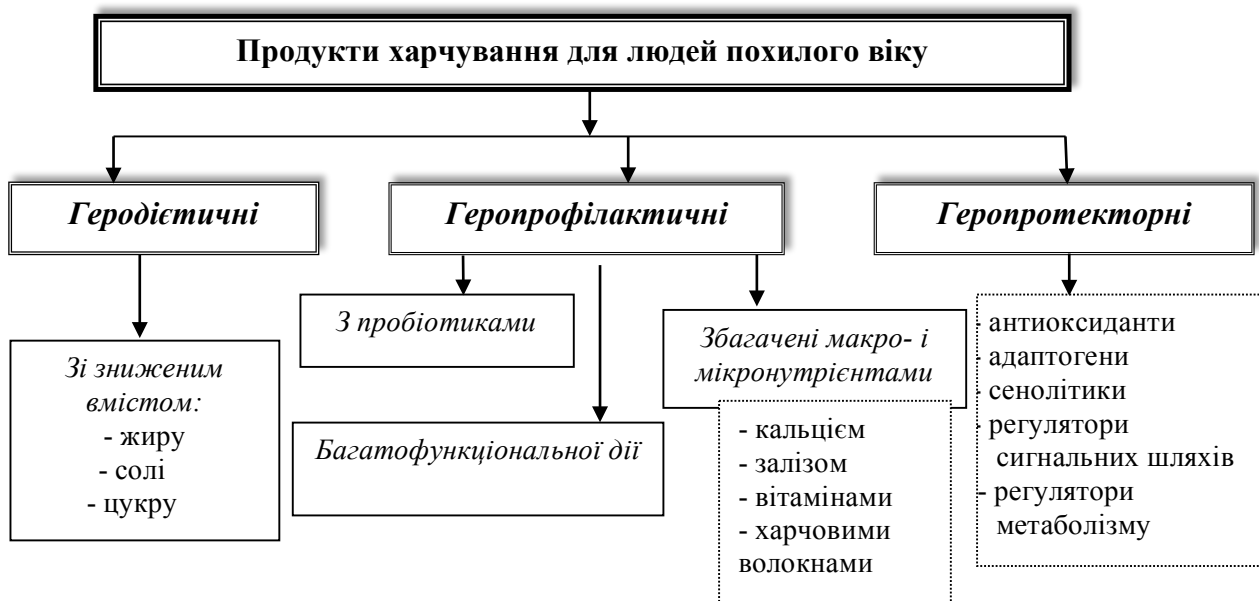


Рисунок 1 – Класифікація продуктів для осіб похилого віку

Сучасними напрямками у створенні продуктів нового покоління геродієтичного профілю є:

- ✓ розробка повністю збалансованих продуктів, найбільш повно і адекватно відповнює потреби організму людей похилого і преклонного віку;
- ✓ корекцію харчування за допомогою продуктів, збагачених одним або кількома поживними речовинами; створення харчових модулів (преміксів), що дозволяють скорегувати як одноразовий прийом їжі, так і денний раціон в цілому (ця група добавок, що містить збагачення раціону, дозволяє цілеспрямовано керувати синергетичними властивостями окремих компонентів продукту);

✓ збагачення продуктів біологічно активними компонентами, що посилюють або надають продукту певні властивості (направляючи широке поширення в економічно розвинутих країнах);

✓ розробку продуктів, способствующих профілактиці та лікуванню геріатричних хвороб.

Геропротектори – це ряд речовин, які володіють здатністю відновлювати репродуктивну функцію, перешкоджати аутоімунному запаленню організму, знижувати ймовірність виникнення онкологічних і серцево-судинних захворювань.

Геропротектори включають 5 основних груп:

- антиоксиданти,
- сенолітики,
- адаптогени,
- регулятори сигнальних шляхів,
- регулятори метаболізму [21].

Включення таких сполук геропротекторної дії в склад харчових продуктів дозволить створити геропротекторні продукти, використання яких дозволить збільшити довголіття людини.

Дослідивши масив науково-технічної та патентної інформації про використання овочевих добавок у виробництві посічених котлетних мас, необхідно відзначити наступне: овочева сировина, як традиційна (картопля, морква, цибуля, капуста білокачанна) [22], так і нетрадиційна (кабачки, цвітна капуста, гарбуз та ін.) [23], виявляє відмінні технологічні властивості у складі виробів з котлетної маси. Це дає стимул до вивчення технологічних характеристик інших нетрадиційних рослин, що дозволить значно розширити асортимент посічених виробів і повніше використовувати рослинні ресурси в харчуванні.

В даний час, незважаючи на кризовий стан української економіки, рибопродукти залишаються найважливішими компонентами раціону харчування основних груп населення. Особливу тривогу у споживачів викликає використання великої кількості харчових добавок при централізованому виробництві посічених виробів, які мають негативний вплив на здоров'я і знижують харчову та біологічну цінність цих продуктів. До того ж посічені вироби знаходяться на 1-му місці в списку продуктів – джерел генно-модифікованих організмів, що останнім часом стало причиною зниження споживчого попиту. Саме тому особливої актуальності набуває розробка нових технологій функціональних посічених рибних виробів геропротекторної дії.

Цінною рослинною сировиною, на наш погляд, є топінамбур, імбир і селера, які мають дуже високий кумулятивний індекс мінерних біологічно активних речовин (інуліну, біофлавоноїдів, індольних сполук, похідних кумарину, аскорбінової кислоти, токоферолів). Завдяки набору біологічно активних речовин всі вони володіють потужними геропротекторними властивостями: антисклеротичними (імбир, селера), пребіотичними (топінамбур), антиоксидантними (імбир, топінамбур), антиканцерогенними (імбир, топінамбур), кардіопротекторними (імбир, селера, топінамбур), активаторами процесу травлення (імбир, селера) [25].

Специфіка зберігання і механічної обробки всіх перерахованих рослин має деякі труднощі, тому використання їх в підприємствах ресторанного господарства дуже обмежена. У зв'язку з цим виникає необхідність промислової переробки топінамбура, імбиру і селери і виробництва напівфабрикатів, технології яких дозволяють максимально зберегти біологічно активні речовини. Крім того, імбир і селера здатні перебивати неприємний рибний запах і в той же час добре з ним гармоніюють. В основу досліджень покладено ідею створення пюреподібного напівфабрикату з топінамбура, імбиру і селери, який одночасно може виступати в котлетній масі як наповнювач і функціональний інгредієнт (геропротектор).

Мета статті – теоретичне обґрунтування і експериментальна розробка нового рослинного напівфабрикату «Геропротект» як функціонального наповнювача для геродієтичних рибних посічених виробів та визначення його геродієтичного потенціалу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Створений напівфабрикат на основі топінамбура має високі фізико-хімічні, структурно-механічні показники, характеризується харчовою цінністю та технологічними властивостями, що є важливим для виробництва

кулінарної продукції. Результати досліджень свідчать, що при загальній тенденції процесів, які відбуваються під час обробки бульбоплодів, властивості отриманих систем за деякими показниками відрізняються. Це було враховано під час створення рецептур напівфабрикату та технологічних рекомендацій щодо його виробництва та використання в технологіях посічених виробів. Технологічну схему отримання напівфабрикату «Геропротект» наведено на рис. 2.

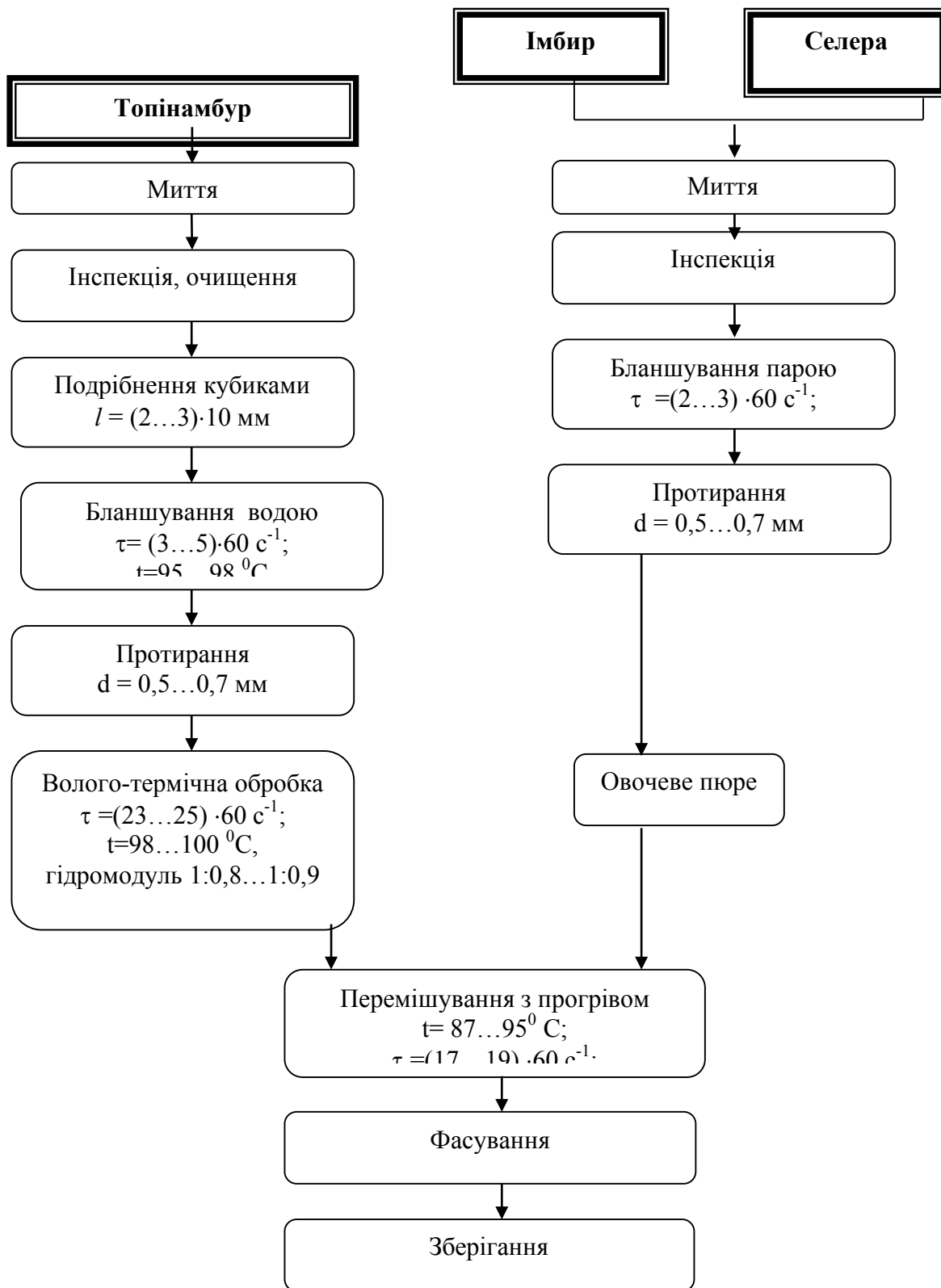


Рисунок 2 – Технологічна схема напівфабрикату «Геропротект»

Розробка рецептурного складу посічених рибних виробів з напівфабрикатом «Геропротект» здійснювалась в чотири етапи: вибір видів основної сировини, їх співвідношення; проведення технологічного моделювання, обговорення результатів; коректування первинної рецептури і запропонованої технології; апробація нової рецептури і технології в лабораторних умовах та на виробництві [26]. Для реалізації такого підходу були потрібні дослідження, які визначають вплив рослинної добавки на функціонально-технологічні [27], реологічні і споживчі властивості фаршів і їх кореляція з органолептичними показниками [28].

Норми витрати сировини для виробництва напівфабрикату приведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Норми витрати сировини для виробництва 100 кг напівфабрикату

Найменування сировини	Розрахункові норми закладки сировини, кг	Втрати та відходи, %		Норми витрати сировини на 100 кг готової продукції, кг
		При первинній обробці, бланшуванні протиранні	При змішуванні, фасуванні	
Топінамбур (бульби)	85,9	25	5	91,0
Селера (корінь)	9,5	0,2	0,02	9,72
Імбир (корінь)	4,6	0,4	0,36	5,36
Вихід	100	–	–	–

Було розраховано основні показники хімічного складу двох видів розроблених посічених виробів (битки рибні та котлети), як контроль обрано традиційні вироби з використанням хліба як наповнювача. Аналізуючи дані таблиці 2, можна відзначити, що заміна хлібного компонента на напівфабрикат «Геропротект» дозволяє отримати продукцію зниженої калорійності на фоні кардинальної зміни якісного вуглеводного складу. Досить великий розбіг між вмістом жиру в контрольних і дослідних зразках ми пояснюємо різною здатністю жиропоглинання хлібного компонента і напівфабрикату «Геропротект».

Таблиця 2 – Хімічний склад розробленої продукції

Найменування показників	Битки рибні		Котлети Геропротект	
	контроль	дослід	контроль	дослід
Сухі речовини, %	23,2	25,4	21,3	20,7
Білок, %	13,0	12,8	15,0	14,2
Жир, %	11,0	7,8	5,6	3,7
Вуглеводи, %				
- прості	1,6	сліди	1,3	сліди
- складні	13,6	11,0	14,2	12,5
Крохмаль, %	12,0	сліди	12,9	сліди
Зола, %	1,42	1,69	1,54	1,87
Енергетична цінність, ккал/100 г	211,4	165,4	172,4	140,1

Для комплексної оцінки геродієтичного потенціалу розробленої продукції біло проведено аналітичні дослідження щодо ступеню задоволення добової фізіологічної потреби (ДФП) організму людей похилого віку у захисних та геропротекторних компонентах. Для цього нами

запропоновано поділ харчових ресурсів на шість основних груп: до шостої групи віднесено продукцію з рівнем задоволення ДФП 101 % і вище, до п'ятої групи – 81-100 %, до четвертої – 51-80 %, третьої – 31-50 %, другої – 11-30 %, до першої – 1 -10%. Розрахункові дані представлено у таблиці 3.

Таблиця 3 – Геродієтичний потенціал розробленої продукції

Найменування сировини	Амінокислоти		Вітаміни						Мікроелементи			
	М+Ц*	Трп**	В ₁	В ₂	В ₃	В ₆	В ₉	В ₁₂	Se	J	Mn	Cu
Котлети рибні												
Геропротект	5	5	1	1	2	2	1	1	4	4	3	3
Контроль	3	3	1	1	1	2	-	-	2	2	1	2
Битки рибні парові												
Геропротект	4	3	1	2	1	3	2	2	3	3	2	2
Контроль	3	2	1	2	1	2	1	1	2	2	1	1

*метіонін+цистеїн **триптофан

Таким чином, геродієтичний потенціал виробів з напівфабрикатом «Геропротект» вищий за вмістом таких геропротекторів, як метіонін, цистеїн, триптофан, вітаміни В₉ та В₁₂, селен, йод, марганець та мідь.

Висновки. Науково обґрунтовано та розроблено принципову технологічну схему напівфабрикату «Геропротект», визначено раціональне співвідношення компонентів в напівфабрикаті (бульби топінамбура 85,9%, корінь селери 9,5%, корінь імбиру 4,6%). Проведено комплексну оцінку геродієтичного потенціалу розробленої продукції шляхом розрахунку ступеню задоволення добової фізіологічної потреби у геропротекторних компонентах. Визначено, що геродієтичний потенціал виробів з напівфабрикатом «Геропротект» вищий за вмістом таких геропротекторів, як метіонін, цистеїн, триптофан, вітаміни В₉ та В₁₂, селен, йод, марганець та мідь.

Список літератури

1. Moskalev A., Chernyagina E., Kudryavtseva A., Shaposhnikov M. Geroprotectors: A Unified Concept and Screening Approaches. *Aging and Disease*. 2017. Vol. 8(3). P. 354-363. <https://doi.org/10.14336/AD.2016.1022>.
2. Trendelenburg A. U., Scheuren A. C., Potter P., Müller R., Bellantuono I. Geroprotectors: a role in the treatment of frailty. *Mechanisms of Ageing and Development*. 2019. Vol. 180. P. 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.mad.2019.03.002>.
3. Verschuren P. M. Functional Foods: Scientific and Global Perspectives (Summary Report). *British Journal of Nutrition*. 2019. Vol. 88. № 2. P. 125-130. <https://doi.org/10.1079/bjn2002675>.
4. Roberfroid M. B. Global view on functional foods: European perspectives. *British Journal of Nutrition*. 2002. Vol. 88. № 2. P. 133-138. <https://doi.org/10.1079/bjn2002677>.
5. Milner J. A. Functional foods and health: a US perspective. *British Journal of Nutrition*. 2002. Vol. 88. № 2. P. 152-158. <https://doi.org/10.1079/BJN2002680>.
6. Simonova I. I., Peshuk L.V. Assessment of organoleptic and functional-technological indices of truncated semi-finished products. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*. 2019. Vol. 21(91). P. 143–148. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f9124>.
7. Sumczynski D., Bubelova Z., Sneyd J., Erb-Weber S., Mlcek J. Total phenolics, flavonoids, antioxidant activity, crude fibre and digestibility in nontraditional wheat flakes and muesli. *Food Chemistry*. 2014. Vol. 174. P. 319–325. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.065>.

8. Caparros Megido R., Alabi T., Nieuw C. Optimisation of a cheap and residential small-scale production of edible crickets with local by-products as an alternative protein-rich human food source in Ratanakiri Province. *Journal Science of Food and Agriculture*. 2019. Vol. 96 (2). P. 627–632. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7133>.
9. Pedraja R. Role of quality assurance in the food industry: new concepts. *Food Technology*. 2018. Vol. 42. №13. P. 92-93.
10. Young G. Future opportunities for functional foods. *Food Manufacture*. 2019. Vol. 70. № 10. P. 63-72.
11. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 20.04.2023).
12. Офіційний сайт Євростату. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title> (дата звернення: 21.04.2023).
13. Демографічна ситуація у світі. URL: http://one_vision.jofo.me/230643.htm (дата звернення: 20.04.2023).
14. Janssens G., Houtkooper R. H. Identification of longevity compounds with minimized probabilities of side effects. *Biogerontology*. 2020. Vol. 21 (6). <https://doi.org/10.1007/s10522-020-09887-7>.
15. Randulová Z., Tremlová B., Řezáčová-Lukášková Z., Pospiech M., Straka I. Determination of soya protein in model meat products using image analysis. *Czech Journal Food Science*. 2021. Vol. 29. P. 318–321. <https://doi.org/10.17221/167/2015-CJFS>.
15. Ziegler V., Ferreira C. D., Hoffmann J. F. et al. Effects of moisture and temperature during grain storage on the functional properties and isoflavone profile of soy protein concentrate. *Food Chemistry*. 2017. Vol. 242(1). P. 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.034>.
16. Zdjelar G., Nikolić Z., Vasiljević I., Bajić B., Jovičić D., Ignjatov M., Milošević D. Detection of genetically modified soya, maize, and rice in vegetarian and healthy food products in Serbia. *Czech Journal Food Science*. 2020. Vol. 31. P. 43–48. <https://doi.org/10.17221/105/2020-CJFS>.
17. Garbowska B., Radzymińska M., Jakubowska D. Influence of the origin on selected determinants of the quality of pork meat products. *Czech Journal Food Science*. 2019. Vol. 31. P. 547–552. <https://doi.org/10.17221/479/2019-CJFS>.
18. Souza P. M., Bittencourt M. L., Caprara C. C. A biotechnology perspective of fungal proteases. *Brazil Journal of Microbiology*. 2019. Vol. 46 (2). P. 337–346. <https://doi.org/10.1590/S1517-838246220140359>.
19. Sharma J. G., Kumar A., Saini D., Targay N. L., Khangembam B. K., Chakrabarti R. In vitro digestibility study of some plant protein sources as aquafeed for carps *Labeo rohita* and *Cyprinus carpio* using pH-Stat method. *Indian Journal of Experimental Biology*. 2018. Vol. 4 (9). P. 606–611. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28699726>.
20. Hezhen Shan, Lingling Geng, Xiaoyu Jiang, Moshi Song, Jianxun Wang, Zunpeng Liu, Xiao Zhuo, Zeming Wu, Jianli Hu, Zhejun Ji, Si Wang, Piu Chan, Jing Qu, Weiqi Zhang, Guang-Hui Liu. Large-scale chemical screen identifies Gallic acid as a geroprotector for human stem cells. *Protein & Cell*. 2022. Vol. 13. Iss. 7. P. 532–539. <https://doi.org/10.1007/s13238-021-00872-5>.
21. Dakik P., Rodriguez M. Enith Lozano, Junio J. Anne Baratang, Mitrofanova D., Medkour Y., Tafakori T., Taifour T., Lutchman V., Samson E., Arlia-Ciommo A., Rukundo B., Simard &, Titorenko V. I. et al. Discovery of fifteen new geroprotective plant extracts and identification of cellular processes they affect to prolong the chronological lifespan of budding yeast. *Oncotarget*. 2020. № 11. P. 2182-2203. URL: <https://www.oncotarget.com/article/27615/text/> (дата звернення: 20.04.2023).
22. Kharenko E. N., Belomyttseva E. S. Using Secondary Fish Raw Materials to Produce Gerodietic Food Products. *Life Sciences*. 2022. № 7 (1). P. 336–341. <https://doi.org/10.18502/cls.v7i1.10141>.
23. Berezina N., Artemov A., Nikitin I., Budnik A. The Method of Computer-Aided Design of a Bread Composition with Regard to Biomedical Requirements. *International Journal of Advanced*

Computer Science and Applications. 2019. № 10 (5).
<http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2019.0100517>.

24. Yang L., He Q. S., Corscadden K., Udenigwe C. C. The prospects of Jerusalem artichoke in functional food ingredients and bioenergy production. *Biotechnol. Rep. (Amst)*. 2019. Vol. 13. Iss. 5. P. 77-88. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.12.004>.

25. Regenstein J. M. Total utilization of fish. *Food Technology*. 2020. V. 58. № 3. P. 28-30. URL: https://www.researchgate.net/publication/281981120_Total_utilization_of_fish/references (дата звернення: 24.04.2023).

26. Slashcheva A., Nykyforov R., Perekrest E., Hutornyuk T., Kubashina A. Prospects of functional plant semi-products use in the technologies of meat and fish minced products. *Science and innovation of modern world*. Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. London, United Kingdom. 2022. P. 173-175. URL: <https://sci-conf.com.ua/ii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-science-and-innovation-of-modern-world-26-28-10-2022-london-velikobritaniya-arhiv/> (дата звернення: 24.04.2023).

27. Slashcheva A. V., Bodnaruk O. A., Zhushman A. O. Determination of optimal technological parameters of functional meat and fish minced semi-finished products. *Food production equipment and technologies*. 2022. Vol. 2 (45). P. 5-13. <https://doi.org/10.33274/2079-4827-2022-45-2-5-13>.

28. Slashcheva Alina, Zhushman Anastasia, Mysnyk Jana. Organoleptic parameters of the semi-finished product as a functional filler for minced products. *European scientific congress*. Proceedings of the 3rd International scientific and practical conference. Barca Academy Publishing, Madrid, Spain. 2023. P. 10-13. URL: <https://sci-conf.com.ua/iii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-european-scientific-congress-17-19-04-2023-madrid-ispaniya-arhiv/> (дата звернення: 24.04.2023).

References

1. Moskalev, A.; Chernyagina, E.; Kudryavtseva, A.; Shaposhnikov, M. (2017). Geroprotectors: A Unified Concept and Screening Approaches, *Aging and Disease*, 8(3), p. 354-363. <https://doi.org/10.14336/AD.2016.1022>.

2. Trendelenburg, A. U.; Scheuren, A. C.; Potter, P.; Müller, R.; Bellantuono, I. (2019). Geroprotectors: a role in the treatment of frailty, *Mechanisms of Ageing and Development*, 180, p. 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.mad.2019.03.002>.

3. Verschuren, P. M. (2019). Functional Foods: Scientific and Global Perspectives (Summary Report), *British Journal of Nutrition*, 88 (2), p. 125-130. <https://doi.org/10.1079/bjn2002675>.

4. Roberfroid, M. B. (2002). Global view on functional foods: European perspectives, *British Journal of Nutrition*, 88 (2), p. 133-138. <https://doi.org/10.1079/bjn2002677>.

5. Milner, J. A. (2002). Functional foods and health: a US perspective. *British Journal of Nutrition*, 88 (2), p. 152-158. <https://doi.org/10.1079/BJN2002680>.

6. Simonova, I. I.; Peshuk, L.V. (2019). Assessment of organoleptic and functional-technological indices of truncated semi-finished products, *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 21(91), p. 143-148. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f9124>.

7. Sumczynski, D.; Bubelova, Z.; Sneyd, J.; Erb-Weber, S.; Mlcek, J. (2014). Total phenolics, flavonoids, antioxidant activity, crude fibre and digestibility in nontraditional wheat flakes and muesli, *Food Chemistry*, 174, p. 319-325. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.065>.

8. Caparros Megido, R.; Alabi, T.; Nieuw, C. (2019). Optimisation of a cheap and residential small-scale production of edible crickets with local by-products as an alternative protein-rich human food source in Ratanakiri Province, *Journal Science of Food and Agriculture*, 96 (2), p. 627-632. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7133>.

9. Pedraja, R. (2018). Role of quality assurance in the food industry: new concepts, *Food Technology*, 42 (13), p. 92-93.

10. Young, G. (2019). Future opportunities for functional foods, *Food Manufacture*, 70 (10), p. 63-72.
11. Official website of the State Statistics Service of Ukraine. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (date of application: 20.04.2023).
12. Official website of Eurostat. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title> (date of application: 21.04.2023).
13. Demographic situation in the world. URL: http://one_vision.jifo.me/230643.htm (date of application: 20.04.2023).
14. Janssens, G.; Houtkooper, R. H. (2020). Identification of longevity compounds with minimized probabilities of side effects, *Biogerontology*, 21 (6). <https://doi.org/10.1007/s10522-020-09887-7>.
15. Randulová, Z.; Tremlová, B.; Řezáčová-Lukášková, Z.; Pospiech, M.; Straka, I. (2021). Determination of soya protein in model meat products using image analysis, *Czech Journal Food Science*, 29, p. 318–321. <https://doi.org/10.17221/167/2015-CJFS>.
15. Ziegler, V.; Ferreira, C. D.; Hoffmann, J. F. et al. (2017). Effects of moisture and temperature during grain storage on the functional properties and isoflavone profile of soy protein concentrate, *Food Chemistry*, 242(1), p. 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.034>.
16. Zdjelar, G.; Nikolić, Z.; Vasiljević, I.; Bajić, B.; Jovičić, D.; Ignjatov, M.; Milošević, D. (2020). Detection of genetically modified soya, maize, and rice in vegetarian and healthy food products in Serbia, *Czech Journal Food Science*, 31, p. 43–48. <https://doi.org/10.17221/105/2020-CJFS>.
17. Garbowska, B.; Radzymińska, M.; Jakubowska, D. (2019). Influence of the origin on selected determinants of the quality of pork meat products, *Czech Journal Food Science*, 31, p. 547–552. <https://doi.org/10.17221/479/2019-CJFS>.
18. Souza, P. M.; Bittencourt, M. L.; Caprara, C. C. (2019). A biotechnology perspective of fungal proteases, *Brazil Journal of Microbiology*, 46 (2), p. 337–346. <https://doi.org/10.1590/S1517-838246220140359>.
19. Sharma, J. G.; Kumar, A.; Saini, D.; Targay, N. L.; Khangembam, B. K.; Chakrabarti, R. (2018). In vitro digestibility study of some plant protein sources as aquafeed for carps *Labeo rohita* and *Cyprinus carpio* using pH-Stat method, *Indian Journal of Experimental Biology*, 4 (9), p. 606–611. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28699726>.
20. Hezhen, Shan; Lingling, Geng; Xiaoyu, Jiang; Moshi, Song; Jianxun, Wang; Zunpeng, Liu; Xiao, Zhuo; Zeming, Wu; Jianli, Hu; Zhejun, Ji; Si, Wang; Piu, Chan; Jing, Qu; Weiqi, Zhang; Guang-Hui, Liu. (2022). Large-scale chemical screen identifies Gallic acid as a geroprotector for human stem cells, *Protein & Cell*, 13 (7), p. 532–539. <https://doi.org/10.1007/s13238-021-00872-5>.
21. Dakik, P.; Rodriguez, M.; Enith, Lozano; Junio J. Anne, Baratang; Mitrofanova, D.; Medkour, Y.; Tafakori, T.; Taifour, T.; Lutchman, V.; Samson, E.; Arlia-Ciommo, A.; Rukundo B. Simard; Titorenko, V. I. et al. (2020). Discovery of fifteen new geroprotective plant extracts and identification of cellular processes they affect to prolong the chronological lifespan of budding yeast, *Oncotarget*, 11, p. 2182-2203. URL: <https://www.oncotarget.com/article/27615/text/> (date of application: 20.04.2023).
22. Kharenko, E. N.; Belomyttseva, E. S. (2022). Using Secondary Fish Raw Materials to Produce Gerodietic Food Products, *Life Sciences*, 7 (1), p. 336–341. <https://doi.org/10.18502/kls.v7i1.10141>.
23. Berezina, N.; Artemov, A.; Nikitin, I.; Budnik, A. (2019). The Method of Computer-Aided Design of a Bread Composition with Regard to Biomedical Requirements, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10 (5). <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2019.0100517>.
24. Yang, L.; He, Q. S.; Corscadden, K.; Udenigwe, C. C. (2019). The prospects of Jerusalem artichoke in functional food ingredients and bioenergy production, *Biotechnol. Rep. (Amst)*, 13 (5), p. 77-88. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.12.004>.

25. Regenstein, J. M. (2020). Total utilization of fish. *Food Technology*, 58 (3), p. 28-30. URL: https://www.researchgate.net/publication/281981120_Total_utilization_of_fish/references (date of application: 24.04.2023).

26. Slashcheva, A.; Nykyforov, R.; Perekrest, E.; Hutornyuk, T.; Kubashina A. (2022). Prospects of functional plant semi-products usage in the technologies of meat and fish minced products, *Science and innovation of modern world: proceedings of the 2nd International scientific and practical conference*, Cognum Publishing House, London, United Kingdom, p. 173-175. URL: <https://sci-conf.com.ua/ii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-science-and-innovation-of-modern-world-26-28-10-2022-london-velikobritaniya-arhiv/> (date of application: 24.04.2023).

27. Slashcheva, A. V.; Bodnaruk, O. A.; Zhushman, A. O. (2022). Determination of optimal technological parameters of functional meat and fish minced semi-finished products, *Food production equipment and technologies*, 2 (45), p. 5-13. <https://doi.org/10.33274/2079-4827-2022-45-2-5-13>.

28. Slashcheva, A.; Zhushman, A.; Mysnyk, Ja. (2023). Organoleptic parameters of the semi-finished product as a functional filler for minced products, *European scientific congress: Proceedings of the 3rd International scientific and practical conference*, Barca Academy Publishing, Madrid, Spain, p. 10-13. URL: <https://sci-conf.com.ua/iii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-european-scientific-congress-17-19-04-2023-madrid-ispaniya-arhiv/> (date of application: 24.04.2023).

Objective is theoretical substantiation and experimental development of a new vegetable semi-finished product "Heroprotect" as a functional filler for herodietic fish minced products and determination of its herodietic potential.

Methods. Generally accepted, standard research methods were used in the work, which ensured the fulfillment of the assigned task. The purpose and essence of the research methods are as follows: methods of chemical composition research (calculation), methods of research of physico-chemical indicators. For a comprehensive evaluation of the herodietic potential of the developed products, analytical studies were conducted on the degree of satisfaction of the daily physiological needs of the human body. Samples were collected and prepared for the study according to DSTU ISO 6498:2006. Determination of the mass fraction of moisture in flour was carried out by the method of accelerated drying in a CEIII-1 drying cabinet. The energy value of products was determined by the calculation method based on Atwater's coefficients. Practical development of the recipe and technology was carried out in the conditions of the technological laboratory of DonNUET.

Results. The relevance and ways of developing herodiet food products have been determined. The principle technological scheme of the vegetable semi-finished product "Heroprotect" has been developed and substantiated. It was determined that the replacement of the bread component with the semi-finished product "Heroprotect" allows to obtain products with a reduced calorie content against the background of a radical change in the high-quality carbohydrate composition. A comprehensive assessment of the herodietic potential of the developed products was carried out by calculating the degree of satisfaction of the daily physiological need for geroprotective components. It was determined that the herodietic potential of products with semi-finished product "Heroprotect" is higher due to the content of such geroprotectors as methionine, cysteine, tryptophan, vitamins B₉ and B₁₂, selenium, iodine, manganese and copper.

Key words: herodietic products, vegetable semi-finished product, fish cut products, herodietic potential.

Сімакова О. О., канд. техн. наук, доцент¹

Горайнова Ю. А., канд. техн. наук,
доцент¹

Никифоров Р. П., канд. техн. наук,
доцент¹

Філіппова О. Ю., асистент¹

Зайцева А. В., здобувач ОС магістра¹

¹ Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: simakova@donnuet.edu.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ГОРОБИНИ ЗВИЧАЙНОЇ ЯК ПОТЕНЦІЙНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

UDC 664.8:543.42

Simakova O. O., PhD in Engineering sciences,
Associate Professor¹

Goriainova Yu. A., PhD in Engineering
sciences, Associate Professor¹

Nykyforov R. P., PhD in Engineering
sciences, Associate Professor¹

Filippova O. Yu., Assistant¹

Zaitseva A. V., a graduate of a master's degree¹

¹ Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (Kryvyi Rih, Ukraine), e-mail: simakova@donnuet.edu.ua

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF USING MOUNTAIN ASH AS A POTENTIAL RAW MATERIAL FOR FOOD PRODUCTION

Мета – дослідження можливості використання горобини звичайної в якості потенційної сировини для виробництва харчової продукції.

Методи. Хімічний аналіз на загальний вміст фенольних речовин у плодах горобини проведений об'ємним методом, в основі якого лежить принцип окислення фенолів перманганатом калію в присутності індігокарміну. Наявність речовин фенольного характеру у складі плодів дослідженої рослини проводилося методом ІЧ-спектроскопії. Наявність структур поліфенольної природи в спиртовому екстракті плодів проводилося методом УФ-спектроскопії. Вивчення антиоксидантної дії плодів проводили прискореним методом з використанням стандартної методики, заснованої на вимірюванні значення перекисного числа – умовної одиниці, еквівалентної кількості йоду, який вивільнюється з проби з йодидом калію, з обумовленої одиниці маси олії перекисними сполуками, які утворюються в ній при окисненні киснем повітря. Більш інформативним показником активності антиоксиданту є така величина як прирощення перекисного числа в одиницю часу в процесі окислення (δ ПЧ), яке дорівнює різниці перекисних чисел окисленого та неокисленого зразків олії.

Результати. Проведений хімічний аналіз на загальний вміст фенольних речовин у плодах горобини показав вміст фенольних речовин у субстраті 1950 мг / 100 г, що виводить ці плоди на одне з перших місць за вмістом Р-вітамінних речовин. Вони поступаються лише горобині

чорноплідній, у якій кількість Р-вітамінних сполук іноді досягає 5000 мг / 100 г. Наявність речовин фенольного характеру у складі плодів дослідженої рослини підтверджується методом ІЧ-спектроскопії. УФ-спектри розведеного спиртового екстракту плодів також підтверджують наявність в них структур поліфенольної природи. Вони вміщують багато характеристичних смуг завдяки складній структурі різноманітних сполук, що входять до їх складу. Експериментально встановлено, що плоди горобини звичайної (червоноплідної) мають достатньо потужний комплекс поліфенольних речовин, які надають їм високих антиокислювальних властивостей. Це робить рослину перспективною сировиною, яку можливо використовувати в якості добавок до жирів та олій, а також різних жировміщуючих продуктів з метою збереження їх якості та харчової цінності протягом довгих строків.

Ключові слова: горобина звичайна, фенольні речовини, антиоксиданти, екстракт, олія, спектри.

Постановка проблеми. Натуральні харчові продукти рослинного походження, які ми споживаємо щоденно – один з елементів здорового харчування. Рослини та рослинні продукти надійно займають найважливіше місце у вірно збалансованому харчуванні людини. Рослини, які використовуються у харчуванні, вміщують різноманітний набір вітамінів, вуглеводи, що легко засвоюються, білки, ферменти, амінокислоти, жири, мінеральні, ароматичні та інші цінні компоненти, які виконують важливу роль у процесах обміну речовин в організмі. Вони підвищують спроможність до засвоєння білково-вуглеводної їжі, сприяють нормалізації діяльності органів травлення. Ароматичні речовини значно поліпшують смак їжі, підвищують апетит та благотійно впливають на процеси травлення [1].

Споживання рослинної їжі в достатній кількості сприяє нормалізації обміну речовин, попередженню зростання ваги тіла, відіграє важливу роль в профілактиці та лікуванні серцево-судинних захворювань, порушень сольового обміну і т. ін. Багато фруктів, плодів та овочів людина споживає як продукти харчування з глибокого минулого. В них, окрім харчових, вміщуються речовини не зовсім ще вивчені, але які мають лікувальне та профілактичне значення. Багато так званих хвороб цивілізації пов'язані з нестачею у харчуванні сучасної людини саме рослинних продуктів [2].

Суттєва роль у профілактиці недостатньої забезпеченості організму людини різними біогенними сполуками відводиться збагаченню раціону свіжими фруктами та овочами, але їх споживання має сезонний характер, що не дозволяє використовувати більшість з них протягом всього року.

Особлива роль у вирішенні проблеми рівномірного забезпечення населення овочами та фруктами належить перероблюючим галузям промисловості, але технологічні засоби, що використовуються у промисловості, відрізняються відносно жорсткими параметрами обробки, які приводять до руйнування частки вітамінів, органічних кислот та інших речовин [3]. До того ж, деякі з найцінніших за хімічним складом плодів практично зовсім не використовуються у цій галузі. Серед них особливої уваги заслуговують нетрадиційні рослини, які здавна використовуються практично тільки у вигляді лікарських препаратів, і зовсім немає досвіду у споживанні їх як повноцінної, багатой різноманітними харчовими та біологічно активними речовинами сировини.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Зараз процеси, які здійснюються в національній економіці України, роблять дуже важливою проблему забезпечення населення країни продуктами харчування, які мають підвищену якість та харчову і біологічну цінність. Вирішення цієї проблеми упритул залежить від розширення сировинного ринку, використання нових видів сировини, переважно місцевої та частіш за всього нетрадиційної. При цьому можливо виробництво зовсім нових видів продукції з підвищеною харчовою та біологічною цінністю, збагачених вітамінами, мінеральними речовинами, білком, харчовими волокнами, антиоксидантами та іншими цінними компонентами харчування. Багато з цих компонентів

виконують лікувально-профілактичні функції – виводять важкі метали та радіонукліди з організму, підвищують його резистентність в умовах високого антропогенного навантаження [3-7].

В якості джерела нетрадиційної сировини особливу увагу привертає рослина, широко розповсюджена по всій території України – горобина звичайна або червоноплідна. Це дерево заввишки 15 м родини трояндових, плоди мають діаметр до 10 мм, соковиті, оранжево-червоні. Вони досягають повної стиглості у вересні.

В харчовій промисловості ця рослина майже не використовується в якості сировини, хоч у медичній практиці вона поширена як сировина для полівітамінного чаю для лікування авітамінозів, особливо авітамінозу С. Досить часто використовується полівітамінний чай, який складається з плодів горобини та шипшини у співвідношенні 1:1 [8].

Червоноплода горобина – улюблена лікарська рослина у народній медицині – її плоди використовують в якості сечогінного, кровоспинного, послаблювального засобу. Горобину, як лікувальний засіб, широко використовували в офіційній та народній медицині країн Заходу. В Польщі плоди горобини використовували при захворюваннях нирок, сечового та жовчного міхурів, цукровому діабеті, в Угорщині – при дизентерії, в Норвегії – як засіб, що допомагає заживленню ран [9].

Мета статті – дослідження можливості використання горобини звичайної в якості потенційної сировини для виробництва харчової продукції.

Виклад основного матеріалу дослідження. Хімічний склад цієї рослини досить детально вивчений, хоч і за традиційною схемою – знайдений вітамінний склад ягід, вміст у них мінеральних та основних харчових речовин. Вміст у плодах червоноплідної горобини основних речовин наведений у таблиці 1.

Таблиця 1 – Основний хімічний склад та енергетична цінність плодів горобини звичайної

№	Найменування показників	Масова частка, %
1	Вода	81,0
2	Білки	1,4
3	Вуглеводи, загальна кількість	12,5
4	Моно- і дісахаріди	8,5
5	Клітковина	3,2
6	Органічні кислоти	2,2
7	Зола	0,8
8	Енергетична цінність, ккал / 100 г	58,0
9	Енергетична цінність, кДж / 100 г	253,0

Завдяки тому, що плоди горобини здавна використовувалися в якості полівітамінного засобу, досить детально вивчений вітамінний склад сировини, який наведений в таблиці 2.

Таблиця 2 – Вітамінний склад плодів горобини звичайної (мг / 100 г)

Каротиноїди	Вітамін В ₁	Вітамін В ₂	Вітамін С	Вітамін РР
9,00	0,05	0,02	50-140	0,5

Як видно з таблиці 2, основну увагу привертає кількість у плодах вітаміну С та каротиноїдів, яка перевищує вміст цих біологічно активних речовин у багатьох овочах та фруктах. За вмістом вітаміну С рослина успішно конкурує зі смородиною, томатами, яблуками, а за вмістом каротиноїдів – з морквою та кращими гатунками гарбузу [3]. Проте в літературі немає відомостей про наявність у плодах горобини деяких речовин, які зараз привертають особливу увагу своєю біологічною активністю, завдяки яким сировина може вважатися дуже цінною при виготовленні функціональних харчових продуктів.

В рослинних організмах вміщується велика кількість речовин, які складають фізіологічну антиоксидантну систему. Першорядне значення серед них мають фенольні сполуки, до яких можна віднести циклічні спирти, у яких є ароматичне кільце з одною або кількома гідроксильними групами. Якщо бензольне кільце вміщує більш ніж одну гідроксигрупу, то такі сполуки відносять до поліфенолів. Відомо декілька тисяч фенолів, виділених з рослинної сировини, і найбільш велика група серед них – це флавоноїди, в молекулах яких бензольні кільця зв'язані між собою ланцюжком з трьох вуглецевих атомів. Залежно від будови цього містка та ступеню його окисленості можна нарахувати 10 груп флавоноїдів, 5 з яких – це безбарвні речовини, які мають відновлювальні властивості (катехіни, дигідрохалкони, флавоноли та ін.). Вони легко піддаються окисленню, під час якого набувають різного забарвлення. Так, катехіни чайного листа залежно від ступеню окислення набувають чорного, жовтого чи зеленого кольору. Останні 5 груп природних флавоноїдів – це забарвлені сполуки, які надають кольору листю, квітам та плодам. Найважливішою властивістю багатьох фенольних сполук є їх спроможність до зворотнього окислення, тобто до переходу з гідрокси- в оксиформу. Завдяки цьому переходові практично усі фенольні сполуки мають яскраво висловлену антиоксидантну активність [10].

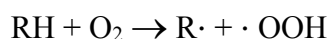
Нами проведений хімічний аналіз на загальний вміст фенольних речовин у плодах горобини об'ємним методом. В основі цього методу лежить принцип окислення фенолів перманганатом калію в присутності індігокарміну. Аналіз показав вміст фенольних речовин у субстраті 1950 мг / 100 г, що виводить ці плоди на одне з перших місць за вмістом Р-вітамінних речовин. Вони поступаються лише горобині чорноплідній, у якій кількість Р-вітамінних сполук іноді досягає 5000 мг / 100 г.

Наявність речовин фенольного характеру у складі плодів дослідженої рослини підтверджується також методом ІЧ-спектроскопії. В ІЧ-спектрі підсушених та подрібнених ягід спостерігається характерна інтенсивна розмита смуга поглинання з максимумом при 34885 см^{-1} , яка відповідає валентним коливанням одної чи кількох гідроксильних груп. Звичайно, вільна гідроксильна група поглинає в області 3630 см^{-1} , але ці групи дуже легко утворюють водневі зв'язки, що сильно змінює характер спектру. Якщо гідроксильна група приймає участь в утворенні водневого зв'язку, то частота її валентних коливань знижується іноді майже на 170 см^{-1} , а смуга поглинання сильно поширюється та стає більш інтенсивною. Те саме ми спостерігаємо – у знятому ІЧ-спектрі переважають міжмолекулярні водневі зв'язки, які й надають ІЧ спектру такого вигляду. Поряд із смугою поглинання, віднесеною до зв'язаної водневими зв'язками гідроксильної групи, при 2852 та 2951 см^{-1} спостерігаються дві чіткі, нерозмиті смуги з декілька меншою інтенсивністю, які можна віднести до валентних коливань СН-груп, зв'язаних як з ароматичними ядрами поліфенольних сполук, зокрема флавоноїдів, так і з аліфатичними фрагментами їх молекул – смуги з меншою частотою відносяться до СН-зв'язків ароматичних кілець, а з більшою – до СН-фрагментів аліфатичних ділянок молекули. В області 1712 см^{-1} у спектрі присутня чітка смуга дуже високої інтенсивності, яка повністю відповідає валентним коливанням карбонільних груп ($>\text{C}=\text{O}$) флавонового кільця. Поряд з ними можна спостерігати типове поглинання подвійних зв'язків молекул з максимумом при 1588 см^{-1} .

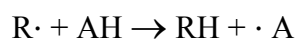
УФ-спектри розведеного спиртового екстракту плодів також підтверджують наявність в них структур поліфенольної природи. Вони вміщують багато характеристичних смуг завдяки складній структурі різноманітних сполук, що входять до їх складу. Спектри характеризуються наявністю цілої групи характеристичних смуг в діапазоні довжин хвиль $180\text{...}700\text{ нм}$. Перша смуга поглинання з максимумом при 213 нм має високу інтенсивність та відповідає збудженню неподілених електронних пар атому кисню карбонільної групи, яка не зв'язана з ароматичним ядром ($n\rightarrow\sigma^*$ перехід) та скоріш за всього не має відношення до сполук фенольної природи. До неї належить також слабка дуже розмита смуга в області 230 нм , яка

відповідає $n \rightarrow \pi^*$ переходу електронів карбонільного кисню. Досить інтенсивну смугу поглинання в області 274 нм та трохи менш інтенсивну при 325 нм можна пояснити збудженням тих же самих електронних пар атому кисню карбонільної групи, але зв'язаної потужним хромофором з ароматичним кільцем, що саме характерно для молекул флавоноїдів. Але крім поглинання, яке підтверджує наявність у плодах досить великої кількості біофлавоноїдів, в УФ-спектрі спостерігаються ще дві інтенсивні смуги з максимумами при 454 та 479 нм, які належать до $\pi \rightarrow \pi^*$ переходів електронів хромофору каротиноїдів, який складається з довгого ланцюгу одинарних та подвійних зв'язків, які чергуються та обумовлюють яскраве забарвлення сполук. Це й не дивно, тому що, як свідчать літературні дані, вміст каротиноїдів у плодах досить високий.

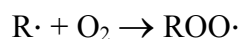
Поліфенольні речовини рослинних продуктів вміщують у своїй структурі декілька гідроксильних груп з рухомим атомом водню. Це робить їх потенційними антиоксидантами, тому що антиоксидантна дія речовин пов'язана з наявністю в їх складі рухомого атому водню або функціональних активних угруповань, що активно реагують з молекулярним киснем. Основною функцією інгібіторів окислення є обривання радикальних ланцюгів, припинення утворення нового вільного вуглеводневого радикалу в молекулах, який виникає за схемою:



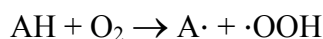
Цей радикал насичується за допомогою атому водню антиоксиданта по реакції:



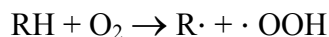
Отже, антиоксиданти різко знижують можливість утворення вільних перекисних радикалів:



Як видно з цих схем, антиоксиданти оказують гальмуючу дію за рахунок наявності в них достатньо гекорухомого активного водню. Якщо водень недостатньо реакційноздібний, то реакція відбувається за схемою:



та протікає більш легко, ніж реакція за даною схемою:



Чим легше утворюються вільні вуглеводневі радикали, тим менш вони активні. Тому вільний вуглеводневий радикал $A\cdot$, що утворюється з антиоксиданту, не повинен бути спроможним реагувати з молекулярним киснем з утворенням перекисних радикалів. В зв'язку з цим окислення субстрату RH не здійснюється, а концентрація радикалів $A\cdot$ постійно зростає, доки не стане можливим часте їх зіткнення та рекомбінація.

Наведені інтерпретаційні схеми дозволили цілеспрямовано здійснювати пошук речовин-антиоксидантів серед продуктів природного походження. До цих сполук безумовно можна віднести й поліфенольні структури, що мають в ароматичному кільці більш ніж одну гідроксильну групу. Найважливіша їх властивість – спроможність до зворотнього окислення у хінон (3). Хінони – це окислені форми багатьох фенолів, які виникають при віддаванні фенолом (1) двох електронів та двох ядер водню (протонів). Окислення у хінон проходить ступінчасто шляхом віддавання двох електронів одного за одним (рис. 1).

При цьому утворюється проміжне нестійке сполучення – радикал семіхінону (2). Після віддавання другого електрону та протону (другого атому водню) зазнає перебудову система подвійних зв'язків в бензольному ядрі, а на місці гідроксильних груп виникають карбонільні. Такі хінони на відміну від відновлених фенолів дуже легко приєднують атоми водню і при наявності їх знов перетворюються на відповідні феноли через проміжну семіхінонну форму.

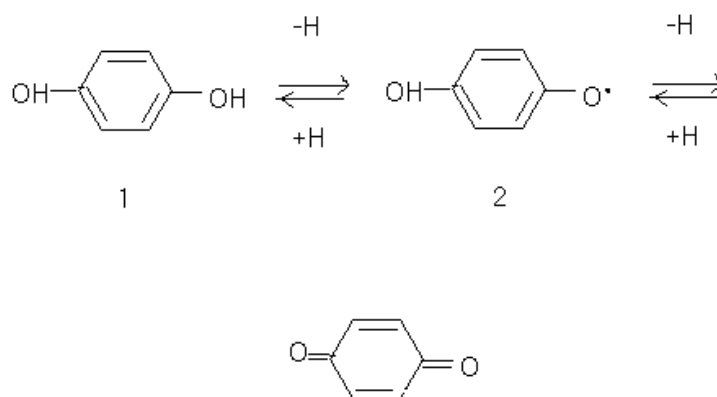


Рисунок 1 – Спроможність фенольних сполук до зворотнього окислення у хінон
(1 – фенол, 2 – радикал семіхінону, 3 – хінон)

З наведених вище схем можна побачити, що молекула фенольного інгібітору, що нейтралізує та інактивує вільний радикал, який бере участь в окислювальній реакції, сама перетворюється в радикал інгібітору – семіхінонний. Проте, коли на відміну від одного радикалу виникає інший, суть справи не повинна змінюватися. Реальний антиоксидантний ефект спостерігається лише у тому випадку, коли знов утворений радикал інгібітору несе малу енергію, відносно нестабільний та не продовжує ланцюг окислювальних процесів. Саме таким і є семіхінонні радикали фенольних інгібіторів. Це порівняно довгоживучи та малоактивні радикали. Утворення кожного з них при використанні фенольних інгібіторів означає обривання одного з ланцюгів вільнорадикального окислення і загальне уповільнення процесу окислення. І коли фенольний інгібітор з самого початку присутній у субстраті, який потребує захисту від окислення, бажаного ефекту можна досягти всього лише використанням 0,01...0,02 % добавки.

Оскільки як флавоноїди, так і дубільні речовини, а також інші представники фенольних сполук мають усі властивості для виявлення ними антиоксидантної активності, вирішено кількісно оцінити їх антиоксидантну дію в досліджуваній сировині. Вивчення антиоксидантної дії плодів проводили прискореним методом з використанням стандартної методики, заснованої на вимірюванні значення перекисного числа – умовної одиниці, еквівалентній кількості йоду, який вивільнюється з проби з йодидом калію з обумовленої одиниці маси олії перекисними сполуками, які утворюються в ній при окисленні киснем повітря. Більш інформативним показником активності антиоксиданту є така величина як прирощення перекисного числа в одиницю часу в процесі окислення (δ ПЧ), яке дорівнює різниці перекисних чисел окисленого та неокисленого зразків олії.

Для скринінгу нових антиоксидантів використовували концентрації їх 0,05...0,1 % добавки, які вносяться у реакційну суміш. Концентрації, які менші ніж 0,05 %, не виказують антиоксидантної активності. Концентрації, які перевищують 0,1 %, викликають прооксидантний ефект [4].

Тому, враховуючи методики дослідження нових антиоксидантних засобів, проводилися дослідження плодів у процесі окислення соняшникової олії саме з використанням концентрації їх у вигляді порошку (тонко подрібнених сухих ягід) 0,05...0,1 %. Дані з вивчення антиоксидантної дії плодів горобини наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 - Вплив плодів горобини на процес окислення соняшникової олії (час окислення – 5 год., температура окислення – 150 °С, ПЧ неокисленої олії – 0,069)

№	Концентрація добавки, %	Перекисне число (ПЧ), ммоль ½ О / кг	Прирощення ПЧ в одиницю часу, моль ½ О / кг	Коефіцієнт антиоксидантної дії, D, %
1	-	0,335	0,053	-
2	0,1	0,091	0,004	92,4
3	0,05	0,078	0,002	96,2

Як свідчать експериментальні дані, наведені в таблиці 3, плоди горобини мають потужний комплекс речовин поліфенольної природи, які надають їм високих антиокислювальних властивостей.

Висновки. Експериментально встановлено, що плоди горобини звичайної (червоноплідної) мають достатньо потужний комплекс поліфенольних речовин, які надають їм високих антиокислювальних властивостей. Це робить рослину перспективною сировиною, яку можливо використовувати в якості добавок до жирів та олій, а також різних жировміщуючих продуктів з метою збереження їх якості та харчової цінності протягом довгих строків.

Список літератури

1. Баланси та споживання основних продуктів харчування населенням України. Київ: Консультант, 2016. 54 с.
2. Сімакова О. О. Перспективи використання амаранту багряного в технології виробів із дріжджового тіста. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2021. Вип. 1 (42). С. 26–32. <https://doi.org/10.33274/2079-4827-2021-42-1-26-32>.
3. Levenspiel O. Chemical reaction engineering. New York: USA. 2016. 450 p.
4. Simakova O., Korenets Yu., Yudina T., Nazarenko I., Goriainova Iu. Examining a possibility of using purple amaranth in the technology for products made of yeast dough. *Eastern European Journal of Enterprise technologies: Technology and equipment of food production*. 2018. Vol. 2, №11 (92). P. 57–64. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127173>.
5. Сімакова О. О., Горяйнова Ю. А., Пусікова О. А., Василевська А. О. Дослідження можливості використання добавок амаранту багряного в технології хлібобулочних виробів. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2022. Вип. 1 (44) С. 14–20. <https://doi.org/10.33274/2079-4827-2022-44-1-14-20>.
6. Павлюк Р. Ю. та ін. Активація рослинних біологічно активних речовин фізичними методами: монографія. Харків, ХДУХТ, 2010. 157 с.
7. Сімакова О. О., Никифоров Р. П. Розробка новітніх технологій виробів з борошна з заданими властивостями: монографія. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2018. 146 с.
8. Mykhaylov V., Samokhvalova O., Kucheruk Z., Kasabova K., Simakova O., Goriainova Iu., Rogovaya A., Choni I. Influence of microbial polysaccharides on the formation of structure of protein-free and gluten-free flour-based products. *Eastern European Journal of Enterprise technologies: Technology and equipment of food production*. 2019. Vol. 6, № 11 (102). P. 23–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184464>.
9. Корзун В. Н., Тихоненко Ю. С. Функціональні продукти і їх роль у харчуванні людини. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2010. Вип. 38(2). С. 173–178.
10. Jing Peng, Juming Tang. Thermal pasteurization of vegetables: critical. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2015. Vol. 10. P. 430–440.

References

1. Statistical collection (2016). *Balansy ta spozhyvannya osnovnykh produktiv kharchuvannya naseleennyam Ukrayiny* [Balances and consumption of basic foodstuffs by the population of Ukraine], Kyiv: Konsultant [Kyiv: Konsultant], 54.
2. Simakova, O. O. (2021). *Perspektyvy vykorystannya amarantu bahryanoho v tekhnolohiyi vyrobiv iz drizhdzhovoho tista* [Prospects for the use of purple amaranth in the technology of yeast dough products]. *Obladnannya ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv* [Food production equipment and technologies], 1 (42), p. 26–32. <https://doi.org/10.33274/2079-4827-2021-42-1-26-32>.
3. Levenspiel, O. (2016). *Inzheneriya khimichnykh reaktsiy* [Chemical reaction engineering]. New York: USA. 450 p.
4. Simakova, O., Korenets, Yu., Yudina, T., Nazarenko, I., Goriainova, Iu. (2018). Examining a possibility of using purple amaranth in the technology for products made of yeast dough. *Eastern European Journal of Enterprise technologies: Technology and equipment of food production*, vol. 2, no. 11 (92), pp. 57–64. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127173>.
5. Simakova, O. O., Horiainova, Yu. A., Pusikova, O. A., Vasylevska, A. O. (2022). *Doslidzhennia mozlyvosti vykorystannia dobavok amarantu bahrianoho v tekhnolohii khlibobulochnykh vyrobiv* [Investigation of the possibility of using amaranth supplements in the technology of bakery products]. *Obladnannya ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv* [Food production equipment and technologies], 1 (44), pp. 14–20. <https://doi.org/10.33274/2079-4827-2022-44-1-14-20>.
6. Pavliuk, R. Yu. (2010). *Aktyvatsiya roslynnykh biolohichno aktyvnykh rehovyn fizychnymy metodamy* [Activation of plant biologically active substances by physical methods]: monohrafiya, Kharkiv [Kharkiv], 157 p.
7. Simakova, O. O., Nykyforov, R. P. (2018). *Rozrobka novitnikh tekhnolohii vyrobiv z boroshna s zadanymy vlastyvostiamy* [Development of the newest technologies of products from flour with the set properties], Kryvyi Rih, DonNUET Publ., 146 p.
8. Mykhaylov, V., Samokhvalova, O., Kucheruk, Z., Kasabova, K., Simakova, O., Goriainova, Iu., Rogovaya, A., Choni, I. (2019). Influence of microbial polysaccharides on the formation of structure of protein-free and gluten-free flour-based products, *Eastern European Journal of Enterprise technologies: Technology and equipment of food production*, vol. 6, no. 11 (102). p. 23–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184464>.
9. Korzun, V. N., Tykhonenko, Yu. S. (2010). *Funktsionalni produkty i yikh rol u kharchuvanni liudyny* [Functional products and their role in human nutrition]. *Naukovi pratsi Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnolohii* [Scientific Works of Odessa National Academy of Food Technologies], 38(2), p. 173–178.
10. Jing, P., Juming, T. (2015). Thermal pasteurization of vegetables: critical, *Critical reviews in food science and nutrition*, 10, p. 430–440.

Objective – investigation of the possibility of using mountain ash as a potential raw material for food production.

Methods. Chemical analysis for the total content of phenolic substances in Mountain Ash fruits was carried out by a volumetric method, which is based on the principle of oxidation of phenols by potassium permanganate in the presence of indigocarmine. The presence of phenolic substances in the fruit composition of the studied plant was carried out by IR spectroscopy. The presence of polyphenolic structures in the alcohol extract of fruits was carried out by UV spectroscopy. The study of the antioxidant effect of fruits was carried out by an accelerated method using a standard method based on measuring the value of the peroxide number – a conventional unit equivalent to the amount of iodine that is released from a sample with potassium iodide, from a specified unit of mass of oil by peroxide compounds that are formed in it during oxidation with air oxygen. A more informative indicator of antioxidant activity is such a value as the increment of the peroxide number per unit time

during the oxidation process (if), which is equal to the difference in the peroxide numbers of oxidized and non-oxidized oil samples.

Results. *The chemical analysis for the total content of phenolic substances in Mountain Ash fruits showed the content of phenolic substances in the substrate of 1950 mg / 100 g, which brings these fruits to one of the first places in terms of the content of P-vitamin substances. They are second only to Mountain Ash, in which the amount of P-Vitamin Compounds sometimes reaches 5000 mg / 100 g. the presence of phenolic substances in the fruit of the studied plant is confirmed by IR spectroscopy. UV spectra of the diluted alcohol extract of fruits also confirm the presence of polyphenolic structures in them. They contain many characteristic bands due to the complex structure of the various compounds that make up their composition. It has been experimentally established that the fruits of Mountain Ash (red-fruited) have a fairly powerful complex of polyphenolic substances that give them high antioxidant properties. This makes the plant a promising raw material that can be used as additives to fats and oils, as well as various fat-containing products in order to preserve their quality and nutritional value for a long time.*

Keywords: *Mountain Ash, phenolic substances, antioxidants, extract, oil, Spectra.*

ХІМІЧНІ, ФІЗИЧНІ, МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

DOI : 10.33274/2079-4827-2023-46-1-26-33

УДК 001.8:641.5.002

*Янушкевич О. І., здобувач ступеня доктор
філософії*

Гринченко Н. Г., д-р. техн. наук, професор

Державний біотехнологічний університет (м. Харків, Україна), e-mail:
yanushkevich.scince@gmail.com, tatagrין1201@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА В'ЯЗКІСТЬ ОКЛЕЙСТЕРИЗОВАНИХ ДИСПЕРСІЙ НАТИВНИХ ТА МОДИФІКОВАНИХ КРОХМАЛІВ

UDC 001.8:641.5.002

Ianushkevich O. I., Candidate for the PhD

*Grynchenko N. G., Grand PhD of Engineering
Science, Professor*

State Biotechnology University (Kharkiv, Ukraine), e-mail: yanushkevich.scince@gmail.com,
tatagrין1201@gmail.com

STUDY OF THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE VISCOSITY OF PASTEURIZED DISPERSIONS OF NATIVE AND MODIFIED STARCHES

Мета. Метою досліджень, які висвітлено в даній статті, є визначення впливу технологічних чинників (вид крохмалю, термоліз, рН) на в'язкість оклейстеризованих крохмальних дисперсій (ОКД) як структурної основи соусів гарячих термостабільних.

Методи. Експериментальні дослідження виконано у науково-дослідній лабораторії Food Research and Development Lab Державного біотехнологічного університету. Визначення в'язкості крохмальних дисперсій за температури, що постійно змінюється, здійснювали на амліографі Брабендера. Початкова температура дисперсій становила $21,0 \pm 0,3^\circ\text{C}$, збільшення температури нагріву – $1,5^\circ\text{C}$ за хвилину. Результати досліджень представляли на стрічці самописця у вигляді кривих зміни в'язкості та температури. В'язкість дисперсії виражали в умовних одиницях амліографа (у.о.а.) від 0 до 1200.

Максимальну в'язкість оклейстеризованих крохмальних дисперсій, в'язкість за $t=95,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$ та в'язкість за $t=95,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$ і термостатування протягом 10×60 с визначали за амліограмами. Коефіцієнт стійкості систем (k) до зовнішнього впливу – термоліз, механоліз, рН визначали розрахунковим шляхом за формулою $k = \eta_{\min} / \eta_{\max}$. Математично-статистичну обробку результатів здійснювали за допомогою програмного пакета Microsoft Excel.

Результати. На основі проведених експериментальних досліджень визначено закономірності зміни в'язкості оклейстеризованих крохмальних дисперсій на основі нативних – кукурудзяний, кукурудзяний амліопектиновий, кукурудзяний воскової кукурудзи серії Novaton та модифікованого (кукурудзяний воскової кукурудзи) крохмалів. Доведено, що крохмаль кукурудзяний характеризуються низькою стійкістю до термолізу, рН. Структурно-механічні показники оклейстеризованих крохмальних дисперсій крохмалів амліопектинового та воскової кукурудзи показують, що вони є більш стабільними до впливу технологічних чинників порівняно з крохмалем нативним.

© Янушкевич О. І., Гринченко Н. Г.

Для формування структурної основи соусів гарячих термостабільних обрано крохмаль модифікований воскової кукурудзи, який є стійким до впливу високих температур, рН.

Ключові слова: *оклейстеризовані крохмальні дисперсії, в'язкість, амліограма, соуси гарячі, термостабільність.*

Постановка проблеми. В умовах сьогодення розроблення нової харчової продукції є безперервним процесом внаслідок оновлення споживчих трендів, постійно зростаючих вимог до безпечності та якості харчової продукції, збільшення кількості супермаркетів з їх постійними потребами в розширенні асортименту та гнучкою ціновою політикою. Під час розроблення і подальшого виробництва харчової продукції існує необхідність як в одержанні певних харчових текстур, так і усвідомленні ролі кожного інгредієнта до або під час кулінарного оброблення та зберігання.

Соуси є невід'ємною частиною раціону харчування людини в усьому світі. У більшості випадків соуси являють собою багатофазні дисперсні системи, переважно супензійного та/чи емульсійного типу, які одержують шляхом холодного (майонез, масляні суміші та інш.) та/чи гарячого (соус голландський, бешамель, вершковий, сирний) емульгування. Для соусів одержання контрольованої текстури є одним із ключових складових технологічного процесу. Важливість вирішення даного завдання є особливо актуальною стосовно соусів гарячих, термостабільність яких необхідно забезпечити впродовж технологічного потоку його виробництва та споживання.

Серед широкої номенклатури текстураторів одними з найпоширеніших є крохмалі, діапазон використання яких останнім часом суттєво розширено за рахунок використання різних крохмаленосіїв (кукурудза, пшениця, горох, картопля, тапіока); способів їх модифікацій (фізична, хімічна), технологічних властивостей. Тож дослідження впливу технологічних чинників (вид крохмалю, термоліз, рН) на в'язкість оклейстеризованих крохмальних дисперсій (ОКД) як структурної основи соусів гарячих термостабільних соусів є важливим з точки зору конструювання нової продукції з заданими властивостями та складом.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Жоден з харчових інгредієнтів не може конкурувати з крохмалем щодо універсальності, багатofункціональності та ефективності використання у складі харчової продукції. ОКД чинять істотний вплив на текстурні характеристики продуктів з емульсійною, гелеподібною та пінною структурою. Такі процеси, як клейстеризація, гелеутворення, ретроградація та інші, мають місце в технологічному потоці виробництва харчової продукції протягом певного часу.

Властивості ОКД досліджено у великій кількості експериментальних робіт та аналітичних оглядів [1, 2-4]. Сформульовані сьгодні теоретичні положення про властивості та стан крохмалю ґрунтуються на властивостях та стану складових його полісахаридів – амліози та амліопектину у взаємозв'язку з сорбційними процесами та поверхневими явищами, які мають місце під час клейстеризації, гелеутворенні, ретроградації. Проте багатоваріантність харчових систем, способів їх одержання та використання сприяють розвиненню базових даних щодо впливу таких інгредієнтів, як *солі, вуглеводи, спирти, поверхнево-активні речовини та інші на клейстеризацію та ретроградацію крохмалю з точки зору температури клейстеризації, кристалічності, в'язкості, набухання, прозорості та текстури.*

Так, в роботі [2] досліджено вплив овочевих сироваток, одержаних з помідорів, моркви та червоного болгарського перцю, на желатинізацію та ретроградацію картопляного крохмалю. Методами диференціальної скануючої калориметрії, визначення в'язкості та прозорості доведено, що температура желатинізації картопляного крохмалю зростає зі збільшенням доданої кількості рослинної сироватки, при цьому зменшується пікова в'язкість. Виявлено, що желатинізовані та набряклі гранули крохмалю руйнуються під дією зсуву, що призводить до формування липкої та настоподібної текстури, яка в більшості випадків є несприйнятливою.

Авторами [3] досліджено процеси желатинізації та ретроградації пшеничного крохмалю у водній системі за присутності деяких аніонних полісахаридів. Виявлено, що додавання полісахариду (0,1-1,0 мас./об.%) зменшує максимальну в'язкість композитної системи (концентрація крохмалю 5%) під час

желатинізації. Проте, середній діаметр частинок крохмальних гранул після желатинізації практично не змінюється.

Науковцями [4] досліджено закономірності поглинання олії харчовими продуктами, що містять желатинізований крохмаль маниоки. Встановлено, що поглинання олії зменшується на 74,5% і 81,4% за використання слабо желатинізованого і нативного крохмалю маниоки. Методом скануючої електронної мікроскопії досліджено структуру поверхні обсмажених матриць за різної глибини вакууму та модифікації крохмалю. Одержані результати покладено в основу технології смажених снєків.

За даними [5] включення гідроколоїдних камедей у нативні крохмалі сприяє покращенню їх термічних, реологічних і текстурних властивостей разом із покращенням стабільності крохмальних гелів. Використання камеді *Cordia Gut* як модифікатора крохмалю сприяє підвищенню температури клейстеризації крохмалю, ентальпії, пікової в'язкості та інших показників. Виявлено позитивний вплив камеді на стабільність крохмалю при заморожуванні та відтаванні. Даний метод модифікації крохмалів може бути використаний як альтернатива хімічній та ферментній модифікації з огляду на вартість та безпеку.

В роботах [6, 7, 8] узагальнено результати досліджень впливу технологічних чинників на властивості крохмалів у складі харчової продукції. Так, науковцями [7] доведено доцільність використання крохмалів холодного набухання у складі композитної суміші для сухого панірування кулінарної продукції. Визначено, що вона може бути використана в технології продукції, яка підлягає заморожуванню-розморожуванню.

Колективом авторів [6] розроблено та науково обґрунтовано рецептурний склад та технологію начинки, термостабільність яких досягається використанням молочної сировини і концентрату насіння кунжуту та сумісним використанням пектину і крохмалю.

В роботі [7, 8] обговорюється використання крохмалю воскової кукурудзи, який не має Е-індексу, в технології соусів на основі плодово-ягідної сировини. Доведено, що даний вид крохмалю є більш функціональний, ніж традиційний нативний крохмаль, формує коротку гладку текстуру, блиск, йому притаманні прозорість та висока стійкість до ретроградації.

Мета статті. Метою досліджень, які висвітлено в даній статті, є визначення впливу технологічних чинників (вид крохмалю, термоліз, рН) на в'язкість оклейстеризованих крохмальних дисперсій (ОКД) як структурної основи соусів гарячих термостабільних.

Виклад основного матеріалу дослідження. Предметами експериментальних досліджень є дисперсії на основі крохмалів нативних та модифікованих, основні характеристики яких наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні характеристики крохмалів нативних та модифікованих

Найменування харчових інгредієнтів, виробник	Масова частка вологи, %	рН водних дисперсій	Масова частка амілопектину, % *
Крохмаль кукурудзяний, ПАТ «Дніпровський крохмало-патоковий комбінат»	12,0±0,1	6,8±0,1	73,8±0,3
Крохмаль кукурудзяний амілопектиновий, ПАТ «Дніпровський крохмало-патоковий комбінат»	12,6±0,1	6,1±0,1	99,3±0,5
Крохмаль модифікований воскової кукурудзи (E1442), Ingredion, Німеччина	12,9±0,1	6,7±0,1	98,9±0,5
Крохмаль кукурудзяний воскової кукурудзи серії Novaton, Ingredion, Німеччина	12,4±0,1	6,4±0,1	96,5±0,5

*Примітка: масову частку амілопектину наведено за даними виробника

Визначення в'язкості крохмальних дисперсій за температури, що постійно змінюється, здійснювали на амілографі Брабендера. Початкова температура дисперсій становила $21,0 \pm 0,3^\circ\text{C}$, збільшення температури нагріву – $1,5^\circ\text{C}$ за хвилину. Результати досліджень представляли на стрічці самописця у вигляді кривих зміни в'язкості та температури. В'язкість дисперсії виражали в умовних одиницях амілографа (у.о.а.) від 0 до 1200.

Максимальну в'язкість ОКД, в'язкість за $t=95,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$ та в'язкість за $t=95,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$ і термостатування протягом 10×60 с визначали за амілограмами. Коефіцієнт стійкості систем (k) до зовнішнього впливу – термоліз, рН визначали розрахунковим шляхом за формулою $k = \eta_{\min} / \eta_{\max}$. Математично-статистичну обробку результатів досліджень здійснювали за допомогою програмного пакета Microsoft Excel [9].

Експериментальні дослідження виконано у науково-дослідній лабораторії Food Research and Development Lab Державного біотехнологічного університету.

Використання крохмалів як текстураторів у складі соусів гарчих термостабільних висуває ряд вимог до харчових систем на їх основі. Основні з них:

- типові технологічні параметри застосування крохмалів в технологічному процесі – внесення крохмалю у вигляді водної дисперсії в ємність з перемішуванням та нагріванням до температур $90 \dots 95^\circ\text{C}$ з наступною пастеризацією за визначених температур протягом $(10 \dots 15) \times 60$ с; температура желатинізації крохмалю $60 \dots 67^\circ\text{C}$ з поступовим наростанням в'язкості, за рахунок чого забезпечується оптимальна теплопровідність та скорочується час заварювання;

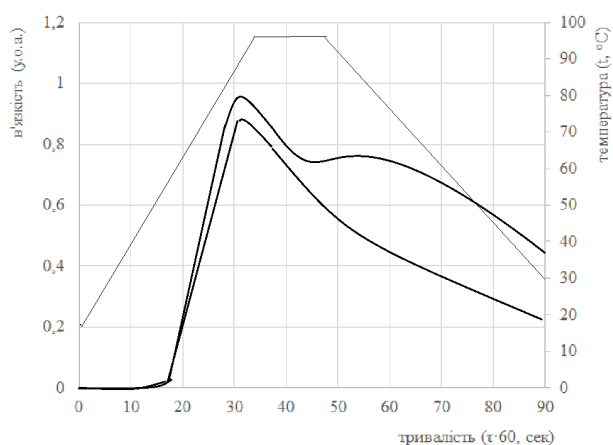
- стабільність в'язкості ОКД за впливу технологічних чинників – термооброблення в інтервалі температур $90 \dots 95^\circ\text{C}$, механічна дія (в тому числі гомогенізація), рН в діапазоні $5,0 \dots 7,0$;

- відсутність вираженої схильності до гелеутворення, сумісність з молочними білками, жирами, формування кремоподібної вершкової текстури для харчових систем з невисоким вмістом жирової фази (до 20,0%);

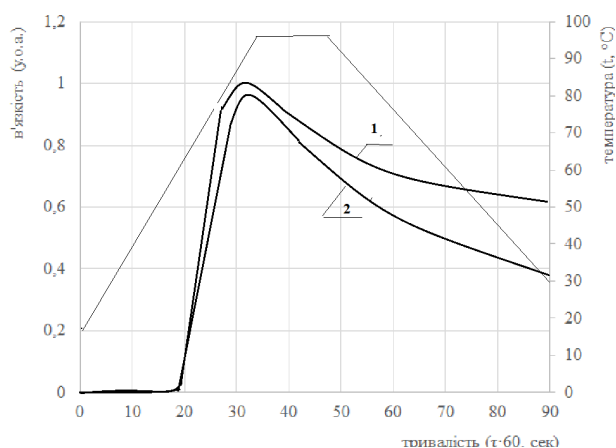
- органолептичні показники – нейтральний смак, блиск, коротка кремова текстура, що надає привабливого зовнішнього вигляду кінцевому продукту, створює наповнене, вершкове відчуття.

З урахуванням вимог та відповідно мети для досліджень обрано чотири види крохмалів – крохмаль кукурудзяний нативний, крохмаль кукурудзяний амілопектиновий, крохмаль модифікований воскової кукурудзи та крохмаль кукурудзяний воскової кукурудзи серії Novaton. На рис. 1 наведено амілограми зміни в'язкості 5,0% дисперсій крохмалів нативних (а, б, г) та модифікованого (в) за різних значень рН.

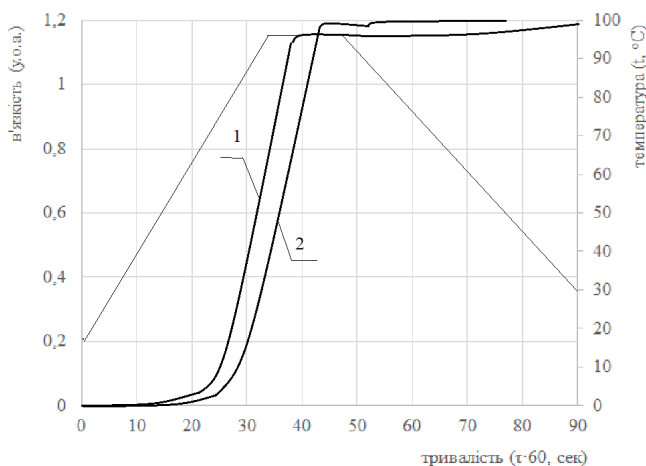
Одержані результати досліджень дозволили виявити наступні закономірності. Так, незалежно від виду крохмалів на початкових етапах термооброблення в'язкість не змінюється, так як гідратація крохмальних полісахаридів відбувається на молекулярному рівні всередині крохмального зерна. На цьому етапі гідратація та набухання є процесами зворотніми. За досягнення початкової температури клейстеризації (для обраних зразків крохмалів вона коливалась в межах $61 \dots 65^\circ\text{C}$) має місце різке підвищення в'язкості; структурні зміни, що відбуваються у складі крохмального зерна, мають незворотній характер. Початкові температури клейстеризації несуттео, проте різняться між собою. Це, вірогідно, пояснюється вмістом чи співвідношенням амілози і амілопектину та різною доступністю крохмальних полісахаридів у зерні до гідратації. Подальше термічне оброблення супроводжується досягненням максимальної в'язкості з подальшим її зменшенням (за винятком крохмалю модифікованого воскової кукурудзи) за рахунок руйнування крохмального зерна, а за низького рН – гідролізу крохмальних полісахаридів. Тож ОКД є в'язкопластичними тиксотропними рідинами, для яких тиксотропність проявляється в наявності локальних максимуму та мінімуму в'язкості, відношення величин яких визначає коефіцієнт стійкості систем ($k = \eta_{\min} / \eta_{\max}$) до зовнішніх впливів – термолізу, рН.



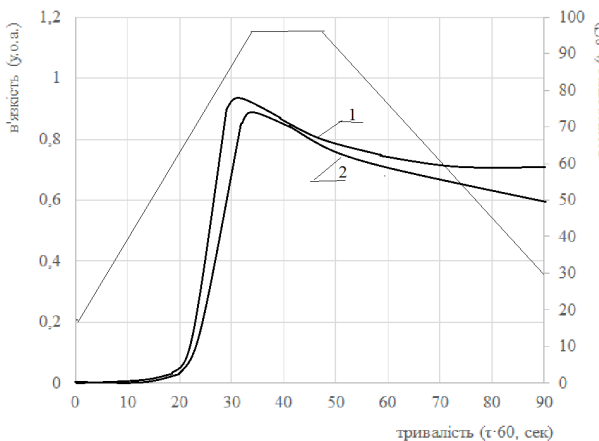
а – крохмаль кукурудзяний
рН: 1 – $6,8 \pm 0,1$; 2 – $5,0 \pm 0,1$



б – крохмаль кукурудзяний
амілопектиновий
рН: 1 – $6,1 \pm 0,1$; 2 – $5,0 \pm 0,1$



в – крохмаль модифікований воскової
кукурудзи (E1442)
рН: 1 – $6,7 \pm 0,1$; 2 – $5,0 \pm 0,1$



г – крохмаль кукурудзяний воскової
кукурудзи серії Novaton
рН: 1 – $6,4 \pm 0,1$; 2 – $5,0 \pm 0,1$

Рисунок 1 – Амілограми зміни в'язкості 5,0% дисперсій крохмалів нативних (а, б, г) та модифікованого (в) за різного значення рН

Амілограми крохмаю кукурудзяного нативного (рис. 1, а), зміни в'язкості ОКД (табл. 2) та визначені коефіцієнти стійкості (табл. 3) ілюструють певні обмеження щодо використання його у складі соусів. Так, коефіцієнти стійкості ОКД за температури 95°C складають 0,97 і 0,94 для крохмальних дисперсій з рН $6,8 \pm 0,1$ і $5,0 \pm 0,1$ відповідно, за температури 95°C і термостатування протягом (10*60) с – 0,85 і 0,66 відповідно. То суттєве зниження в'язкості за термооброблення, здатність до утворення гелевої текстури після охолодження до температур 20...25°C унеможливує його використання у складі соусів.

Дослідження впливу технологічних чинників на зміну в'язкості ОКД крохмалю кукурудзяного амیلпектинового (рис. 1, б) показують, що він є більш стабільнішим до термолізу та низького рН – коефіцієнти стійкості для цих систем становлять 0,98 і 0,81 (рН $6,1 \pm 0,1$) та 0,97 і 0,74 (рН $5,0 \pm 0,1$) відповідно.

Таблиця 2 – В'язкість ОКД крохмалів нативних та модифікованого

Найменування показника	В'язкість (од. ам.) крохмальних дисперсій за значень рН							
	Крохмаль кукурудзяний		Крохмаль кукурудзяний амілопектиновий		Крохмаль модифікований воскової кукурудзи		Крохмаль кукурудзяний воскової кукурудзи серії Novaton	
	6,8+0,1	5,0+0,1	6,1+0,1	5,0+0,1	6,7+0,1	5,0+0,1	6,4+0,1	5,0+0,1
Максимальна в'язкість	920 \pm 1 0	890 \pm 1 0	1000 \pm 1 5	990 \pm 1 0	1150 \pm 1 0	1170 \pm 1 5	910 \pm 1 0	890 \pm 1 0
В'язкість за t = 95°C	890 \pm 1 0	840 \pm 1 5	980 \pm 10	970 \pm 1 5	1150 \pm 1 0	1170 \pm 1 5	890 \pm 1 0	840 \pm 1 5
В'язкість за t = 95°C, термостатування 10×60 с	780 \pm 1 5	590 \pm 1 0	810 \pm 10	730 \pm 1 0	1160 \pm 1 0	1200 \pm 1 0	800 \pm 1 0	790 \pm 1 0

Визначеним до текстураторів вимогам максимально відповідає крохмаль модифікований воскової кукурудзи (рис. 1, в). ОКД за еквівалентних концентрацій мають найвищий показник в'язкості – 1150...1170 у.о.а., термооброблення за температур 95⁰С і вище супроводжується поступовим зростанням в'язкості як за рН 6,7 \pm 0,1, так і рН 5,0 \pm 0,1. Коефіцієнти стійкості ОКД даного крохмалю є вищими за 1,0 і складають 1,01 і 1,03 відповідно.

Таблиця 3 – Коефіцієнт стійкості ОКД крохмалів нативних та модифікованого

Найменування показника	Коефіцієнт стійкості ОКД за значень рН							
	Крохмаль кукурудзяний		Крохмаль кукурудзяний амілопектиновий		Крохмаль модифікований воскової кукурудзи		Крохмаль кукурудзяний воскової кукурудзи серії Novaton	
	6,8+0,1	5,0+0,1	6,1+0,1	5,0+0,1	6,7+0,1	5,0+0,1	6,4+0,1	5,0+0,1
Коефіцієнт стійкості за t=95°C	0,97	0,94	0,98	0,97	1,0	1,0	0,97	0,94
Коефіцієнт стійкості за t=95°C та термостатування 10×60 с	0,85	0,66	0,81	0,74	1,01	1,03	0,88	0,88

Характер зміни в'язкості ОКД крохмалю кукурудзяного воскової кукурудзи серії Novaton (рис. 1, г) схожий зі зразком ОКД крохмалю воскової кукурудзи (рис. 1, б), проте є більш стійким до впливу технологічних чинників, зокрема, рН. Порівняльний аналіз експериментальних даних, наведених на рис. 1, та в табл. 2, 3, показує, що крохмаль модифікований воскової кукурудзи відповідає вимогам з огляду на використання його у складі соусів гарячих термостабільних.

Висновки. Встановлено, що всі зразки крохмалів, що досліджувались, під час термооброблення, супроводжується клейстеризацією, яка характеризується декількома етапами – незмінної в'язкості, різкого підвищення в'язкості з досягненням її максимального

значення, подальшого зменшення в'язкості (за винятком крохмалю модифікованого воскової кукурудзи). Всі ОКД є в'язкопластичними тиксотропними рідинами, для яких тиксотропність проявляється в наявності локальних максимуму та мінімуму в'язкості, відношення величин яких визначає коефіцієнт стійкості систем до зовнішніх впливів – термолізу, рН.

Узагальнення одержаних результатів, дозволяє дійти до висновку про доцільність використання у складі соусів гарячих термостабільних крохмалю модифікованого воскової кукурудзи, коефіцієнти стійкості ОКД яких більше 1,0. ОКД крохмалю модифікованого воскової кукурудзи мають нейтральний смак, коротку кремову вершкову текстуру, що є важливим з точки зору показників якості готової продукції.

Список літератури

1. Ладика В. І., Шильман Л. З., Перцевой Ф. В. та інші. Сучасні досягнення харчової науки / за заг. ред. Ладика В. І. Херсон: Олді+, 2022. 352 с.

2. Yuriko Takamura, Kaoru Kinoshita, Azusa Ito, Koji Takahashi. Gelatinization and Retrogradation Behavior of Potato Starch Controlled with Vegetable Sera. *Journal of Applied Glycoscience*. 2009. Vol. 56 (4). P. 247-251. <https://doi.org/10.5458/jag.56.247>.

3. Takahiro Funami, Makoto Nakauma, Sakie Noda, Katsuyoshi Nishinari. Effects of some anionic polysaccharides on the gelatinization and retrogradation behaviors of wheat starch: Soybean-soluble polysaccharide and gum. *Arabic Food Hydrocolloids*. 2008. Vol. 22 (8). P. 1528-1540. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.10.008>.

4. Oginni O. C., Sobukola O. P., Henshaw F. O., Munoz L. Effect of starch gelatinization and vacuum frying conditions on structure development and associated quality attributes of cassava-gluten based snack. *Food Structure*. 2015. Vol. 3. P. 12-20. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2014.12.001>.

5. Shahzad Hussain, Abdellatif A Mohamed, Mohamed Saleh Alamri, Mohamed A. Ibraheem, Akram A. Abdo Qasem, Syed Ali Shahzad, Ibrahim A. Ababtain. Use of Gum Cordia (*Cordia myxa*) as a Natural Starch Modifier; Effect on Pasting, Thermal, Textural, and Rheological Properties of Corn Starch Foods. *Applications of Natural Products in Foods*. 2020. Vol. 9 (7). P. 909. <https://doi.org/10.3390/foods9070909>.

6. Technology of thermostable and frozen fillings using dairy raw materials and sesame seeds concentrate / F. Pertsevov, V. Ladyka, I. Smetanska, D. Bienias, M. Ianchyk, N. Grynchenko, S. Omelchenko, O. Hrynchenko. Kharkiv: Dissa+, 2022. 192 p.

7. Андреева С. С., Колеснікова М. Б., Гринченко О. О., Пивоваров П. П. Технології соусів солодких із використанням крохмалів фізичної модифікації: монографія. Х.: ХДУХТ, 2017. 131 с.

8. Andrieieva, S., Kolesnikova, M., Grinchenko, O., Iurchenko, S., Dikhtyar, A. Development of technology of snacks with different types of breading for fast food enterprises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 6. No. 11 (120). P. 60–68. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.268905>.

9. Горальчук А. Б., Пивоваров П. П., Гринченко О. О. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик. Х.: ХДУХТ, 2013. 63 с.

References

1. Ladika, V. I.; Shil'man, L. Z.; Percevoj, F. V. ets. (2022). *Modern achievements of food science* [Suchasni dosyagnennya harchovoi nauki], Herson, Oldi+, 352 p.

2. Takamura, Yuriko; Kinoshita, Kaoru; Ito, Azusa; Takahashi, Koji. (2009). Gelatinization and Retrogradation Behavior of Potato Starch Controlled with Vegetable Sera, *Journal of Applied Glycoscience*, 56 (4), p. 247-251. <https://doi.org/10.5458/jag.56.247>.

3. Funami, Takahiro; Nakauma, Makoto; Noda, Sakie; Nishinari, Katsuyoshi. (2008). Effects of some anionic polysaccharides on the gelatinization and retrogradation behaviors of wheat starch:

Soybean-soluble polysaccharide and gum, *Arabic Food Hydrocolloids*, 22 (8), p. 1528-1540. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.10.008>.

4. Oginni, O. C.; Sobukola, O. P.; Henshaw F. O.; Munoz L. (2015). Effect of starch gelatinization and vacuum frying conditions on structure development and associated quality attributes of cassava-gluten based snack, *Food Structure*, 3, p. 12-20. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2014.12.001>.

5. Shahzad, H.; Abdellatif, A. M.; Alamri, M. S.; Mohamed, A. I.; Akram, A. A. Q.; Syed, A. Sh., Ibrahim, A. A. (2020). Use of Gum Cordia (*Cordia myxa*) as a Natural Starch Modifier: Effect on Pasting, Thermal, Textural, and Rheological Properties of Corn Starch Foods, *Applications of Natural Products in Foods*, vol. 9 (7), p. 909. <https://doi.org/10.3390/foods9070909>.

6. Pertsevov, F.; Ladyka, V.; Smetanska, I.; Bienias, D.; Ianchyk, M.; Grynchenko, N.; Omelchenko, S.; Hrynchenko, O. (2022). Technology of thermostable and frozen fillings using dairy raw materials and sesame seeds concentrate, 192 p.

7. Andreeva, S. S.; Kolesnikova, M. B.; Grinchenko, O. O.; Pivovarov, P. P. (2017). *Technologies of sweet sauces using physically modified starches* [Tekhnologii sousiv solodkih iz vikoristannyam krohmaliiv fizichnoi modifikacii], Kharkiv, 131 p.

8. Andrieieva, S.; Kolesnikova, M.; Grinchenko, O.; Iurchenko, S.; Dikhtyar, A. (2022). Development of technology of snacks with different types of breading for fast food enterprises, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 6, no. 11 (120), p. 60–68. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.268905>.

9. Goral'chuk, A. B.; Pivovarov, P. P.; Grinchenko, O. O. (2013). *Rheological methods of research of raw materials and food products and automation of calculations of rheological characteristics* [Reologichni metodi doslidzhennya sirovini i harchovih produktiv ta avtomatizaciya rozrahunkiv reologichnih harakteristik], Kharkiv, 63 p.

Objective. *The purpose of the research covered in this article is to study the influence of technological factors (type of starch, thermolysis, pH) on the viscosity of clusterized starch dispersions (CSD) as the structural basis of hot thermostable sauces.*

Methods. *Experimental studies were performed in the Food Research and Development Lab of the State Biotechnology University. Determination of the viscosity of starch dispersions at a constantly changing temperature was carried out on a Brabender amylograph. The initial temperature of the dispersions was $21.0 \pm 0.3^\circ\text{C}$, the increase in the heating temperature was 1.5°C per minute. The results of the research were presented on the tape recorder in the form of curves of changes in viscosity and temperature. The viscosity of the dispersion was expressed in conventional amylograph units (c.a.u.) from 0 to 1200.*

The maximum viscosity of clusterized starch dispersions, viscosity at $t=95.0 \pm 0.2^\circ\text{C}$ and viscosity at $t=95.0 \pm 0.2^\circ\text{C}$ and thermostating for 10×60 s were determined by amylograms. The coefficient of resistance of systems (k) to external influences – thermolysis, mechanolysis, pH was determined by calculation according to the formula $k = \eta_{\min} / \eta_{\max}$. Mathematical and statistical processing of the results of studies was carried out using the Microsoft Excel software package.

Results. *On the basis of the conducted experimental studies, the regularities of changes in the viscosity of clusterized starch dispersions based on native - corn, corn amylopectin, corn waxy corn of the Novaton series and modified (corn waxy corn) starches were determined. It has been proven that native corn starch is characterized by low resistance to thermolysis, pH. The structural and mechanical indicators of clusterized starch dispersions of amylopectin and waxy corn starches show that they are more stable to the influence of technological factors compared to native starch.*

Modified waxy corn starch, which is resistant to high temperatures, pH, mechanolysis, was chosen to form the structural basis of hot thermostable sauces.

Key words: *clusterized starch dispersions, viscosity, amylogram, hot sauces, thermal stability.*

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

DOI : 10.33274/2079-4827-2023-46-1-34-41

УДК 631.362(045)

Омельченко О. В.¹, канд. техн. наук
Цвіркун Л. О.¹, канд. пед. наук
Цвіркун С. Л.², канд. техн. наук
Соколовський О. О.¹, здобувач ОС магістра
Шамрієнко Б. В.¹, здобувач ОС бакалавра

¹Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: omelchenko@donnuet.edu.ua.

²Криворізький національний університет (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: tserg30@ukr.net

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СОРТУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ТА СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОДОВООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ

UDC 631.362(045)

Omelchenko O. V.¹, PhD in Engineering sciences
Tsvirkun L. A.¹, PhD in Pedagogical sciences
Tsvirkun S. L.², PhD in Engineering sciences
Sokolovskyi O. O.¹, a graduate of a master's degree
Shamriyenko B. V.¹, a graduate of a bachelor degree

¹Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (Kryvyi Rih, Ukraine), e-mail: omelchenko@donnuet.edu.ua.

²Kryvyi Rih National University (Kryvyi Rih, Ukraine), e-mail: tserg30@ukr.net

IMPROVEMENT OF DESIGN AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE SORTING DEVICE AND THE SYSTEM FOR MEASURING THE PHYSICAL CHARACTERISTICS OF FRUIT AND VEGETABLE RAW MATERIALS

Мета. Метою статті є удосконалення конструкційно-технологічних параметрів сортувального пристрою та системи вимірювання фізичних характеристик плодовоовочевої сировини.

Методи. У роботі застосовано методи засновані на безконтактній ідентифікації плодовоовочевої сировини, а саме сенсорна оцінка якості продуктів, бо якість свіжих продуктів на основі фізичних характеристик грає важливу роль у сприйнятті товару споживачем, а також методи математичної фізики.

Результати. Зазначено, що здоров'я людини багато в чому залежать від якості їжі яку він споживає. Тому, важливим є постачання якісної та безпечної сировини. Якість визначається на основі певних зовнішніх особливостей, таких як форма, колір, пружність, смак, видимі плями та деякі внутрішні особливості, такі як стиглість, вміст цукру, біохімічний склад, пігменти, суха речовина та пектинові інгредієнти. Один із способів вирішення цієї проблеми є сортування плодовоовочевої сировини перед її зберіганням. Зазначено, що сортування передбачає вилучення зразків із невідповідними розмірами і пошкодженнями, що виникають в результаті механічного впливу або фітозахворювань. Проаналізовано методи, які застосовуються у промисловості: механічні методи (аналіз вібрацій та електронний ніс); оптичні методи (інфрачервона спектроскопія, спектроскопія часу та простору, електронне око); магнітні методи (магнітно-резонансна томографія та метод

© Омельченко О. В., Цвіркун Л. О., Цвіркун С. Л.,
Соколовський О. О., Шамрієнко Б. В.

електропровідності); акустичні методи (ультразвукові та імпульсні методи реакції); динамічні методи (рентген та КТ). Розроблено узагальнену структуру системи сортування плодоовочевої сировини з шибєрним виконавчим механізмом. Для підвищення ефективності сортування в умовах досить близького розташування яблук на транспортері доцільно встановлювати кілька шибєрних механізмів, які незалежно працюватимуть, що дозволить відокремлювати зразки, що падають з конвеєрної стрічки практично одночасно. Зазначено, що для управління якісними характеристиками сировини, що надходить на переробку, необхідно здійснювати оперативний контроль та точне вимірювання характеристик у процесі сортування плодоовочевої сировини. Найкращі характеристики точності мають датчики ваги на основі тензорезисторів, що забезпечує взаємозамінність датчиків. Для реалізації підсистеми контролю характеристик плодоовочевої сировини в системі сортування було обрано конвеєрні ваги з однією роликовою опорою моделі Milltronics MSI компанії Siemens. Дана модель забезпечує безперервне зважування потоку сировини та працює спільно з мікропроцесорним інтегратором, що дозволяє отримувати наступну інформацію про потік: витрата в конкретний момент часу, сумарні витрати, навантаження на стрічку та швидкість потоку сировини на транспортері.

Ключові слова: конструкційно-технологічні параметри, сортувальний пристрій, виконавчий механізм, вимірювання фізичних характеристик, датчики ваги, конвеєрні ваги, плодоовочева сировина.

Постановка проблеми. Здоров'я людини багато в чому залежить від якості їжі яку він споживає. Тому, важливим є постачання якісної та безпечної сировини. Якість визначається на основі певних зовнішніх особливостей, таких як форма, вага, колір, пружність, смак, видимі плями та деякі внутрішні особливості, такі як стиглість, вміст цукру, біохімічний склад, пігменти, суха речовина та пектинові інгредієнти. Один із способів вирішення цієї проблеми є сортування плодоовочевої сировини перед її зберіганням.

Сортування передбачає вилучення зразків із невідповідними розмірами і пошкодженнями, що виникають в результаті механічного впливу або фітозахворювань. Процес сортування включає в себе як механічні способи з використанням ручної праці, так і автоматичні сортувальні системи, що використовують безконтактні методи неруйнівного контролю [1]. Перевірка фруктів і овочів для визначення якості проводиться або зором людини (ручним спостереженням) або машинним зором (за допомогою датчиків). Тому вибір датчиків для експлуатації в умовах харчового підприємства має здійснюватися на підставі таких базових характеристик, як: точність, надійність, інтегрованість.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У промисловості застосовуються різні методи засновані на безконтактній ідентифікації: в залежності від щільності (методи рентгенівського контролю), кольору (оптичний метод), спектру випромінювання або поглинання (гіперспектральний спосіб).

Машинна перевірка включає датчики та інструменти, а також залучення математичних алгоритмів для вимірювання якості плодоовочевої сировини. Техніка, яка використовується для моніторингу якості та контролю працює без руйнування продукту. Неруйнівні методи моніторингу включають механічні методи (аналіз вібрацій та електронний ніс); оптичні методи (інфрачервона спектроскопія, спектроскопія часу та простору, електронне око); магнітні методи (магнітно-резонансна томографія та метод електропровідності); акустичні методи (ультразвукові та імпульсні методи реакції); динамічні методи (рентген та КТ) [2, 3, 4, 5]. Сенсорна оцінка якості продуктів користується великим попитом завдяки точному виявленню дефектів, бо якість свіжих продуктів на основі фізичних параметрів (форма, колір, травмування тканин) грає важливу роль у сприйнятті товару споживачем. Тому оптимізація ІК-параметрів для оцінки якості фруктів і овочів є ефективною для запобігання втрати свіжої продукції.

Більш складні роботизовані системи застосовуються для фруктів і овочів, які зберігаються у складських приміщеннях. Виходячи з оптичних характеристик, датчикам віддають перевагу для бонітування плодовоовочевої сировини, бо оцінені показання датчиків використовуються для алгоритмів та обробки отриманих зображень [6]. Тому для управління якісними характеристиками сировини, що надходить на переробку, необхідно здійснювати оперативний контроль та точне вимірювання характеристик у процесі сортування плодовоовочевої сировини.

Мета статті – удосконалення конструкційно-технологічних параметрів сортувального пристрою та системи вимірювання фізичних характеристик плодовоовочевої сировини.

Виклад основного матеріалу дослідження. При розрахунку виконавчого механізму сортування плодовоовочевої сировини необхідно враховувати початкову швидкість і напрямок руху об'єктів сортування [7, 8, 9], рис. 1.

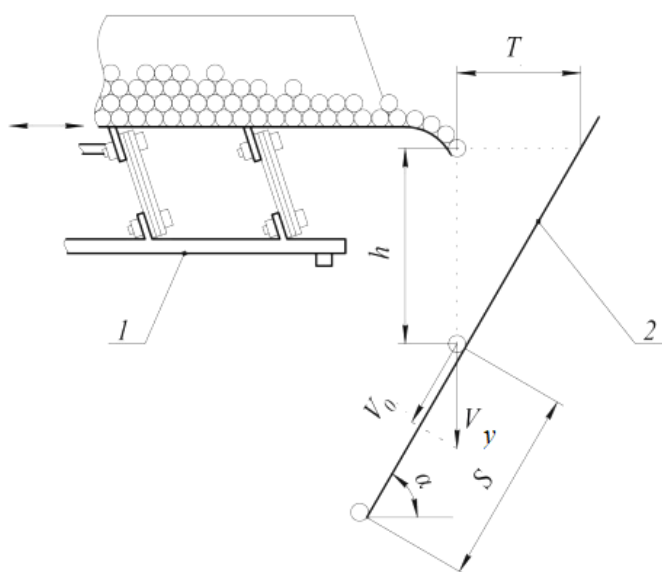


Рисунок 1 – Схема визначення початкової швидкості плодовоовочевої сировини на сортувальному пристрої.

На рис. 1 зображено: 1 – віброживильник; 2 – скатний лоток; α – кут нахилу скатного лотка, °; T – відстань від віброживильника до скатного лотка в горизонтальній площині, м; h – вертикальна відстань між площиною конвеєрної стрічки та площиною, в якій розташований виконавчий механізм, м; v_y – швидкість падіння зразка, м/с; v_0 – початкова швидкість вертикального переміщення, м/с; S – шлях зразків скатним лотком, м.

Вектор швидкості руху об'єкта має дві компоненти v_x і v_y . Перша компонента v_x пов'язана з інерційним рухом об'єкта в точці відриву від конвеєрної стрічки та дорівнює лінійній швидкості конвеєрної стрічки v_x . Друга компонента v_y обумовлюється вільним падінням зразка внаслідок дії сили тяжіння та визначається з виразу

$$v_y(t) = v_0 - gt \quad (1)$$

де v_y – швидкість падіння зразка;

v_0 – початкова швидкість вертикального переміщення (у разі горизонтального розташування стрічки конвеєра $v_0 = 0$);

g – прискорення вільного падіння ($g \approx 9,81$), м/с²;

t – час.

Час падіння об'єкта визначимо з виразу

$$t_h = \sqrt{2h/g} \quad (2)$$

де h – вертикальна відстань між площиною конвеєрної стрічки та площиною, в якій розташований виконавчий механізм.

Для висоти $h = 2,0$ м час падіння становитиме $t_h = 0,639$ с. При цьому в момент досягнення кінцевої точки модуль швидкості дорівнюватиме $6,263$ м/с. Відстань y від падаючого зразка до площини, в якій встановлено виконавчий механізм у момент часу t визначається залежністю

$$y(t) = h - g t^2 / 2 \quad (3)$$

де y – відстань об'єкта до площини, в якій встановлено виконавчий механізм.

Для того, щоб направити об'єкт, що падає з конвеєра певного різновиду в окрему ємність, розташовану в 50 см від точки вільного падіння, необхідно за допомогою впливу стисненого потоку повітря змінити імпульс даного об'єкта. Через $0,319$ після початку падіння, коли об'єкт перетне умовну площину, в якій розташований виконавчий механізм, його швидкість складе $3,132$ м/с. Вважаючи, що усереднений розмір становить $0,25$ м, час його перебування у площині дії виконавчого механізму становитиме 80 мс. Решту $1,5$ м об'єкт у вільному падінні подолає за $0,319$ с.

Таким чином, необхідно визначити силу, з якою протягом $t_u = 80$ мс необхідно впливати на об'єкт, щоб він за $0,319$ с подолав (в горизонтальній площині) відстань $0,5$ м. Відповідно швидкість зразка повинна дорівнювати $0,5/0,319 = 1,566$ м/с.

Згідно з другим законом Ньютона: зміна імпульсу тіла дорівнює імпульсу рівнодіючої всіх сил, що діють на тіло [8, 9]. Приймаючи, що в початковий момент часу горизонтальна складова швидкості зразка v_x дорівнювала нулю.

$$F_u t_u = m v_x \quad (4)$$

де F_u – шукана сила дії виконавчого механізму;

t_u – час дії виконавчого механізму ($80 \cdot 10^{-3}$ с);

m – маса зразка ($12,6$ кг);

v_x – горизонтальна складова швидкості об'єкта ($1,566$ м/с).

Звідси знайдемо необхідну величину сили, яка буде дорівнюватиме $F_u = 247,128$ Н.

$$F_u = \frac{m v_x}{t_u} \quad (5)$$

Розглянемо особливості роботи виконавчого механізму, принцип роботи якого полягає у формуванні повітряного потоку, спрямованого у бік падаючого об'єкта. При цьому силою тиску повітряного потоку на об'єкт визначається залежністю

$$F_a = C_r \frac{\rho S}{2} (v_a \pm v_x)^2 \quad (6)$$

де F – сила тиску повітряного потоку, Н;

C_r – коефіцієнт опору, що залежить від форми плодовоовочевої сировини;

ρ – щільність повітря $1,29$ кг/м³;

S – площа поперечного перерізу об'єкта, м²;

v_a – швидкість потоку повітря, м/с;

v_x – швидкість об'єкта м/с.

Знак «+» ставлять якщо напрямок руху повітряного потоку і об'єкта збігаються, «-» – у разі їх протилежної спрямованості. Оскільки основна дія струменя стисненого повітря на плодовоовочеву сировину припадає на обмежену ділянку поверхні, коефіцієнт опору C_r , що залежить від форми тіла, слід вибирати з інтервалу $1,11-1,33$. Вважаючи, що в початковій точці горизонтальна складова швидкості яблука дорівнює нулю, а площа поверхні, що взаємодіє з потоком дорівнює $0,049$ м², знайдемо необхідну швидкість повітряного потоку за формулою

$$v_a = \sqrt{\frac{2 F_a}{C_r \rho S}} \quad (7)$$

Отже, $v_a=83,856$ м/с.

Знаючи необхідну швидкість повітряного потоку, $v_a=83,856$ м/с, знайдемо необхідну об'ємну продуктивність компресора стиснутого повітря. На основі обраного діаметру випускного отвору 2,54 см, було визначено його площу – $5,067 \cdot 10^{-4}$ м², при цьому масова витрата повітря визначається формулою

$$Q_m = \rho v_a S = S \sqrt{\frac{2\gamma}{\gamma-1} P_1 \rho \left(\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \right)} \quad (8)$$

де Q_m – масова витрата стисненого повітря, кг/с.

Об'ємну витрату визначимо з виразу

$$Q_v = Q_m / \rho = v_a S \quad (9)$$

де Q_v – об'ємна витрата стисненого повітря, м³/с.

Таким чином, необхідна об'ємна витрата повітря становить 0,042 м³/с або 2,549 м³/хв.

Серед розглянутих засобів технічної реалізації системи підготовки стисненого повітря слід відзначити компресори виробництва компанії ТОВ «Сігма Інжиніринг», яка є представником фірм VogeKompressoren та VortexCompressor на території України. Зокрема компресор RSF 2-30.0 забезпечує продуктивністю до 5,05 м³/хв за максимальної споживаної потужності 30 кВт. Компресор RSF 37.0 забезпечує продуктивністю до 6,15 м³/хв при максимальній споживаній потужності 37 кВт.

Схема сортування плодоовочевої сировини із шиберним виконавчим механізмом представлена на рис. 2.

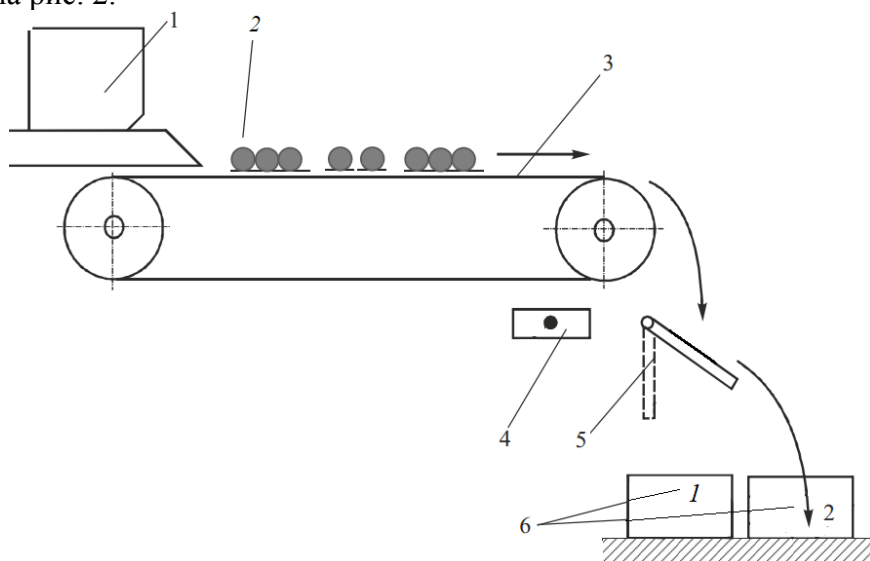


Рисунок 2 – Узагальнена структура системи сортувального пристрою із шиберним виконавчим механізмом: 1 – проміжний бункер; 2 – об'єкт, що підлягає сортуванню; 3 – конвеєрна стрічка; 4 – тяговий електромагніт; 5 – шиберний механізм; 6 – приймальні бункери для окремих різновидів яблук.

За командою блоку управління сердечник електромагніта втягується та повертає шиберну пластину. У вихідне положення шиберна пластина повертається стиснутою пружиною. Таким чином, об'єкт, що падає на шибер, направляється в залежності від положення шиберної пластини в необхідний приймальний бункер.

Для підвищення ефективності сортування в умовах досить близького розташування яблук на конвеєрній стрічці доцільно встановити кілька шиберних механізмів, які незалежно працюватимуть, що дозволить відокремлювати зразки, що падають з конвеєрної стрічки практично одночасно.

Для управління якісними характеристиками сировини, що надходить на переробку, необхідно здійснювати оперативний контроль та вимірювання цих характеристик. Вибір датчика ваги в потоці на конвеєрній стрічці для експлуатації в умовах харчового підприємства здійснювався на підставі таких базових характеристик, як: точність, надійність, інтегрованість у систему сортування плодоовочевої сировини. Найкращі характеристики точності мають датчики ваги на основі тензорезисторів, підключених до бруківки, що забезпечує взаємозамінність датчиків.

Для реалізації підсистеми контролю характеристик плодоовочевої сировини в системі сортування було обрано конвеєрні ваги з однією роликовою опорою моделі Milltronics MSI компанії Siemens [10]. Дана модель забезпечує безперервне зважування потоку сировини та працює спільно з мікропроцесорним інтегратором, що дозволяє отримувати наступну інформацію про потік: витрата в конкретний момент часу, сумарні витрати, навантаження на стрічку та швидкість потоку сировини на транспортері.

Отже, розроблено узагальнену структуру системи сортування плодоовочевої сировини з шибєрним виконавчим механізмом. Для підвищення ефективності сортування в умовах досить близького розташування яблук на транспортері доцільно встановлювати кілька шибєрних механізмів, які незалежно працюватимуть, що дозволить відокремлювати зразки, що падають з конвеєрної стрічки практично одночасно. Для управління якісними характеристиками сировини, що надходить на переробку, необхідно здійснювати оперативний контроль та точне вимірювання характеристик у процесі сортування плодоовочевої сировини. Найкращі характеристики точності мають датчики ваги на основі тензорезисторів, що забезпечує взаємозамінність датчиків. Для реалізації підсистеми контролю характеристик плодоовочевої сировини в системі сортування було обрано конвеєрні ваги з однією роликовою опорою моделі Milltronics MSI компанії Siemens.

Висновки. Зазначено, що здоров'я людини багато в чому залежать від якості їжі яку він споживає. Тому, важливим є постачання якісної та безпечної сировини. Якість визначається на основі певних зовнішніх особливостей, таких як форма, колір, пружність, смак, видимі плями та деякі внутрішні особливості, такі як стиглість, вміст цукру, біохімічний склад, пігменти, суха речовина та пектинові інгредієнти. Один із способів вирішення цієї проблеми є сортування плодоовочевої сировини перед її зберіганням.

Розроблено узагальнену структуру системи сортування плодоовочевої сировини з шибєрним виконавчим механізмом. За командою блоку управління сердечник електромагніта втягується та повертає шибєрну пластину. У вихідне положення шибєрна пластина повертається стиснутою пружиною. Таким чином, об'єкт, що падає на шибєр, направляється в залежності від положення шибєрної пластини в необхідний приймальний бункер. Для підвищення ефективності сортування в умовах досить близького розташування яблук на транспортері доцільно встановлювати кілька шибєрних механізмів, які незалежно працюватимуть, що дозволить відокремлювати зразки, що падають з конвеєрної стрічки практично одночасно.

Зазначено, що для управління якісними характеристиками сировини, що надходить на переробку, необхідно здійснювати оперативний контроль та точне вимірювання характеристик у процесі сортування плодоовочевої сировини. Найкращі характеристики точності мають датчики ваги на основі тензорезисторів, що забезпечує взаємозамінність датчиків. Для реалізації підсистеми контролю характеристик плодоовочевої сировини в системі сортування було обрано конвеєрні ваги з однією роликовою опорою моделі Milltronics MSI компанії Siemens. Дана модель забезпечує безперервне зважування потоку сировини та працює спільно з мікропроцесорним інтегратором, що дозволяє отримувати наступну інформацію про потік: витрата в конкретний момент часу, сумарні витрати, навантаження на стрічку та швидкість потоку сировини на транспортері.

Список літератури

1. Balabanov P.V., Divin A.G., Egorov A.S. Mechatronic system for fruit and vegetables sorting. *Journal materials science and engineering*. 2020. Vol. 734. P. 112–128.
2. Cubero S, Albert F., Blasco J. Automated systems based on machine vision for inspecting citrus fruits from the field to postharvest. *Journal food and bioprocess technology*. 2016. Vol. 9. P. 1623–1639.
3. Cubero S., Aleixos N., Blasco J. Advances in machine vision applications for automatic inspection and quality evaluation of fruits and vegetables. *Journal food and bioprocess technology*. 2017. Vol. 4. P. 487–504.
4. Machine vision-based measurement systems for fruit and vegetable quality control in postharvest. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/10_2016_51 (дата звернення: 15.03.2023).
5. Bambang Kuswandi, Mohammed Wasim Siddiqui. Sensor-based quality assessment systems for fruits and vegetables. New York: Apple Academic Press, 2020. 324 p.
6. Zhou Z., Huang Y., Li X. Automatic detecting and grading method of potatoes based on machine vision. *Transactions of the Chinese society of agricultural engineering*. 2012. Vol. 28. P. 178–183.
7. Лопатинський І.Є., Зачек І.Р. Фізика. Львів: Афіша, 2005. 394 с.
8. Воловик П.М. Фізика. К.: Перун, 2005. 864 с.
9. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики. К.; Техніка, 2006. 452с.
10. Siemens Milltronics MSI. URL: www.cee.siemens.com/web/ua/ru/sensors/instrumentation/batching-systems/milltronics/Pages/milltronics-msi.aspx (дата звернення: 12.03.2023).

References

1. Balabanov, P. V., Divin, A. G., Egorov, A. S. (2020). *Mekhatronna systema dlya sortuvannya fruktiv i ovochiv* [Mechatronic system for fruit and vegetables sorting], *Zhurnal materialoznavstvo ta tekhnika* [Journal materials science and engineering], 734, p. 112–128.
2. Cubero, S.; Albert, F.; Blasco, J. (2016). *Avtomatyzovani systemy na osnovi mashynnoho zoru dlya perevirky tsytrusovykh vid polya do pislyazbyral'noho periodu* [Automated systems based on machine vision for inspecting citrus fruits from the field to postharvest], *Zhurnal tekhnolohiyi kharchovykh produktiv i bioprotsesiv* [Journal food and bioprocess technology], 9, p. 1623–1639.
3. Cubero, S., Aleixos, N., Blasco, J. (2017). *Udoskonalennya prohram mashynnoho zoru dlya avtomatychnoho kontrolyu ta otsinky yakosti fruktiv i ovochiv* [Advances in machine vision applications for automatic inspection and quality evaluation of fruits and vegetables], *Zhurnal tekhnolohiyi kharchovykh produktiv i bioprotsesiv* [Journal food and bioprocess technology], 4, p. 487–504.
4. Machine vision-based measurement systems for fruit and vegetable quality control in postharvest. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/10_2016_51 (date of application: 15.03.2023).
5. Kuswandi, Bambang; Wasim Siddiqui, Mohammed. (2020). *Sensorni systemy otsinky yakosti fruktiv i ovochiv* [Sensor-based quality assessment systems for fruits and vegetables]. New York: Apple Academic Press, 324 p.
6. Zhou, Z.; Huang, Y.; Li, X. (2012). *Metod avtomatychnoho vyyavlennya ta sortuvannya kartopli na osnovi mashynnoho zoru* [Automatic detecting and grading method of potatoes based on machine vision], *Pratsi Kytays'koho tovarystva sil's'kohospodars'koho mashynobuduvannya* [Transactions of the Chinese society of agricultural engineering], 28, p. 178–183.
7. Lopatinskiy, I. Ye., Zachek, I. R. (2005). *Fizyka* [Physics]. Lviv, Poster, 394 p.
8. Volovyk, P.M. (2005). *Fizyka* [Physics]. Kyiv, Perun, 864 p.
9. Kucheruk, I. M.; Horbachuk, I. T.; Lutsyk, P. P. (2006). *Zahal'nyy kurs fizyky* [General course of physics]. Kyiv, Machinery, 452 p.

10. *Siemens Milltronics MSI* [Siemens Milltronics MSI]. URL: www.cee.siemens.com/web/ua/ru/sensors/instrumentation/batching-systems/milltronics/Pages/milltronics-msi.aspx (date of application: 12.03.2023).

Objective. *The article is aimed at improving the design and technological parameters of the sorting device and the system for measuring the physical characteristics of fruit and vegetable raw materials.*

Methods. *Methods based on non-contact identification of fruit and vegetable raw materials are used in the work, namely sensory assessment of product quality, since the quality of fresh products based on physical characteristics plays an important role in the perception of the product by the consumer, as well as methods of mathematical physics.*

Results. *It is indicated that human health largely depends on the quality of the food consumed by him. Therefore, it is important to supply high-quality and safe raw materials. Quality is determined based on certain external features such as shape, color, elasticity, taste, visible spots and some internal features such as maturity, sugar content, biochemical composition, pigments, dry matter and pectin ingredients. One way to solve this problem is to sort fruit and vegetable raw materials before storing them. It is noted that sorting involves the removal of samples with inappropriate sizes and damage resulting from mechanical action or phytodis. The methods used in industry are analyzed: mechanical methods (vibration analysis and electronic nose); optical methods (infrared spectroscopy, time and space spectroscopy, electron eye); magnetic methods (magnetic resonance imaging and electrical conductivity method); acoustic methods (ultrasonic and pulsed reaction methods); dynamic methods (X-ray and CT). A generalized structure of the sorting system of fruit and vegetable raw materials with a gate actuator mechanism has been developed. To increase the efficiency of sorting in conditions of a sufficiently close location of apples on the conveyor, it is advisable to install several sliding mechanisms that will work independently, which will separate samples falling from the conveyor belt almost simultaneously. It is noted that in order to manage the quality characteristics of raw materials entering processing, it is necessary to carry out operational control and accurate measurement of characteristics in the process of sorting fruit and vegetable raw materials. Weight sensors based on deformation resistors have the best accuracy characteristics, which ensures the interchangeability of the sensors. To implement the subsystem for monitoring the characteristics of fruit and vegetable raw materials in the sorting system, conveyor scales with one roller support of the Milltronics MSI model of Siemens were selected. This model provides continuous weighing of the raw material flow and works in conjunction with a microprocessor integrator to obtain the following flow information: flow at a particular point in time, total costs, belt load and raw material flow rate on the conveyor.*

Key words: *structural and technological parameters, sorting device, actuator, measurement of physical characteristics, weight sensors, conveyor scales, fruit and vegetable raw materials.*

*Дейниченко Г. В., д-р. техн. наук,
професор¹*

Горелков Д. В., канд. техн. наук, доцент²

Червоний В. М., канд. техн. наук, доцент²

Перекрест В. В., канд. техн. наук, доцент³

¹Державний біотехнологічний університет, (м. Харків, Україна), e-mail:

deinychenkogv@ukr.net

²Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, (м. Харків, Україна), e-mail:

gorelkov.dmv@gmail.com

³Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: perekrest@donnuet.edu.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОСЬОВОГО РІЗАННЯ ПЛОДІВ ПЕРЦЮ СОЛОДКОГО ПРИ ВІДОКРЕМЛЕННІ НАСІННИКА ВІД М'ЯКОТИ

UDC 635.649:641.512.5.06

*Deinichenko G., Grand PhD of Engineering
Science, Professor¹*

*Horielkov D., PhD in Engineering sciences,
Associate Professor²*

*Chervonyi V., PhD in Engineering sciences,
Associate Professor²*

*Perekrest V., PhD in Engineering sciences,
Associate Professor³*

¹State Biotechnological University (Kharkiv, Ukraine), email: deinychenkogv@ukr.net

²V. N. Karazin Kharkiv National University (Kharkiv, Ukraine), email: gorelkov.dmv@gmail.com

³Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (Kryvyi Rih, Ukraine), email: perekrest@donnuet.edu.ua

STUDY OF THE PROCESS OF AXIAL CUTTING OF SWEET PEPPER FRUITS WHEN SEPARATION OF THE SEED FROM THE PULP

Мета. Мета та завдання статті полягає у визначенні впливу структурно-механічних характеристик плодів перцю солодкого та геометрії зубців ножа на величину зусилля осьового різання під час їх очищення за допомогою розробленої методики та експериментальної установки.

Методи. В ході проведення досліджень було використано експериментальні методи досліджень з використанням контрольно-вимірювальної приладів, сучасні методи математичної статистики, стандартні методики дослідження харчової сировини.

Результати. Зазначено, що напрямок переробки плодоовочевої сировини, як суттєва складова харчової промисловості держави потребує впровадження інноваційних техніко-технологічних рішень, зокрема за рахунок конструювання нових зразків технологічного обладнання. Проаналізовано перспективи впровадження інноваційних розробок в галузі переробки плодоовочевої сировини. Окреслені проблемні питання впровадження інновацій та проблемні питання удосконалення процесів механічної обробки овочевої сировини. Розкриті актуальні завдання для дослідження процесу очищення перцю солодкого та основні процесні параметри. Представлені результати експериментальних досліджень процесу різання плодів

перцю солодкою під час їх очищення. Під час проведення дослідження визначався вплив на зусилля різання таких геометричних характеристик плодів перцю солодкою, як характеристичне число Z , коефіцієнт форми плодів k_f , товщина м'якоті b , на зусилля осьового різання $P_{різ}$ конусоподібними ножами, а також визначався вплив характеру руху ножа та геометричної форми зубців ріжучої крайки на зусилля осьового прорізання. Окреслені основні напрямки подальших експериментальних досліджень процесу різання плодів перцю солодкою та подібних до нього плодів. Проведено оцінку якості очищення плодів перцю в залежності від форми ріжучої крайки. Отримані експериментальні дані процесу різання плодів перцю солодкою дозволили визначити основні процесні та конструктивні параметри для удосконалення конструкції машини для його очищення від насінника з подальшим видаленням насіння.

Ключові слова: перець солодкий, зусилля різання, характеристичне число, форма ріжучої крайки, модуль пружності, об'єм м'якоті, довжина ріжучої крайки.

Постановка проблеми. Пріоритетним напрямком укріплення зовнішньоекономічних позицій України та покращення внутрішньої економічної ситуації є зниження рівня її енергетичної залежності. Одним із шляхів стабілізації економіки є проведення ресурсозберігаючих заходів в харчовій промисловості, які стають необхідними на фоні загальносвітової продовольчої кризи. Першочерговим завданням для харчової промисловості є використання енерго- та ресурсозберігаючих технологій при виробництві продукції. Особливо актуальним це питання постало з приведенням вітчизняних виробництв до стандартів СОТ. Загальносвітові вимоги передбачають високу якість та екологічну чистоту продукції, що на пряму залежить від ефективності технологій, процесів та апаратів для переробки сільськогосподарської сировини та рівня їх автоматизації та механізації. Однією з найперспективніших галузей харчової промисловості для її розвитку та виходу на світовий ринок є овочепереробна промисловість [8], до структури якої органічно входять невеликі підприємства, що розташовані безпосередньо в місцях вирощування сировини. Зниженню їх конкурентоспроможності сприяє трудомісткість і тривалість більшості процесів переробки овочевої сировини, високий відсоток використання ручної праці, моральний знос та недосконалість існуючого обладнання. Особливо актуальним стає питання розробки прогресивних видів техніки, які сприятимуть забезпеченню високих показників якості продукції та інтенсифікації основних процесів виробництва на невеликих переробних підприємствах [4,5,6]. Вчасного апаратного оформлення потребує такий процес попередньої обробки сировини, як очищення плодів з ускладненою будовою, яким є перець солодкий. Тому необхідним є забезпечення реалізації ресурсозберігаючого процесу очищення плодів перцю солодкою з урахуванням його індивідуальних особливостей.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Виходячи з обраного Україною загальнодержавного напрямку на ресурсозбереження та енергозаощадження першочерговим завданням для харчової промисловості є зменшення втрат під час переробки сільськогосподарської сировини [1, 2]. Одним зі шляхів забезпечення обраного напрямку є розробка та впровадження у виробництво нових технологій та обладнання для очищення плодів солодкою перцю. Солодкий перець є цінною для людини овочевою культурою. Але, незважаючи на розповсюдженість та століття використання, питання його очищення від насінника та насіння залишаються до кінця не вирішеними і на теперішній час. На підприємствах, що спеціалізуються на переробці цієї культури, процес очищення реалізується переважно з використанням ручної праці за допомогою примітивних ріжучих пристроїв. Таке становище утворилося внаслідок морального та фізичного зносу створеного раніше обладнання для реалізації процесу очищення плодів перцю солодкою. Більшість розроблених процесів очищення плодів перцю втратили свою актуальність, оскільки характеризуються значними енерговитратами, низькими показниками якості видалення насінника та насіння, а також використанням додаткового обладнання для доочищення. Перспективним напрямком

інтенсифікації та механізації процесу очищення плодів перцю солодкого є розробка нового комбінованого способу із одночасним поєднанням процесів осьового прорізання для відокремлення насінника та видалення насіння за рахунок впливу стиснутого повітря. Реалізація інноваційного процесу очищення ускладнюється відсутністю комплексних досліджень в цьому напрямку в цілому [5,7], зокрема адекватної інформації щодо характерних структурно-механічних властивостей плодів перцю, методик та експериментальних установок [9,10] для визначення їх впливу на параметри процесу.

Мета статті. Мета та завдання статті полягає у визначенні впливу структурно-механічних характеристик плодів перцю солодкого та геометрії зубців ножа на величину зусилля осьового різання під час їх очищення за допомогою розробленої методики та експериментальної установки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Отримаємо модель процесу різання перцю солодкого з метою визначення впливу структурно-механічних характеристик сировини та конструкції ножа на зусилля різання під час відділення плодоніжки. Виходячи з фізичних міркувань можна вважати, що зусилля різання залежить від характерного розміру ножа (діаметра), довжини ріжучої кромки, яка залежить від форми зубців, та фізичних характеристик сировини: модуля пружності, форми та розмірів плода. [1] З урахуванням запропонованих геометричних характеристик плодів перцю об'єм його м'якоті пропорційний добутку характеристичного числа Z на товщину м'якоті

$$V \approx Zb, \quad (1)$$

де V - об'єм м'якоті перцю, m^3 ;

b - товщина м'якоті, m .

Відповідно до обраних параметрів математична модель на якісному рівні має наступний символічний вигляд

$$P = f(E, l, V, D, k_\phi) \quad (2)$$

де E - модуль пружності м'якоті перцю, Па;

D - діаметр корпусу ножа, m ;

l - довжина ріжучого леза ножа, m .

Залежність (2) згідно π - теорема може бути представлена у вигляді залежності між числами подібності [3]. Функцію (2) можна записати у вигляді степеневі залежності

$$P = C \cdot E^\alpha \cdot l^\beta \cdot V^\gamma \cdot D^\delta \cdot k_\phi^\varepsilon, \quad (3)$$

де $C, \alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$ - невідомі числові коефіцієнти.

Враховуючи, що розмірності обох частин залежності (3) однакові, а C - безрозмірний коефіцієнт, замінимо всі величини в ній розмірностями цих величин.

$$M \cdot L \cdot \tau^{-2} = (M \cdot L^{-1} \cdot \tau^{-2})^\alpha \cdot (L)^\beta \cdot (L^3)^\gamma \cdot (L)^\delta \cdot (M^0 \cdot L^0 \cdot \tau^0)^\varepsilon. \quad (4)$$

Складаємо рівняння відносно основних одиниць вимірювання:

Для маси M : $1 = \alpha$.

Для довжини L : $1 = -\alpha + \beta + 3\gamma + \delta$.

Для часу τ : $-2 = -2\alpha$.

Звідки визначаємо показники степенів α та δ і одержуємо наступне рівняння

$$P = C \cdot E \cdot l^\beta \cdot V^\gamma \cdot D^{2-\beta-3\gamma} \cdot k_\phi^\varepsilon. \quad (5)$$

Збираючи подібні ступені у (5), остаточно отримуємо математичну модель процесу різання перцю під час відділення плодоніжки.

$$\frac{P}{ED^2} = C \left(\frac{l}{D} \right)^\beta \left(\frac{Zb}{D^3} \right)^\gamma k_\phi^\varepsilon \quad (6)$$

де невідомі коефіцієнти $C, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$ мають бути визначеними з експериментальних даних.

У таблицях 1-5 наведені експериментальні данні залежності зусилля різання перцю з різним коефіцієнтом форми

Таблиця 1 – Зусилля різання плодів перцю солодкого конусної форми, $k_{\phi}=0.33$

Форма зубців ріжучих крайок	Довжина леза, мм	Зусилля різання $P, Н$	Характеристичне число $Z=L \cdot D, м^2$	Товщина м'якоті $b, м$
Прямокутні симетричні	17,2	76,8	$4,8 \cdot 10^{-3}$	0,004
		101,0	$7,1 \cdot 10^{-3}$	0,006
		106,1	$12,1 \cdot 10^{-3}$	0,008
Прямокутні	18,5	88,8	$4,8 \cdot 10^{-3}$	0,004
		95,0	$7,1 \cdot 10^{-3}$	0,006
		102,3	$12,1 \cdot 10^{-3}$	0,008
Самовклинюючі косі	20,5	65,6	$4,8 \cdot 10^{-3}$	0,004
		73,0	$7,1 \cdot 10^{-3}$	0,006
		78,7	$12,1 \cdot 10^{-3}$	0,008
Самовклинюючі закруглені	24,3	57,4	$4,8 \cdot 10^{-3}$	0,004
		63,8	$7,1 \cdot 10^{-3}$	0,006
		68,2	$12,1 \cdot 10^{-3}$	0,008

Таблиця 2 – Зусилля різання плодів перцю солодкого пірамідальної форми, $k_{\phi}=0.21$

Форма зубців ріжучих крайок	Довжина леза, мм	Зусилля різання $P, Н$	Характеристичне число $Z=L \cdot D, м^2$	Товщина м'якоті $b, м$
Прямокутні симетричні	17,2	72,1	$4,8 \cdot 10^{-3}$	0,004
		84,8	$7,1 \cdot 10^{-3}$	0,006
		88,9	$12,1 \cdot 10^{-3}$	0,008
Прямокутні	18,5	71,5	$4,8 \cdot 10^{-3}$	0,004
		78,7	$7,1 \cdot 10^{-3}$	0,006
		84,8	$12,1 \cdot 10^{-3}$	0,008
Самовклинюючі косі	20,5	55,0	$4,8 \cdot 10^{-3}$	0,004
		59,4	$7,1 \cdot 10^{-3}$	0,006
		64,7	$12,1 \cdot 10^{-3}$	0,008
Самовклинюючі закруглені	24,3	37,5	$4,8 \cdot 10^{-3}$	0,004
		42,3	$7,1 \cdot 10^{-3}$	0,006
		48,0	$12,1 \cdot 10^{-3}$	0,008

Таблиця 3 – Зусилля різання плодів перцю солодкого усічено-пірамідальної форми, $k_{\phi}=0.38$

Форма зубців ріжучих крайок	Довжина леза, мм	Зусилля різання $P, Н$	Характеристичне число $Z=L \cdot D, м^2$	Товщина м'якоті $b, м$
Прямокутні симетричні	17,2	110,3	$4,8 \cdot 10^{-3}$	0,004
		116,8	$7,1 \cdot 10^{-3}$	0,006
		125,2	$12,1 \cdot 10^{-3}$	0,008
Прямокутні	18,5	109,2	$4,8 \cdot 10^{-3}$	0,004
		114,3	$7,1 \cdot 10^{-3}$	0,006
		118,7	$12,1 \cdot 10^{-3}$	0,008
Самовклинюючі косі	20,5	94,0	$4,8 \cdot 10^{-3}$	0,004
		98,4	$7,1 \cdot 10^{-3}$	0,006
		104,6	$12,1 \cdot 10^{-3}$	0,008
Самовклинюючі закруглені	24,3	78,9	$4,8 \cdot 10^{-3}$	0,004
		82,7	$7,1 \cdot 10^{-3}$	0,006
		86,3	$12,1 \cdot 10^{-3}$	0,008

Таблиця 4 – Зусилля різання плодів перцю солодкого шароподібної форми, $k_\phi=0.66$

Форма зубців ріжучих крайок	Довжина леза, мм	Зусилля різання P , Н	Характеристичне число $Z=L \cdot D$, м ²	Товщина м'якоті b , м
Прямокутні симетричні	17,2	142,0	$4,8 \cdot 10^{-3}$	0,004
		147,9	$7,1 \cdot 10^{-3}$	0,006
		153,8	$12,1 \cdot 10^{-3}$	0,008
Прямокутні	18,5	126,9	$4,8 \cdot 10^{-3}$	0,004
		130,0	$7,1 \cdot 10^{-3}$	0,006
		137,5	$12,1 \cdot 10^{-3}$	0,008
Самовклинюючі косі	20,5	109,4	$4,8 \cdot 10^{-3}$	0,004
		114,2	$7,1 \cdot 10^{-3}$	0,006
		127,1	$12,1 \cdot 10^{-3}$	0,008
Самовклинюючі закруглені	24,3	95,0	$4,8 \cdot 10^{-3}$	0,004
		100,8	$7,1 \cdot 10^{-3}$	0,006
		104,7	$12,1 \cdot 10^{-3}$	0,008

Для знаходження коефіцієнтів критеріального рівняння (6) були використанні данні про значення модуля пружності м'якоті солодкого перцю отримані у роботі [1], згідно яких за невеликих деформацій він дорівнює $E=70 \cdot 10^5$ Па. Діаметр ріжучого вузлу ножа незалежно від досліджених форм зубців ріжучої крайки становив сталі значення $D=32$ мм.

Невідомі коефіцієнти $C, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$ були знайдені з регресійного аналізу експериментальних даних. Для цього рівняння (3.6) представимо у вигляді лінійного регресійного рівняння

$$Y = \ln(C) + \beta X_1 + \gamma X_2 + \varepsilon X_3, \quad (7)$$

$$\text{де } Y = \ln\left(\frac{P}{ED^2}\right); \quad X_1 = \ln\left(\frac{l}{D}\right); \quad X_2 = \ln\left(\frac{Zb}{D^3}\right); \quad X_3 = \ln(k_\phi).$$

На підставі експериментальних даних наведених у таблицях (1-4) за допомогою стандартних процедур програмного засобу Mathcad, було знайдено коефіцієнти регресійного рівняння (7). З урахуванням цього критеріальне рівняння різання під час відділення плодоніжки перцю солодкого має наступний вигляд

$$\frac{P}{ED^2} = 0,012 \left(\frac{l}{D}\right)^{-1,24} \left(\frac{Zb}{D^3}\right)^{0,082} k_\phi^{0,53} \quad (8)$$

На рис. 1 наведена кореляція рівняння (8) з експериментальними даними зусилля різання. Відносна похибка визначення зусилля різання за рівнянням (8) складає 7,5%.

Згідно цього рівняння найбільший вплив на зусилля різання мають два фактори: довжина леза ріжучої крайки l та коефіцієнт форми плоду k_ϕ . На рисунках 2-3 наведено залежність зусилля різання від факторів, що входять до критеріального рівняння (8).

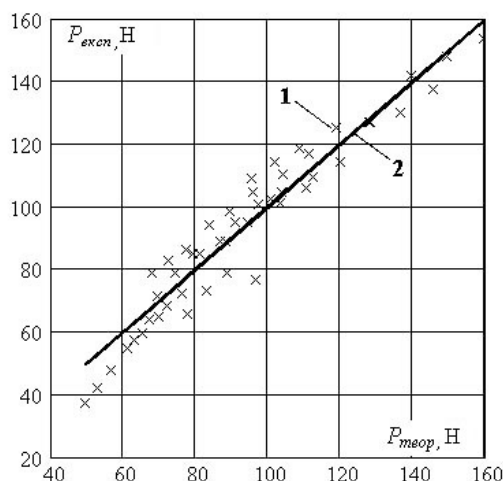


Рисунок 1 – Кореляція експериментальних даних зусилля різання з критеріальним рівнянням (8). 1 – експериментальні данні, 2 – розрахунок за рівнянням (8)

Діапазон змінювання безрозмірних факторів X_1 , X_2 , X_3 на рис. 1-3 відповідає діапазону змінювання величин Z, b, l, k_ϕ згідно експериментальних даних, що наведені у таблицях 1-4.

Отримані результати свідчать про те, що чим менший об'єм м'якоти плоду, його коефіцієнт форми та менша довжина ріжучої крайки леза, тим менше зусилля різання.

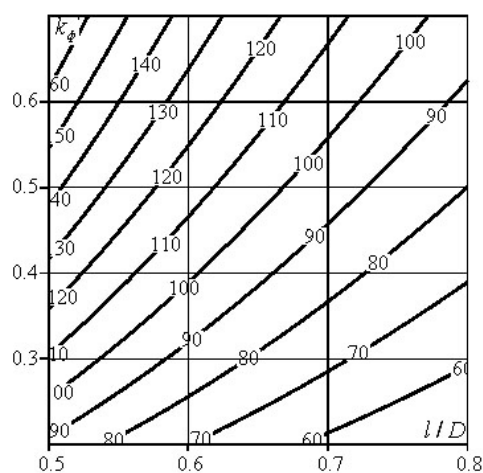


Рисунок 2 – Залежність зусилля різання від довжини леза ріжучої крайки та коефіцієнта форми плоду для $Zb/D^3 = 1,6$.

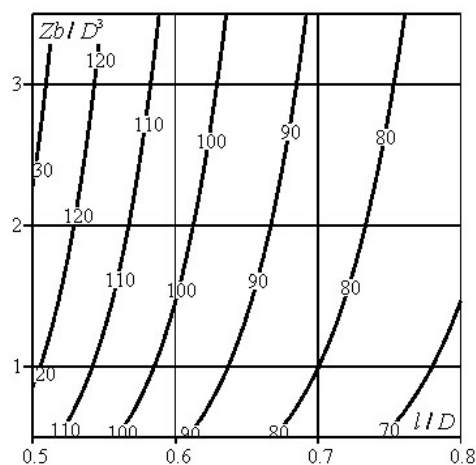


Рисунок 3 – Залежність зусилля різання від довжини леза ріжучої крайки та об'єму м'якоти плоду для $k_\phi = 0,38$.

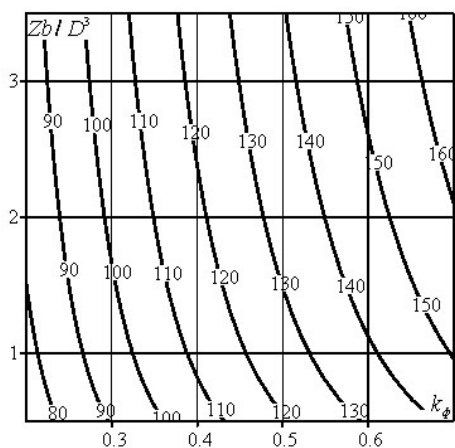


Рисунок 4 – Залежність зусилля різання від геометричних характеристик плода перцю для прямокутних симетричних зубців леза $l = 17,2$ мм.

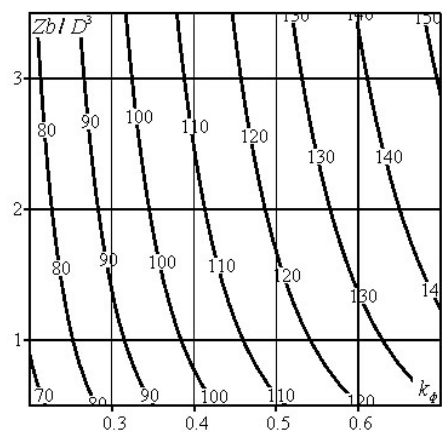


Рисунок 5 – Залежність зусилля різання від геометричних характеристик плода перцю для прямокутних зубців леза $l = 18,5$ мм.

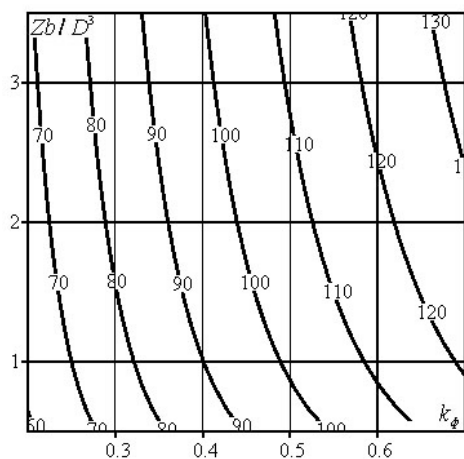


Рисунок 6 – Залежність зусилля різання від геометричних характеристик плода перцю для самовклинюючих косих зубців леза $l = 20,5$ мм.

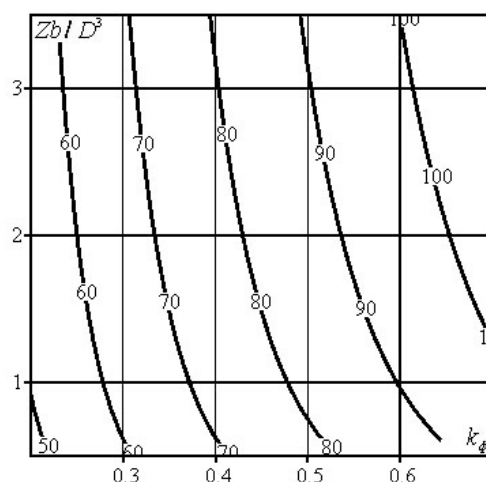


Рисунок 7 – Залежність зусилля різання від геометричних характеристик плода перцю для самовклинюючих закруглених зубців леза $l = 24,3$ мм.

На рис. 4-7 наведено розрахункові дані за критеріальним рівнянням (8) про вплив геометричних характеристик плода перцю на зусилля різання для чотирьох досліджених типів зубців ножів: прямокутні симетричні, прямокутні, самовклинюючі косі, самовклинюючі закруглені.

Як свідчать наведені на цих рисунках данні, ножі з самовклинюючими косими зубцями займають середню позицію за зусиллям різання серед чотирьох досліджених типів ножів ($P \approx 100$ Н). Найменше зусилля різання має місце при використанні ножів з самовклинюючими закругленими зубцями, для яких зусилля різання в середньому на 20% менше чим при використанні самовклинюючих косих зубців ($P \approx 80$ Н). У той же час при використанні прямокутних симетричних зубців зусилля різання у середньому на 20% більше, чим для ножів з самовклинюючими косими зубцями ($P \approx 120$ Н). Ножі з прямокутними зубцями наближаються по зусиллю різання до ножів з самовклинюючими косими зубцями і мають зусилля різання у середньому на 10% більше чим останні ($P \approx 110$ Н).

Для вибору раціональної форми ріжучої кромки ножів треба враховувати не тільки зусилля різання, але й якість процесу різання. Основні види браку при прорізанні плодів перцю наступні: розриви м'якоті, проштовхування плодоніжок, залишки насіння. У якості показника якості очищення перцю було обрано комплексний показник – добуток окремих показників якості:

$$\Pi = \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3, \quad (9)$$

де $\Pi_i = 1 - B_i / 100$ – показник якості у відносних одиницях $0 \leq \Pi_i \leq 1$,
 B_i – процент браку підчас процесу прорізання, %.

У таблиці 5 наведено експериментальні данні про показники якості очищення плодів перцю при використанні ножів з зубцями різної форми.

Таблиця 5 – Показники якості очищення плодів солодкого перцю

Форма зубців ріжучих крайок	Види браку при очищенні плодів перцю солодкого			
	Розриви м'якоті. %	Проштовхування плодоніжок. %	Залишки насіння. %	Комплексний показник якості, П, %
Прямокутні симетричні	15	13	10	66,6
Прямокутні	6-8	5-6	0	87,9
Самовклинючі косі	2	2	0	96
Самовклинючі закруглені	0	0	0	100

Згідно цих даних найкращих показник якості очищення спостерігається при застосуванні ножів з самовклинючими закругленими зубцями, найгірший при використанні ножів з прямокутними симетричними зубцями. Середній комплексний показник якості серед досліджених форм зубців 87,6% практично співпадає з цим показником для зубців прямокутної форми.

Висновки. Таким чином можна зробити висновок, що отримане рівняння розрахунку зусилля різання справедливе для процесу різання при фіксованих геометричних розмірах ріжучих органів і не дає змоги врахувати кут загострення леза та конусність ножів. Тому подальшим напрямком досліджень є визначення впливу геометричних параметрів ножів на зусилля різання. Зауважимо, що показник якості різання щільно корелює з середнім зусиллям різання для певної форми зубців ріжучої крайки, що дозволяє однозначно визначитись з раціональною формою ножів.

Список літератури

1. Дейниченко Г. В., Терешкін О. Г., Горелков Д. В. Удосконалення комбінованих способів переробки плодів баклажана та перцю солодкого: монографія. Харків: 2011. 224 с.
2. Садигов К. Д. Наукове обґрунтування та розробка способу вилучення насіння із гарбузових плодів: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12. 1998. 16 с.
3. Методи досліджень та організація експериментів / під ред. проф. К. П. Власова. Х.: Гуманітарний центр, 2002. 256 с.
4. Deynichenko G., Dmytrevsky D., Chervonyi V., Udovenko O., Omelchenko O., Melnik O. Modeling of the process of peeling jerusalem artichoke in order to determine parameters for conducting production process. *Eastern-european journal of enterprise technologies*. 2017. Т. 3. № 11 (87). С. 52–60. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.103855>.
5. Терешкін О. Г., Горелков Д. В., Дмитревський Д. В. Дослідження параметрів комбінованого процесу очищення цибулі ріпчастої. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2013. Вип. 1 (17). Ч. 1. С. 159-165.
6. Шеїна А. В., Омельченко О. В., Мельник О. Є. Залежність структурно-механічних властивостей овочів від фактора швидкості. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2018. 1 (36). С. 30-39.
7. Хорольський В. П., Хорольский В. П., Шеїна А. В., Шеина А. В. Методика дослідження якості нарізки овочевої сировини та визначення факторів впливу. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2018. 1 (27). С. 243-254.
8. Ягодзінська А. Дослідження потенціалу сфери переробки продовольства харчової промисловості. *Modeling the development of the economic systems*. 2022. №2. С. 138-144.

9. Singh V., Das M., Das S. K. Effects of knife edge angle and speed on peak force and specific energy when cutting vegetables of diverse texture. *International Journal of Food Studies*. 2016. №5 (1). P. 85-92.
10. Yousuf B., Deshi V., Ozturk, B., Siddiqui M. W. Quality issues and safety concerns. In: *Fresh-cut fruits and vegetables*. 2020. pp. 1-15.

References

1. Deinychenko, H. V., Tereshkin, O. H., Horielkov, D. V. (2011). *Udoskonalennia kombinovanykh sposobiv pererobky plodiv baklazhana ta pertsiiu solodkoho* [Improvement of combined methods of processing eggplant and sweet pepper fruits]: monohraf. Kharkiv, 224 p.
2. Sadyhov, K.D. (1998). *Naukove obgruntuvannya ta rozrobka sposobu viluchennya nasynnya iz garbuzovih plodiv* [The scientific rationale and development of the method extract seeds from pumpkin fruit]: avtoref. dis...kand. tehn. nauk, Odessa, 16 p.
3. Vlasova, K. (2002). *Metodi issledovaniy i organizatsii eksperimentov*, [Methods of research and organization of experiments]. Gumanitarnij centr. Kharkiv : 256 p.
4. Deynichenko, G., Dmytrevsky, D., Chervonyi, V., Udovenko, O., Omelchenko, O., Melnik, O. (2017). Modeling of the process of peeling jerusalem artichoke in order to determine parameters for conducting production process. *Eastern-european journal of enterprise technologies*, vol. 3, no. 11 (87), p. 52–60. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.103855>.
5. Tereshkin, O. H., Horielkov, D. V., Dmytrevskiy, D. V. (2013) *Doslidzhennia parametriv kombinovanoho protsesu ochyshchennia tsybuli ripchastoi*. [Follow-up parameters of the combined process of cleaning the cibula ripchastoy], *Prohresyvni tekhnika ta tekhnologii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli* [Progressive equipment and technologies of food production, restaurant industry and trade], Vol. 1(17), Ch. 1, 159-165.
6. Sheina, A. V., Omelchenko, O. V., Melnyk, O. Ye. (2018). *Zalezhnist strukturno-mekhanichnykh vlastyvostei ovochiv vid faktora shvydkosti*. [The fallowing of structural-mechanical power of vegetables in the factor of freshness.], *Obladnannia ta tekhnologii kharchovykh vyrobnytstv* [Equipment and technologies of food production], 1 (36), p. 30-39.
7. Khorolskyi, V. P., Khorolskyi, V. P., Sheina, A. V., Sheyna, A. V. (2018). *Metodyka doslidzhennia yakosti narizky ovochevoi syrovyny ta vyznachennia faktoriv vplyvu*. [Methodology for assessing the quality of the vegetable syrovina and the selection of factors in the injection] *Prohresyvni tekhnika ta tekhnologii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli*, 1 (27), p. 243-254.
8. Yahodzinska, A. (2022). *Doslidzhennia potentsialu sfery pererobky prodovolstva kharchovoi promyslovosti*. [Exploring the potential of food processing in the grub industry], *Modeling the development of the economic systems*, 2, p. 138-144.
9. Singh, V., Das, M., Das, S. K. (2016). Effects of knife edge angle and speed on peak force and specific energy when cutting vegetables of diverse texture, *International Journal of Food Studies*, 5 (1), p. 85-92.
10. Yousuf, B., Deshi, V., Ozturk, B., Siddiqui, M. W. (2020). Quality issues and safety concerns. In: *Fresh-cut fruits and vegetables*. P. 1-15.

Objective. *The purpose and objective of the article is to determine the influence of the structural and mechanical characteristics of sweet pepper fruits and the geometry of the knife teeth on the magnitude of the axial cutting force during their cleaning using the developed methodology and experimental setup.*

Methods. *In the course of the research, experimental methods of research with the use of control and measuring devices, modern methods of mathematical statistics, and standard methods of research of food raw materials were used.*

Results. *The prospects for the introduction of innovative developments in the field of processing of fruit and vegetable raw materials are analyzed. The problematic issues of the introduction of innovations and the problematic issues of improving the processes of mechanical processing of*

vegetable raw materials are outlined. Actual tasks for the research of the sweet pepper cleaning process and the main process parameters are revealed. The results of experimental studies of the process of cutting sweet pepper fruits during their cleaning are presented. During the study, the influence of such geometric characteristics of sweet pepper fruits as the characteristic number Z , fruit shape factor k_f , flesh thickness b on the cutting effort was determined, on the axial cutting effort Cutting with conical knives, as well as the influence of the nature of the knife movement and geometric shape was determined teeth of the cutting edge for axial cutting forces. The main directions of further experimental studies of the process of cutting sweet pepper fruits and similar fruits are outlined. Evaluation of the quality of pepper fruit cleaning was carried out depending on the shape of the cutting edge.

Key words: *sweet pepper, cutting force, characteristic number, shape of the cutting edge, modulus of elasticity, pulp volume, length of the cutting edge.*

DOI : 10.33274/2079-4827-2023-46-1-53-60

УДК 681.5:(664633.49)(045)

Цвіркун Л. О.¹, канд. пед. наук
Омельченко О. В.¹, канд. техн. наук
Цвіркун С. Л.², канд. техн. наук
Шкільна Ю. С.¹, здобувач ОС магістра
Шилін А. С.¹, здобувач ОС бакалавра

¹Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: cvirkun@donnuet.edu.ua.

²Криворізький національний університет (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: tserg30@ukr.net

АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ СОРТУВАННЯ КАРТОПЛІ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ МАШИННОГО ЗОРУ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНІЧНОГО РУХУ СИРОВИНИ

UDC 681.5:(664633.49)(045)

Tsvirkun L. A.¹, PhD in Pedagogical sciences
Omelchenko O. V.¹, PhD in Engineering sciences
Tsvirkun S. L.², PhD in Engineering sciences
Shkilna Yu. S.¹, a graduate of a master's degree
Shilin A. S.¹, a graduate of a bachelor degree

¹Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (Kryvyi Rig, Ukraine), e-mail: cvirkun@donnuet.edu.ua. Krivoy Rog

²Kryvyi Rih National University (Kryvyi Rih, Ukraine), e-mail: tserg30@ukr.net

AUTOMATED CONTROL OF THE PROCESS OF SORTING POTATOES USING A MACHINE VISION SYSTEM BASED ON THE ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF THE MECHANICAL MOVEMENT OF THE RAW MATERIAL

Мета. Метою статті є автоматизоване управління процесом сортування картоплі із використанням системи машинного зору на основі аналізу характеристик механічного руху сировини.

Методи. У роботі для автоматизованого управління процесом сортування картоплі на основі регулярності форми під час транспортування на сортувальному пристрої, застосовано методи теоретичної механіки, методи сортування на основі систем машинного зору, методи обробки зображень.

Результати. Зазначено, що картопля відноситься до найважливіших сільськогосподарських культур. Вона займає четверте місце у світі після кукурудзи, пшениці та рису. Відрізняється різноманітними розмірами та формою. Вважається, що серед усіх найважливіших характеристик за якими здійснюється процес сортування картоплі є її форма, оскільки пошкодження та порізи під час збору врожаю та обробки додають додаткові типи форм. Розглянуто методи сортування картоплі на основі застосування систем машинного зору, які уможливають розпізнавання не лише зовнішніх дефектів (зелена шкіра, паростки, синці, механічні травми), а й внутрішніх дефектів (чорне серце, водяне ядро, пошкодження морозом, внутрішні порожнини). Сконцентровано увагу на тому, що ефективно сортування овочевої сировини має відбуватися при подачі на сортувальну поверхню в один або півтора шари та забезпечувати безвідривне переміщення щодо

© Цвіркун Л. О., Омельченко О. В., Цвіркун С. Л.,
Шкільна Ю. С., Шилін А. С.

виконавчого механізму. Тому форма сортувальної поверхні безпосередньо визначатиме ефективність процесу сортування. Чим менш стійким буде положення картоплі на поверхні сортувальника, тим швидше картопля буде переміщатися по сортувальній поверхні, що призведе до недотримання відстаней між об'єктами, що підлягають сортуванню. На основі аналізу силових характеристик взаємодії картоплі із сортувальною поверхнею було визначено, що прискорення у процесі переміщення овочевої сировини не впливатиме на дотримання відстаней між об'єктами, що підлягають сортуванню. Циліндрична форма ролика сортувальної поверхні сприятиме підвищенню ефективності та точності сортування, зниженню точкового навантаження на картоплю. Розроблено узагальнену структуру системи візуального контролю потоку картоплі на сортувальному пристрої із застосуванням технічних засобів та технологій цифрової обробки зображень. Запропоновано автоматизоване управління процесом сортування картоплі на основі регулярності форми під час транспортування на сортувальному пристрої із швидкими алгоритми аналізу форми картоплі на основі систем машинного зору, здатної виявляти картоплю, яка не відповідає заданим формам, задля вилучення із загального потоку.

Ключові слова: системи машинного зору, сортування, методи теоретичної механіки, силові характеристики, автоматизація, технічні засоби, технології цифрової обробки зображень, картопля.

Постановка проблеми. Картопля відноситься до найважливіших сільськогосподарських культур. Вона займає четверте місце у світі за важливістю продовольчої культури після кукурудзи, пшениці та рису. Відрізняється різноманітними розмірами та формою. Товар з відповідним зовнішнім виглядом, розміром і однорідною формою більш привабливий для споживача. Тому найважливішими якісними параметрами є не лише поживні цінності, хімічні складові, механічні та функціональні властивості та дефекти, а перш за все загальний зовнішній вигляд, колір і форма овочевої сировини [1, 2]. Щоб продукція відповідала визначеним вимогам та забезпечувала очікуваний рівень якості для споживачів, продукція підлягає процесам сортування. Сортуючи, ми можемо класифікувати культури за розміром, формою, кольором, стиглістю, пошкодженням.

Картопля повинна мати гарне забарвлення, однорідну і правильну форму, не мати будь-яких дефектів. Серед усіх критеріїв сортування картоплі – форма є однією з основних показників, оскільки пошкодження та порізи під час збору врожаю та обробки додають додаткові типи форм. Картопля неправильної форми має великі втрати при очищенні від шкірки і подальшої обробки. Вразливість до пошкоджень робить урожай картоплі складним в обробці і сортуванні. Тому виникає необхідність в надійних, автоматичних, послідовних системах перевірки для збільшення швидкості виробництва і підвищення точності й ефективності процесу сортування овочевої сировини.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Ручне сортування – виснажливий і трудомісткий процес. Крім того, непослідовні помилки у процесі сортування часто виникають саме у процесі ручного оцінювання. Для швидкого сортування картоплі створюються менш трудомісткі сучасні технології, такі як машинне бачення. Система машинного зору є однією із сучасних методів сортування. В основі цього методу лежить отримання зображення зразків, аналіз зображень, порівняння їх зі стандартом і остаточним рішенням щодо прийняття або відхилення зразків [3, 7, 8]. Для цього використовуються різні типи пристроїв візуалізації: ПЗС-камера, гіперспектральна камера, ультрафіолетова камера та рентгенівська КТ. Використовуючи системи машинного зору та методи обробки зображень можна класифікувати овочеву сировину за розміром, формою, кольором, пошкодженням, наявністю зеленої шкіри, рис. 1.

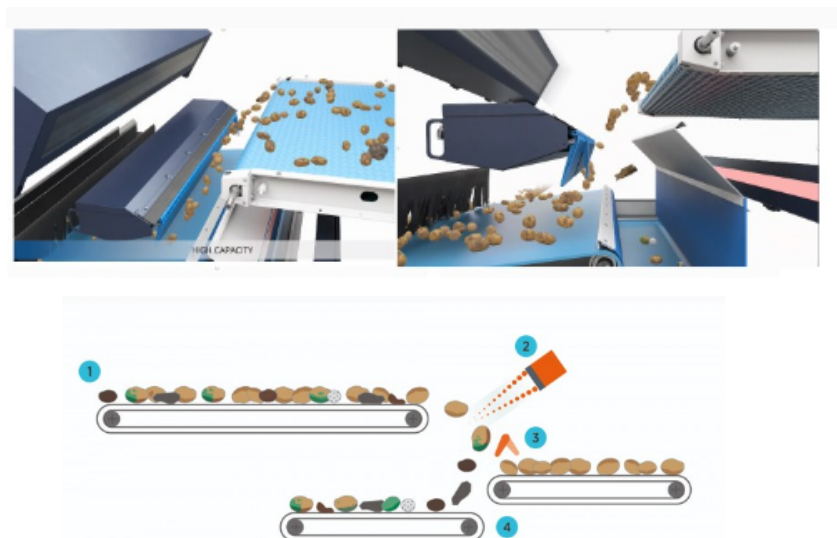


Рисунок 1 – Обладнання для оптичного сортування картоплі

На рис. 1 зображено: 1 – картопля, яка подається на транспортерну стрічку для сортування (з домішками); 2 – датчики для розпізнавання та вилучення непридатних зразків та домішок; 3 – зразки, які відповідають критеріям якості (розмір, вага, колір, зовнішній вигляд, відсутність пошкоджень); 4 – вилучення непридатних зразків, які не відповідають критеріям якості (зелена шкіра, паростки, механічні травми) та домішок.

Останнім часом багато досліджень присвячено удосконаленню процесів сортування, зокрема картоплі, застосовуючи різноманітні технології та виокремлюючи найважливіші характеристики за якими може здійснюватися процес сортування. З-поміж таких досліджень є розроблення методу сортування картоплі за вагою і формою. Авторами пропонується за допомогою систем машинного зору захоплювати три проекційних зображення картоплі одночасно *V*-подібним плоским дзеркалом. Випадковим чином обираються зразки картоплі, які мають великі, середні та малі розміри, сфери наближення відповідно до штучного візуального визначення [4]. Параметри отримувалися із використанням технології цифрової обробки зображень, включаючи області контуру верхнього вигляду та двох виглядів збоку, довжину та ширину описаного прямокутника на проекційному зображенні кожного зразка картоплі.

Під час сортування картоплі вага і форма є двома найважливішими характеристиками. Дослідниками пропонується метод сортування на основі врахування маси і форми картоплі. На підставі отриманих параметрів площі верхнього виду і периметра бокового огляду побудовано модель сортування маси картоплі зі ступінчастим регресійним аналізом, а потім чотири раунди класифікації мас завершилися машинним зором [5]. Однак для того, щоб ці системи були більш ефективними, необхідне врахування обмеженої швидкодії виконавчого механізму.

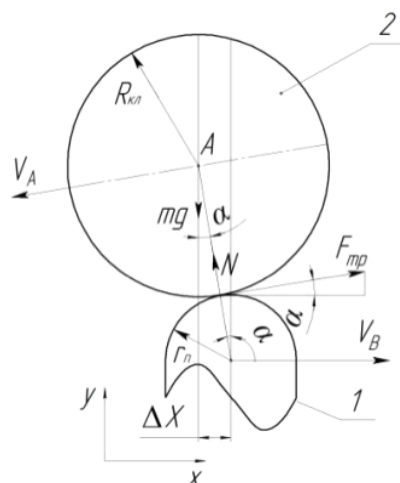
Також науковцями розглядається об'ємний метод, заснований на мінімально обмеженому циліндрі. Для сортування картоплі за її розмірами було запропоновано використовувати співвідношення ширини і довжини найбільшого діаметра. Метод ґрунтується на основі виявлення особливостей дефектів картоплі, площі дефекту, довжини діагоналі [6]. Системи машинного зору здатні прогнозувати фізичні розміри картоплі, враховуючи довжину, ширину і масу. Проте потребує покращення розпізнавання не лише зовнішніх дефектів (зелена шкіра, паростки, синці, механічні травми), а й внутрішніх дефектів (чорне серце, водяне ядро, пошкодження морозом, внутрішні порожнини).

На основі аналізу, можна стверджувати, що серед усіх найважливіших характеристик за якими здійснюється процес сортування картоплі є її форма, оскільки пошкодження та порізи під час збору врожаю та обробки додають додаткові типи форм. Тому актуальним є

розроблення узагальненої структури системи візуального контролю потоку овочевої сировини на сортувальному пристрої із застосуванням технічних засобів та технологій цифрової обробки зображень; здійснення аналізу форми картоплі на основі систем машинного зору та виявлення зразків, які не відповідають заданим формам, задля вилучення із сортувального пристрою.

Мета статті – автоматизоване управління процесом сортування картоплі із використанням системи машинного зору на основі аналізу характеристик механічного руху сировини.

Виклад основного матеріалу дослідження. Ефективне сортування овочевої сировини має відбуватися при подачі на сортувальну поверхню в один або півтора шари та забезпечувати безвідривне переміщення щодо виконавчого механізму. Тому форма сортувальної поверхні безпосередньо визначатиме ефективність процесу сортування. Чим менш стійким буде положення картоплі на поверхні сортувальника, тим швидше картопля буде переміщатися по сортувальній поверхні, що призведе до недотримання відстаней між об'єктами, що підлягають сортуванню. Це вимагає аналізу силових характеристик взаємодії картоплі з роликami сортувального пристрою, задля визначення доцільності застосування такої поверхні у розробці узагальненої структури системи візуального контролю потоку картоплі на сортувальному пристрої із застосуванням технічних засобів та технологій цифрової обробки зображень [7, 9, 10], рис. 2.



1 – об'єкт сортування; 2 – ролик сортувальної поверхні

Рисунок 2 – Сили, що діють на картоплю, що знаходиться на сортувальному пристрою

Складемо рівняння руху та спроєктуємо всі сили на вісь x

$$m\ddot{x} = m a^n = F_{mp} \cdot \cos \alpha \quad (1)$$

де m – маса зразка, кг;

α – кут, що визначає початкове положення картоплі, град.;

F_{mp} – сила тертя кочення, Н;

$$F_{mp} = f \cdot mg \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

f – коефіцієнт тертя кочення.

У цьому випадку картопля буде здійснювати переміщення не по прямій, а по дузі кола, тому сила тертя $F_{тр}$ буде спрямована під кутом до осі x , отже, вона зменшується.

Спроекуємо всі сили на вісь y

$$m\ddot{y} = m a^{\tau} = N \cdot \cos \alpha - mg \quad (3)$$

де N – нормальна реакція віброживильника, Н;
 mg – сила тяжіння, Н.

Рух відбуватиметься не тільки по осі x , але і по осі y , отже, $m\ddot{y} \neq 0$ та з'явиться тенденційне прискорення.

Визначимо крутні моменти

$$J_z \ddot{\varphi} = F_{mp} \cdot R_{кл} + mg \cdot (R_{кл} \cdot \sin \alpha) \quad (4)$$

Це рівняння показує, що навіть після дуже малого зміщення центру симетрії бульби від центру симетрії ролика виникатиме додатковий крутний момент, $mg \cdot (R_{кл} \cdot \sin \alpha)$ який сприятиме більш швидкому переміщенню, систему доповнить рівняння

$$\begin{cases} m\ddot{x} = m a^n = F_{mp} \cdot \cos \alpha \\ m\ddot{y} = m a^{\tau} = N \cdot \cos \alpha - mg \\ J_z \ddot{\varphi} = F_{mp} \cdot R_{кл} + mg \cdot (R_{кл} \cdot \sin \alpha) \end{cases} \quad (5)$$

На основі аналізу силових характеристик взаємодії картоплі із сортувальною поверхнею можна вважати, що буде відбуватися прискорення у процесі переміщення овочевої сировини, яке не буде впливати на дотримання відстаней між об'єктами, що підлягають сортуванню. Циліндрична форма ролика сортувальної поверхні сприятиме підвищенню ефективності та точності сортування, зниженню точкового навантаження на картоплю.

Узагальнена структура системи візуального контролю потоку картоплі на сортувальному пристрої із застосуванням технічних засобів та технологій цифрової обробки зображень наведена на рис. 3. Запропоновано автоматизоване управління процесом сортування бульб картоплі на основі регулярності форми під час транспортування на сортувальному пристрої із швидкими алгоритми аналізу форми картоплі на основі систем машинного зору, здатної виявляти картоплю, яка не відповідає заданим формам, задля вилучення із загального потоку.

Отже, особливістю запропонованої автоматизованої системи управління процесом сортування картоплі є те, що вона дозволить аналізувати зразки різних кольорів, розмірів та з різними швидкостями руху, що дозволить розпізнавати та вилучати зразки, які мають форму, що не відповідає зразку.

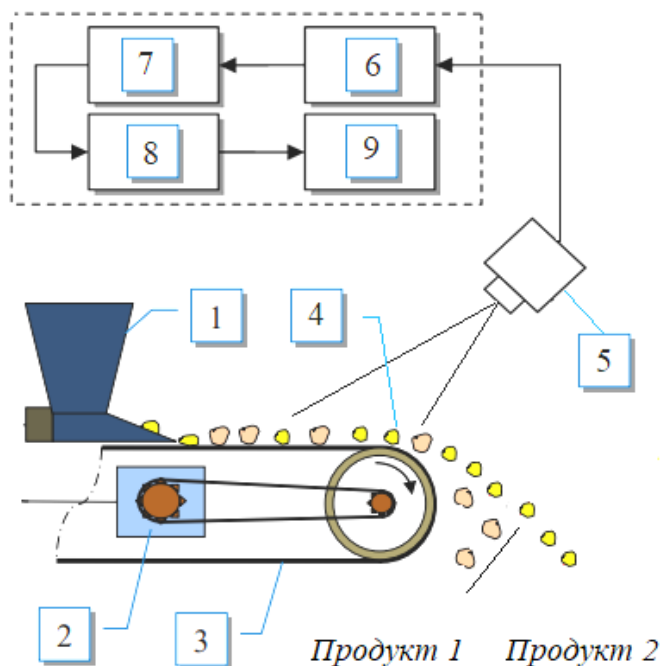


Рисунок 3 – Узагальнена структура системи візуального контролю потоку картоплі на сортувальному пристрої із застосуванням технічних засобів та технологій цифрової обробки зображень

На рис. 3 зображено: 1 – віброживильник; 2 – двигун; 3 – транспортерна стрічка; 4 – об'єкт у зоні аналізу; 5 – відеокамера; 6 – система перетворення відео в послідовність фотографічних зображень; 7 – система поліпшення якості зображень; 8 – система розпізнавання різновидів по зображеннях; 9 – вихідний інтерфейс системи.

Висновки. Зазначено, що картопля відноситься до найважливіших сільськогосподарських культур. Вона займає четверте місце у світі за важливістю продовольчої культури після кукурудзи, пшениці та рису. Відрізняється різноманітними розмірами та формою. Найважливішими якісними параметрами сировини є загальний зовнішній вигляд, колір і форма овочевої сировини. Вважається, що серед усіх найважливіших характеристик за якими здійснюється процес сортування картоплі є її форма, оскільки пошкодження та порізи під час збору врожаю та обробки додають додаткові типи форм.

Сконцентровано увагу на тому, що ефективне сортування овочевої сировини має відбуватися при подачі на сортувальну поверхню в один або півтора шари та забезпечувати безвідривне переміщення щодо виконавчого механізму. Тому форма сортувальної поверхні безпосередньо визначатиме ефективність процесу сортування. Чим менш стійким буде положення картоплі на поверхні сортувальника, тим швидше картопля буде переміщатися по сортувальній поверхні, що призведе до недотримання відстаней між об'єктами, що підлягають сортуванню. На основі аналізу силових характеристик взаємодії картоплі із сортувальною поверхнею було визначено, що прискорення у процесі переміщення овочевої сировини не впливатиме на дотримання відстаней між об'єктами, що підлягають сортуванню. Циліндрична форма ролика сортувальної поверхні сприятиме підвищенню ефективності та точності сортування, зниженню точкового навантаження на картоплю.

Розглянуто методи сортування картоплі на основі застосування систем машинного зору, які уможливають розпізнавання не лише зовнішніх дефектів (зелена шкіра, паростки, синці, механічні травми), а й внутрішніх дефектів (чорне серце, водяне ядро, пошкодження морозом, внутрішні порожнини). Розроблено узагальнену структуру системи візуального контролю потоку картоплі на сортувальному пристрої із застосуванням технічних засобів та технологій

цифрової обробки зображень. Запропоновано автоматизоване управління процесом сортування картоплі на основі регулярності форми під час транспортування на сортувальному пристрої із швидкими алгоритми аналізу форми картоплі на основі систем машинного зору, здатної виявляти картоплю, яка не відповідає заданим формам, задля вилучення із загального потоку.

Список літератури

1. Sergio Cuber. In-line sorting of irregular potatoes by using automated computer-based machine vision system. *Journal of food engineering*. 2012. Vol. 112. P. 60–68.
2. Yongsheng Si, Sindhuja Sankaran. Image-based automated potato tuber shape evaluation. *Journal of food measurement and characterization*. 2018. Vol. 12. P. 702–709.
3. Roya Hassankhan, Hossein Navid. Potato sorting based on size and color in machine vision system. *Journal of agricultural science*. 2012. Vol. 4. P. 235–244.
4. Wang J., Xiong Z. Potato grading method of weight and shape based on imaging characteristics parameters in machine vision system. *Transactions of the Chinese society of agricultural engineering*. 2016. Vol. 32. P. 272–277.
5. Kong Y., Gao X., Li H. Potato grading method of mass and shapes based on machine vision. *Transactions of the Chinese society of agricultural engineering*. 2012. Vol. 28. P. 143–148.
6. Zhou Z., Huang Y., Li X. Automatic detecting and grading method of potatoes based on machine vision. *Transactions of the Chinese society of agricultural engineering*. 2012. Vol. 28. P. 178–183.
7. Дзюба О.А. Визначення умов руху картоплі в сортувальному пристрою. *Механізація сільськогосподарського виробництва*. № 20. 2016. С.404 – 407.
8. Дзюба О.А. Аналіз пристроїв для післязбирального сортування картоплі. *Вісник ХДПУ*. 2000. № 12. С.99–106.
9. Павловський М.А. Теоретична механіка. К.: Техніка, 2016. 400 с.
10. Шульга. О.Ю. Теоретична механіка. Харків: Ранок, 2017. 208 с.

References

1. Sergio, Cuber. (2012). *Potochne sortuvannya kartopli nepravyl'noyi formy za dopomohoyu avtomatyzovanoi komp'yuternoyi systemy mashynnoho zoru* [In-line sorting of irregular potatoes by using automated computer-based machine vision system], *Zhurnal kharchovoyi inzheneriyi* [Journal of food engineering], 112, p. 60–68.
2. Yongsheng, Si, Sindhuja, Sankaran. (2018). *Avtomatyzovana otsinka formy bul'by kartopli na osnovi zobrazhennya* [Image-based automated potato tuber shape evaluation], *Zhurnal vymiryuvannya ta kharakterystyky kharchovykh produktiv* [Journal of food measurement and characterization], 12, p. 702–709.
3. Roya, Hassankhan; Hossein, Navid. (2012). *Sortuvannya kartopli za rozmirom i kol'orom u systemi mashynnoho zoru* [Potato sorting based on size and color in machine vision system], *Zhurnal sil'skohospodars'koyi nauky* [Journal of agricultural science], 4, p. 235–244.
4. Wang, J.; Xiong, Z. (2016). *Metod klasyfikatsiyi kartopli za vahoyu ta formoyu na osnovi parametriv kharakterystyk zobrazhennya v systemi mashynnoho zoru* [Potato grading method of weight and shape based on imaging characteristics parameters in machine vision system], *Pratsi Kytays'koho tovarystva sil'skohospodars'koho mashynobuduvannya* [Transactions of the Chinese society of agricultural engineering], 32, p. 272–277.
5. Kong, Y., Gao, X., Li, H. (2012). *Metod sortuvannya kartopli za masoyu ta formoyu na osnovi mashynnoho zoru* [Potato grading method of mass and shapes based on machine vision], *Pratsi Kytays'koho tovarystva sil'skohospodars'koho mashynobuduvannya* [Transactions of the Chinese society of agricultural engineering], 28, p. 143–148.
6. Zhou, Z., Huang, Y., Li, X. (2012). *Metod avtomatychnoho vyyavlennya ta sortuvannya kartopli na osnovi mashynnoho zoru* [Automatic detecting and grading method of potatoes based on

machine vision], *Pratsi Kytays'koho tovarystva sil's'kohospodars'koho mashynobuduvannya* [Transactions of the Chinese society of agricultural engineering], 28, p. 178–183.

7. Dzyuba, O. A. (2016). *Vyznachennya umov rukhu kartoplya v sortoval'nomu prystroyi* [Determination of the conditions for the movement of potatoes in the sorting device], *Mekhanizatsiya sil's'kohospodars'koho vyrobnytstva* [Mechanization of agricultural production], 20, p. 404 – 407.

8. Dzyuba, O. A. (2000). *Analiz prystroyiv dlya pislyazbyral'noho sortuvannya kartopli* [Analysis of attachments for sorting potatoes], *Visnyk KHDPU* [Bulletin of KhSPU], 12, p. 99–106.

9. Pavlovs'kyu, M. A. (2016). *Teoretychna mekhanika* [Theoretical mechanics]. Kyiv, Machinery, 400 p.

10. Shulga, O. Yu. (2017). *Teoretychna mekhanika* [Theoretical mechanics]. Kharkiv, Morning, 208 p.

Objective. *The purpose of the article is the automated control of the potato sorting process using a machine vision system based on the analysis of the characteristics of the mechanical movement of raw materials.*

Methods. *In the work, the methods of theoretical mechanics and methods of sorting based on machine vision systems are used for the automated control of the potato sorting process based on the regularity of the shape during transportation on the sorting device, image processing methods.*

Results. *It is noted that potatoes are among the most important agricultural crops. It ranks fourth in the world after corn, wheat and rice. Differs in a variety of the sizes and forms. It is believed that among all the most important characteristics by which the potato grading process is carried out is its shape, since damage and cuts during harvesting and processing add additional types of shapes. Methods for sorting potatoes based on the use of machine vision systems are considered, which allow recognizing not only external defects (green skin, sprouts, bruises, mechanical injuries), but also internal defects (black heart, water core, frost damage, internal cavities). Attention is focused on the fact that effective sorting of vegetable raw materials should occur when fed to the sorting surface in one or one and a half layers and ensure continuous movement along the actuator. Therefore, the shape of the sorting surface will directly determine the efficiency of the sorting process. The less stable the position of the potatoes on the surface of the sorter, the faster the potatoes will move on the sorting surface, which will lead to non-observance of the distances between the sorted objects. Based on the analysis of the power characteristics of the interaction of potatoes with the sorting surface, it was determined that the acceleration in the process of moving vegetable raw materials will not affect the observance of the distances between the sorted objects. The cylindrical shape of the sorting surface roller will increase the efficiency and accuracy of sorting, and reduce the point load on the potatoes. A generalized structure of a system for visual control of the potato flow on a sorting device has been developed using technical means and digital image processing technologies. An automated control of the sorting process of potatoes based on the regularity of the shape during their transportation on a sorting device with fast algorithms for analyzing the shape of potatoes based on machine vision systems is proposed, which is capable of detecting potatoes that do not correspond to the specified shapes for extraction from the general flow.*

Key words: *machine sorting systems, sorting, methods of theoretical mechanics, power characteristics, automation, technical needs, technologies for digital processing of calculations, potatoes.*

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРЕСИВНОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

DOI : 10.33274/2079-4827-2023-46-1-61-71

УДК 65.012.122: 542.816

Дейниченко Г. В., д-р техн. наук, професор¹
Гузенко В. В., канд. техн. наук, доцент¹
*Дмитревський Д. В., канд. техн. наук,
доцент¹*
Цвіркун Л. О., канд. пед. наук²
Перекрест В. В., асистент²

¹Державний біотехнологічний університет (м. Харків, Україна), e-mail: deinychenkogv@ukr.net

²Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий ріг, Україна), e-mail: cvirkun@donnuet.edu.ua.

АНАЛІЗ ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ В ОРГАНІЗАЦІЇ БЕЗВІДХОДНОЇ ПРОМИСЛОВОЇ ПЕРЕРОБКИ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ

UDC 65.012.122: 542.816

*Deynichenko G. V., Grand PhD of
Engineering Science, Professor¹*
*Huzenko V. V., PhD in Engineering sciences,
Associate Professor¹*
*Dmytrevskiy D. V., PhD in Engineering
sciences, Associate Professor¹*
*Tsvirkun L. O., PhD in Pedagogical
sciences²*
Perekrest V. V., asistent²

¹State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine, e-mail: deinychenkogv@ukr.net

²Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kriviy Rig, Ukraine, e-mail: cvirkun@donnuet.edu.ua.

ANALYSIS OF THE ISSUE OF THE ECOLOGICAL COMPONENT IN THE ORGANIZATION OF WASTE-FREE INDUSTRIAL PROCESSING OF DAIRY RAW MATERIALS

Мета. Метою статті є аналіз і характеристика екологічної складової організації безвідходної переробки молочної сировини в промислових умовах.

Методи. В статті застосовані загальноприйняті теоретичні та комбіновані методи інформаційного аналізу із використанням сучасних комп'ютерних програм. На базі власних розробок методами порівняльного та системного аналізу надано характеристику екологічної складової майбутнього підприємства. Для характеристики екологічної складової майбутнього підприємства з переробки молочної сировини проаналізовано інформаційні джерела за обраною тематикою: монографії, статті, енциклопедії, дисертації.

Результати. Представлені результати аналітичних досліджень характеристики екологічної складової молокопереробних підприємств з метою організації безвідходної переробки молочної сировини в промислових умовах безпечно для навколишнього середовища. Представлено схему потенційних напрямів переробки молочної сировини з

урахуванням ресурсозбережних та безвідходних технологій промислового виробництва. Надано характеристики основних відходів, що утворюються під час переробки різноманітної молочної сировини, проведення технологічних процесів та виробництва готової продукції відповідно до екологічної безпеки щодо забруднення навколишнього середовища. Показані напрямки утилізації різноманітних відходів та повторного використання вторинної сировини різного характеру, що можуть утворюватися в результаті промислової безвідходної переробки молока та молочної сировини. Отримані результати можуть бути використані в подальшому формуванні теоретичних та експериментальних досліджень під час розробки плану організації підприємства з безвідходної переробки молочної сировини в умовах комплексного використання та безпечної утилізації промислових відходів.

Ключові слова: молоко, сировина, промисловість, переробка, екологія, безвідходність, технологія.

Постановка проблеми. Кожного року в усьому світі зростають об'єми відходів побутового і виробничого використання. Це закономірний процес, що обумовлений постійно зростаючим використанням промислових і продовольчих товарів населенням, збільшення об'ємів реконструкції та технічного переоснащення промислових підприємств, а також більш швидким моральним старінням багатьох видів обладнання, оснащення тощо [1, 2].

Молочна промисловість як галузь, що характеризується високим рівнем відходоутворення, є об'єктом, що потребує оцінки з боку охорони навколишнього середовища. Ця обставина вимагає від науковців працювати у напрямку вирішення важливого технічного напрямку, щодо подальшого промислового використання вторинних матеріальних ресурсів та запобігання зростанню забруднення відходами навколишнього середовища [3, 4].

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Одним з головних напрямів підвищення ефективності сучасних харчових виробництв, зокрема молочної галузі, повинен бути контроль та зменшення утворення відходів в процесі молокопереробки, впровадження маловідходних та безвідходних технологій та повторного максимального використання або переробки усіх відходів виробництва [5, 6].

В різних країнах світу винаходять шляхи такого використання відходів, яке дало б можливість випускати додаткову продукцію, отримувати енергію і одночасно зберігати навколишнє природне середовище від забруднення відходами харчової промисловості, зокрема молокопереробної галузі. При всій подібності основних напрямків використання та утилізації відходів в кожній країні і в самих напрямках і в механізмі реалізації цієї важливої екологічної складової є свої особливості [7, 8].

Мета статті – аналіз і характеристика екологічної складової організації безвідходної переробки молочної сировини в промислових умовах.

Щоб досягти зазначеної мети необхідно вирішити такі завдання:

- представити сучасні напрями безвідходної переробки молочної сировини на підприємствах згідно світових вимог до екологічної безпеки навколишнього середовища;
- надати характеристику викидів молокопереробної галузі з урахуванням комплексної переробки промислових відходів різного характеру;
- на підставі аналізу безпечності функціонування майбутнього молокопереробного підприємства та рівня забрудненості навколишнього середовища запропонувати напрямки безвідходних технологій переробки та утилізації промислових відходів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Серед широкого різноманіття продовольчої сировини молоко та продукти його переробки є найбільш цінними з огляду на їх поживні властивості. Промислова переробка молока традиційними способами на вершки, сир кисломолочний, масло вершкове, казеїн пов'язана з одержанням молока знежиреного, сироватки, які протягом тривалого часу з огляду на обсяги виробництва та хімічний склад ідентифікують як вторинні продукти. Незважаючи на те, що протягом останнього часу накопичено значний науковий і практичний досвід їх переробки в концентрати,

копреципітати, УФ-похідні та інші, ресурсний потенціал вищезазначеної сировини не реалізовано повною мірою [9, 10].

Найважливішими складовими інноваційної політики стосовно молокопереробних підприємств є екологічність і безпека продуктів харчування. При цьому головними пріоритетами виступають: технологічне переозброєння молокопереробних підприємств на основі новітніх біотехнологій і нанотехнологій, економія енергетичних і сировинних ресурсів, підвищення рівня конкурентоздатності молокопродуктів [11, 12].

Схематично основні напрями та процеси переробки молочної сировини представлено на рис. 1.

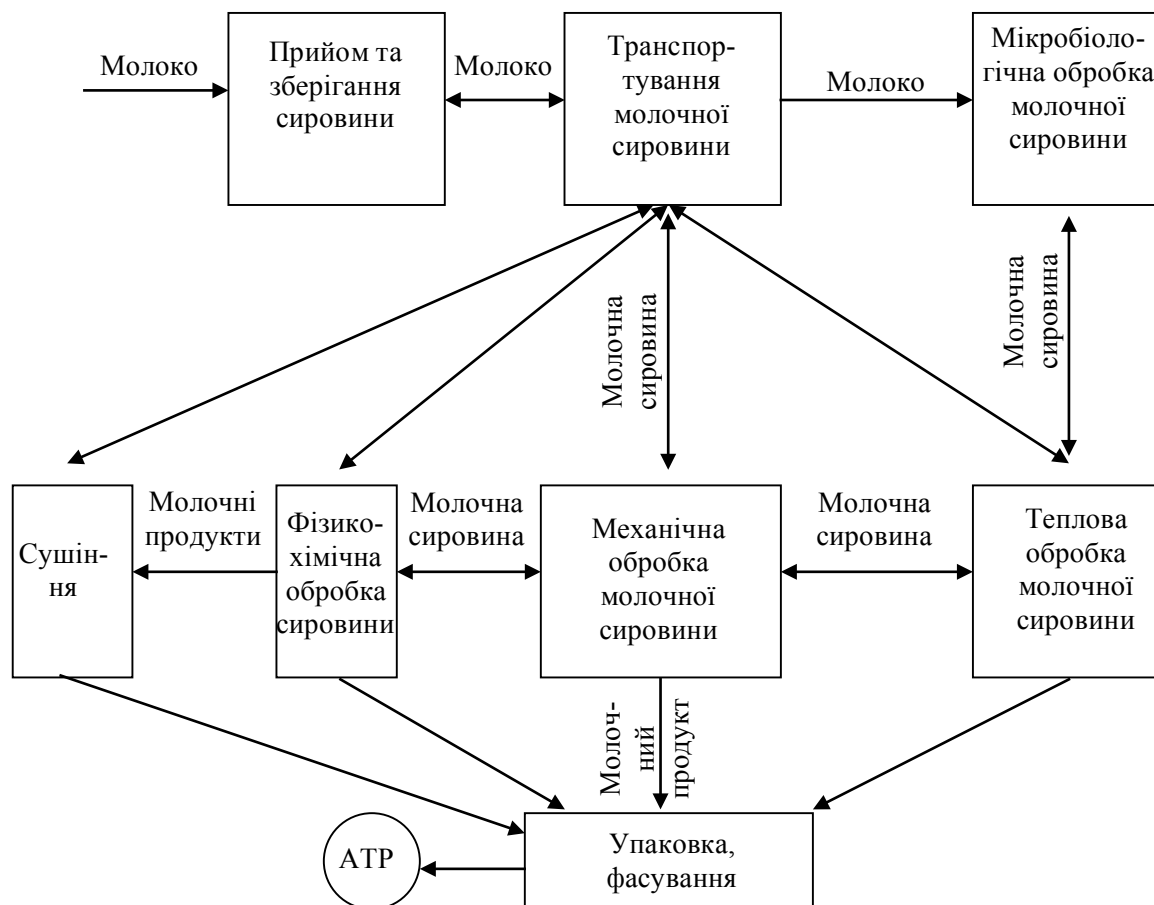


Рисунок 1 – Загальна виробнича схема переробки молочної сировини

Джерело: складено авторами на основі [10, 12]

Характеристика джерел викидів шкідливих речовин у атмосферу. Підприємство з переробки молочної сировини викидає в атмосферу димові гази котельні, викиди відкритої стоянки автотранспорту та викиди від ремонту [13].

Характеристику джерел викидів в атмосферу наведено у таблиці 1.

Таким чином підприємство з безвідходної переробки молочної сировини є джерелом забруднення атмосфери, проте концентрація шкідливих речовин знаходиться у межах норм. Наднебезпечних викидів в атмосферу підприємство не робить. Тому підприємство з безвідходної переробки молока не віднесено до переліку об'єктів підвищеної екологічної небезпеки [14].

Таблиця 1 – Характер джерел викидів молочної промисловості

№ з/п	Стадія технологічного процесу	Назва джерела викиду	№ джерела	Перелік шкідливих речовин	Од. виміру	ГДК, ОБРВ* мг/м ³	Клас небезпечності	Характер викиду	Газоочистка	Плата за викид
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Відкрита стоянка автотранспорту (допоміжний процес)	Автотранспорт (неорганізований викид)	6	Окис вуглецю Окис азоту Гексан Свинець Бензапірен	мг/м ³ -“- -“- -“- -“-	3,0 0,04 60,0 0,003 10 ⁻⁵	4 2 4 1 1	Періодично -“- -“- -“-	Не передбачено -“- -“-	Плата індексується -“- -“-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	Газове різання та зварювання (допоміжний процес)	Газоварювальне обладнання (неорганізований викид)	7	Окис вуглецю Окис азоту Окис заліза Окис марганцю	мг/м ³ -“- -“- -“-	3,0 0,04 0,04 0,001	4 2 3 2	Періодично -“- -“-	Не передбачено -“-	Плата індексується -“-
3	Покраска (допоміжний процес)	Устаткування для покраски поверхонь під час ремонту (допоміжний процес)	8	Спирт бутиловий Спирт етиловий Толуол Ксилол	мг/м ³ -“- -“- -“-	0,1 5 0,6 0,2	3 4 3 3	Періодично -“- -“-	Не передбачено	Плата індексується -“- -“-
4	Спалення газу в котельному устаткуванні (допоміжний процес)	Котельне устаткування (організований викид)	9	Окис вуглецю Окис азоту	мг/м ³ -“-	3,0 0,04	4 2	Безперервно	Не передбачено	Плата індексується

Джерело: складено авторами на основі [13,14]

Характеристика водопостачання. На підприємство з переробки молочної сировини поступає вода, що використовується для технологічного використання, мийки обладнання та приміщення має відповідати ДСТУ 7525:2014 (вода питна) [15]. Вода для використання її в

процесі виробництва повинна відповідати спеціальним вимогам для молочної промисловості: жорсткість 2 – 4 (мг-екв)/л, вміст солей не більше 500 мг/л, залізо не більше 0,2 мг/л, залишковий хлор відсутній.

На підставі вищевказаного можна вказати, що дане підприємство має передбачати додаткову установку для попередньої обробки води, яка включає знезараження, механічна фільтрація, іонообмінне пом'якшення, дехлорування на вугільному фільтрі, тонка механічна фільтрація [16].

Установка працює в автономному режимі, якість води періодично та суворо контролюється. 1 раз на тиждень відбувається промивка усіх ємностей, обладнання та трубопроводів дезінфікуючими розчинами [17].

Характеристика водовідведення. Підприємством з переробки молочної сировини використовується вода на технологічні потреби (теплові, фізико-механічні та мікробіологічні процеси). Ця вода споживається підприємством на 80 % і в стік також потрапляють вторинні рідини з виробництва вершкового масла та кисломолочних продуктів. Та виробництво включає також процес промивки обладнання та установку для попередньої обробки води. Всі ці води потрапляють до заводської каналізації. Склад стічних вод наведений у таблиці 2 [18].

Таблиця 2 – Характеристика стічних вод

№ з/п	Технологічні операції	Забруднююча речовина	Од. виміру	Допустимі рівні забруднень	Фактичні рівні, або можливі перевищення забруднень	Спосіб утилізації	Плата за скид забруднень
1	Мийка обладнання, тари, допоміжного обладнання, арматури, приміщень	СПАР та речовини, що дизенфікують (гіпохлорити), ХСК, БСК, завислі речовини	мг/дм ³	0,2	0,2	Очисні споруди та установки, до міської каналізації	Плата індексується
			-"-	500	500		-"-
			-"-	500	500		-"-
2	Вода, після технологічних процесів	ХСК, БСК, завислі речовини	мг/дм ³	500	500	Очисні споруди та установки	Не передбачено
			-"-	500	500		-"-
			-"-	450	450		-"-

Джерело: складено авторами на основі [13, 14]

У відношенні забруднення навколишнього середовища в молочній промисловості треба звертати особливу увагу на так звані "неорганізовані скиди". Мається на увазі скидання сироватки. Це – основна рідина, яка залишається після більшості процесів переробки молока. Вона не є відходом. Сироватка повинна використовуватись на виготовлення різних продуктів. Але часто її не утилізують, а скидають поряд зі стічними водами [10, 11].

За різними оцінками в Україні виробляють близько 2 млн. т сироватки, з яких 45...50% надходить на переробку. Найбільш сучасними методами переробки сироватки вважають комбіновані схеми з використанням мембранних технологій, ферментативної обробки компонентів, а також сушіння концентрованих проміжних продуктів. Завдяки цим технологіям одержують ізоляти та концентрати сироваткових білків, молочний цукор, лактозу

та інші компоненти, які надалі використовують в інших галузях харчової та інших промисловостях [8, 11].

Вода, що скидається після технологічних процесів містить в собі небезпечні речовини для навколишнього середовища, тому є необхідність у використанні локальних очисних споруд. То ж підприємство не може скидати стічні води зі своєї промислової каналізації у міську каналізаційну мережу без додаткової обробки рідких відходів. Але підприємство з безвідходної переробки молочної сировини повинно бути виробництвом, що пов'язане зі скиданням стічних вод, що містять відходи жиру. Тому технологічна схема, що розробляється і саме підприємство не повинно, в майбутньому, відноситися до переліку підприємств підвищеної екологічної небезпеки [19, 20].

Характеристика твердих відходів. В процесі переробки молочної сировини утворюються відходи кисломолочних продуктів та інша вторинна молочна сировина в разі недодержання потрібних технологічних режимів [7, 21]. Також в даному виробництві утворюються тверді відходи з упаковки вихідної сировини, металобрухт, склотара, інша тара тощо [14].

Класифікація твердих відходів наведена у таблиці 3.

Таблиця 3 – Характеристика тверди відходів

№ п/з	Технологічний процес, дільниця	Тверді відходи		Орієнтовний склад	Спосіб утилізації	Плата за утилізацію
		вид	Класифікація			
1	Виробництво продукту з молочної сировини	Молоко, вторинна молочна сировина (жири)	Харчові	Білково-вугле-водні поживні речовини	Інші харчові продукти, кормові добавки	Не передбачено
2	Транспортування молочної сировини	Рештки тари	Нехарчові	Полістерол, пластмаса	На переробку	Плата індексується
3	Основне, допоміжне обладнання, транспортні засоби	Металобрухт	Нехарчові	Кольорові та чорні метали	На переробку	-“-
4	Електрозварювання та різання	Відпрацьовані електроди	Нехарчові	Метал	На переробку	-“-
5	Фарбування	Рештки тари	Нехарчові	Метал, фарба	На переробку	-“-
6	Заміна освітлення	Люмінесцентні та світло-діодні лампи	Нехарчові	Пари ртуті, метал, скло	Здача на спеціальне підприємство	-“-

Джерело: складено авторами на основі [13, 14]

Крім люмінесцентних ламп інших токсичних відходів підприємство не утворює, тому підприємство не є джерелом підвищеної екологічної небезпеки з точки зору утворених твердих відходів [22].

Характеристика антропогенного забруднення сировини та матеріалів. Підприємство з переробки молочної сировини купує молоко, реагенти та харчові добавки, а також миючі та дезинфікуючі засоби. Вся ця сировина ретельно контролюється. Підприємство повинно купувати свіжу та високоякісну сировину у передових фермерських підприємствах [13, 23].

В молочної сировині контролюється наявність шкідливих домішок у лабораторії вхідного контролю [24].

Протягом технологічного процесу сировина та напівфабрикати не забруднюються. Все обладнання виготовлене з нержавіючої сталі, скла та пластику [13, 25].

Матеріали з яких виготовлене технологічне обладнання мають дозвіл санітарних органів на використання у харчовій промисловості. Крім дозволу на все обладнання є паспорт, сертифікати, технічні умови та інші необхідні документи [23, 26].

Технологічні лінії з переробки молочної сировини повинні бути сертифіковані, а заводська лабораторія атестована на проведення аналізів вхідного контролю.

Оскільки сировина екологічно чиста, не забруднюється під час технологічної обробки, а технологічний процес переробки молочної сировини дозволяє відрегулювати коливання складу вихідної сировини, продукцію отримуємо екологічно чистою.

Висновки. Таким чином, підприємство з безвідходної переробки молочної відноситься до джерел забруднення навколишнього середовища. Воно є джерелом скидів стічних вод у міську каналізаційну мережу і є джерелом утворення твердих відходів. Але характеристика цих відходів показує, що підприємство з безвідходної переробки молочної сировини не повинно відноситися до категорії підприємств підвищеної екологічної небезпеки. Стічні води можна привести до меж лімітів та нормативів концентрації за рахунок інноваційних розробок маловідходних технологій. Тому майбутня продукція підприємства безвідходної переробки молочної сировини, яку планує випускати підприємство повинна бути екологічно чистою.

Список літератури

1. Харіна О. О. Необхідність здійснення екологічного оподаткування на молокопереробних підприємствах. *Інвестиції: практика та досвід*. 2013. № 3. С. 50–54.
2. Gupta C. Spatial and Temporal Evolution of Dairy Farming Coordination between Economy and Ecology in China. *The Political Ecology of the Dairy Industry*. 2017. 13(22). P. 48–53.
3. Зінчук Т. О. Економічні наслідки впливу продовольчих органічних відходів на природні ресурси світу. *Органічне виробництво і продовольча безпека*. 2014. С. 103–108.
4. Нападовська Л. А., Пашков А. П., Волошанович В. Д., Пашков П. І. Молочна та молочно-переробна промисловість: сучасний стан, проблеми безпеки, якості харчування, екології довкілля та шляхи їх розв'язання в Україні. *Безпека життєдіяльності*. 2015. № 6. С. 21–25.
5. Погребняк А. Ю., Місяйло О. В. Соціальний аналіз молочної промисловості у Львівській області. *Приазовський економічний вісник*. 2019. Вип. 6 (19). С. 288–293.
6. Peterson C. B., Mitloehner F. M. Sustainability of the Dairy Industry: Emissions and Mitigation Opportunities. *Sec. Animal Physiology and Management*. 2021. Vol. 2. P. 56–65.
7. Clay N., Yurco K. Political ecology of milk: Contested futures of a lively food. *Wiley*. 2020. № 19. P. 25–32.
8. Грек О. В., Онопрійчук О. О. Наукові основи безвідходних технологій відновлюваної сировини К.: НУХТ, 2020. 324.
9. Гринченко Н. Г. Наукове обґрунтування технологій напівфабрикатів на основі молочної сировини, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію: дис... д-ра техн. наук: 05.18.16. Харків: ХДУХТ, 2018. 422 с.
10. Золотухіна І. В. Наукове обґрунтування технологій напівфабрикатів на основі цільового використання нутрієнтів білково-вуглеводної молочної сировини: дис... д-ра техн. наук: 05.18.16. Харків: ХДУХТ. 2021. 303 с.

11. Guzmán-Luna P., Mauricio-Iglesias M., Flysjö A., Hospido A. Analysing the interaction between the dairy sector and climate change from a life cycle perspective: A review. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224421005252>. (дата звернення: 20.03.2023).
12. Закон України «Про вилучення з обігу, переробку, утилізацію, знищення або подальше використання неякісної та небезпечної продукції» від 14.01.2000 № 1393-XIV. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1393-14> (дата звернення: 20.03.2023).
13. Інструкція щодо організації виробничого мікробіологічного контролю на підприємствах молочної промисловості / Г. О. Єресько, Н. Ф. Кігель, І. О. Романчук та ін. К.: ННЦ «ІАЕ», 2014. 372 с.
14. Екологічна експертиза харчових виробництв / М. С. Одарченко, О. Ф. Аксьонова, В. Г. Михайленко, О. О. Любавіна. Х.: ХДУХТ, 2017. 100 с.
15. Liebe D. L., Hall M. B., White R. R. Contributions of dairy products to environmental impacts and nutritional supplies from United States agriculture. *Research*. 2020. Vol. 103. Iss. 11. P. 10867–10881.
16. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та контролювання якості. К.: Мінекономрозвитку України, 2014. 30 с.
17. Апостолюк С. О. Екологічна безпека стану питної води в Україні. *Промислова екологія*. 2013. №1. С. 14–15.
18. Moragues-Faus A., Marsden T. The political ecology of food: Carving ‘spaces of possibility’ in a new research agenda. *Journal of Rural Studies*. 2017. № 55. P. 275–288.
19. Гивлюд А. М., Гумницький Я. М., Руда М. В. Очищення стічних вод молочної промисловості методом адсорбції: монографія. Київ: ГО «МНГ», 2022. 133 с.
20. Некоз О. І., Литвиненко О. А., Пащенко Б. С. Інтенсифікація технології водоочищення для харчових підприємств. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2016. Вип. 179. С. 139-145.
21. Антонюк М. М., Кіяшко С. О. Утилізація відходів харчової промисловості біотехнологічними методами. *Економіка. Екологія. Управління*. 2012. №1. С. 265–269.
22. Зелені технології у промисловості / І. А. Василенко, Є. В. Чупринов, А. В. Іванченко та ін. Дніпро: Акцент ПП, 2019. 366 с.
23. Запольський А., Українець А. Екологізація харчових виробництв. К.: Вища школа, 2005. 428 с.
24. Охрименко І.В., Новгородська Г.В. Еколого-аудиторський аналіз об’єктів молочної промисловості херсонської області (на прикладі ТОВ «ДАНОН-ДНІПРО»). *Науковий вісник Херсонського державного університету*. 2018. Вип. 9. С. 158–162.
25. Clay N., Sexton, A., Garnett, T., & Lorimer, J. Palatable disruption: The politics of plant milk. *Agriculture and Human Values*. 2020. № 6. P. 68–79.
26. Грек О. В., Красуля О. О. Молокопереробка. Інновації. Київ: НУХТ. 2017. 390 с.

References

1. Kharina, O.O. (2013). *Neobxidnist` zdijsnennya ekologichnogo opodatkuвання na molokopererobny`x pidpry`yemstvax [Necessity of implementation of environmental taxation at milk processing enterprises], Investy`ciyi: prakty`ka ta dosvid [Investments: practice and experience], no. 3, pp. 50–54.*
2. Gupta, C. (2017). *Prostorova ta chasova evolyutsiya koordynatsiyi molochnoho skotarstva mizh ekonomikoyu ta ekolohiyeyu v Kytayi [Spatial and Temporal Evolution of Dairy Farming Coordination between Economy and Ecology in China], Politychna ekolohiya molochnoyi promyslovosti [The Political Ecology of the Dairy Industry]. 13 (22), pp. 48–53.*
3. Zinchuk, T.O. (2014). *Ekonomichni naslidky vplyvu prodovolchyykh orhanichnykh vidkhodiv na pryrodni resursy svitu [Economic consequences of the impact of organic food waste on the natural*

resources of the world], *Orhanichne vyrobnytstvo i prodovol'cha bezpeka* [Organic production and food safety], p. 103–108.

4. Napadovska, L.A., Pashkov, A.P., Voloshanovich, V.D., Pashkov, P.I. (2015). *Molochna ta molochno-pererobna promy'slovist': suchasny'j stan, problemy' bezpeky', yakosti xarchuvannya, ekologiyi dovkillya ta shlyaxy'yix rozv'yazannya v Ukraini* [Dairy and milk-processing industry: current state, problems of safety, food quality, environmental ecology and ways to solve them in Ukraine], *Bezpeka zhy'ttyediyal'nosti* [Life Safety], no. 6. p. 21–25.

5. Pogrebnyak, A.Yu., Mysiailo, O.V. (2019). *Social'ny'j analiz molochnoyi promy'slovosti u L'vivs'kij oblasti* [Social analysis of the dairy industry in the Lviv region]. *Pry'azovs'ky'j ekonomichny'j visny'k* [Pryazovsky Economic Bulletin], vol. 6 (19), p. 288–293.

6. Peterson, C.B., Mitloehner, F.M. (2021). *Stiykist' molochnoyi promyslovosti: vykydy ta mozhyvosti zmeshennya* [Sustainability of the Dairy Industry: Emissions and Mitigation Opportunities], *Rozd. Fiziologiya ta menedzhment tvaryn* [Sec. Animal Physiology and Management], 2, p. 56–65.

7. Clay, N., Yurco, K. (2020). *Politychna ekolohiya moloka: spirne maybutnye zhyvoyi yizhi* [Political ecology of milk: Contested futures of a lively food]. *Uayli* [Wiley], no 19, p. 25-32.

8. Grek, O. V., Onopriychuk, O.O. (2020). *Naukovi osnovy' bezvidxodny'x texnologij vidnovlyuvanoyi sy'rovny'ny'* [Scientific foundations of waste-free technologies of renewable raw materials]. Kyiv: NUHT, 324 p.

9. Ghrynchenko, N. Gh. (2018) *Naukove obgruntuvannya tekhnologij napivfabrykativ na osnovi molochnoyi syrovyny, oderzhanykh shljakhom realizacii potencialu laktokalciju* [Scientific substantiation of technologies of semi-finished products on the basis of raw milk, obtained by realizing the potential of lactocalcium]. *Doktors'ka dysertatsiia* [Doctoral dissertation]. Kharkiv: KhDUKht, 422 p.

10. Zolotukhina, I. V. (2021). *Naukove obgruntuvannya tekhnologij napivfabrykativ na osnovi ciljovogho vykorystannya nutrijentiv bilkovo-vughlevodnoyi molochnoyi syrovyny* [Scientific substantiation of technologies of semi-finished products on the basis of target use of nutrients of protein-carbohydrate dairy raw materials]. *Doktors'ka dysertatsiia* [Doctoral dissertation]. Kharkiv: KhDUKht, 303 p.

11. Guzmán-Luna, P., Mauricio-Iglesias, M., Flysjö, A., Hospido, A. (2018). *Analiz vzayemodiyi mizh molochnym sektorom i zminoyu klimatu z tochky zoru zhytlyevoho tsyклу: ohlyad* [Analysing the interaction between the dairy sector and climate change from a life cycle perspective: A review]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224421005252>. (date of application: 20.03.2023).

12. *Zakon Ukrainy «Pro vyluchennia z obihu, pererobku, utylizatsiiu, znyshchennia abo podalshe vykorystannia neiakisnoi ta nebezpechnoi produktsii» vid 14.01.2000 № 1393-XIV* [Law of Ukraine «On Withdrawal from Circulation, Processing, Disposal, Destruction or Further Use of Low-Quality and Dangerous Products» dated January 14, 2000 No. 1393-XIV]. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1393-14>. (date of application: 20.03.2023).

13. Yeresko, H.O., Kihel, N.F., Romanchuk, I.O. (2014). *Instruktsiia shchodo orhanizatsii vyrobnychoho mikrobiologichnoho kontroliu na pidpriemstvakh molochnoi promyslovosti* [Instructions on the organization of production microbiological control at dairy enterprises]. Kyiv: NSC «IAE», 372 p.

14. Odarchenko, M.S., Aksyonova, O.F., Mykhaylenko, V.G., Lyubavina, O.O. (2017). *Ekolohichna ekspertyza kharchovykh vyrobnytstv.* [Environmental examination of food production]. Kharkiv: KhDUKht, 100 p.

15. Liebe, D.L., Hall, M.B., White, R.R. *Vnesok molochnykh produktiv u vplyv na navkolyshnye seredovyshe ta pozhyvnykh rehovyn iz sil's'koho hospodarstva* [Spoluchenykh Shtativ Contributions of dairy products to environmental impacts and nutritional supplies from United States agriculture]. *Doslidzhennya* [Research], 103, 11. pp. 10867–10881.

16. DSTU 7525:2014. (2014). *Voda py`tna. Vy`mogy` ta kontrolyuvannya yakosti* [The water is drinkable. Requirements and quality control]. Kyiv: Ministry of Economic Development of Ukraine, 30 p.
17. Apostoliuk, S. O. (2013). *Ekologichna bezpeka stanu py`tnoyi vody` v Ukrayini* [Environmental safety of drinking water in Ukraine], *Promy`slova ekologiya* [Industrial ecology], 1, p. 14–15.
18. Moragues-Faus, A., Marsden, T. (2017). *Politychna ekolohiya yizhi: vyrizannya «prostoru mozhyvostey» u noviy prohrami doslidzhen'* [The political ecology of food: Carving 'spaces of possibility' in a new research agenda]. *Zhurnal sil's'kykh studiy* [Journal of Rural Studies]. 55, pp. 275–288.
19. Givlyud, A.M., Humnytskyi, Y.M., Ruda, M.V. (2022). *Ochy`shhennya stichny`x vod molochnoyi promy`slovosti metodom adsorbciyi* [Purification of wastewater from the dairy industry by the adsorption method]. Kyiv: GO «MNG», 133 p.
20. Nekoz, O.I., Litvinenko, O.A., Pashchenko, B.S. (2016). *Intensy`fikaciya texnologiyi vodoochy`shhennya dlya xarchovy`x pidpry`yemstv* [Intensification water treatment technologies for food companies], *Visny`k Xarkivs`kogo nacional`nogo texnichnogo universy`tetu sil`s`kogo gospodarstva imeni Petra Vasy`lenka* [Bulletin of the Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture], no. 179, p. 139–145.
21. Antoniuk, M.M., Kiyashko, S.O. (2012). *Uty`lizaciya vidxodiv xarchovoyi promy`slovosti biotexnologichny`my` metodamy`* [Utilization of food industry waste by biotechnological methods]. *Ekonomika. Ekolohiya. Upravlinnya : zbirnyk naukovykh prats'* [Economy. Ecology. Management: a collection of scientific papers], 1, p. 265–269.
22. Vasylenko, I.A., Chuprinov, E.V., Ivanchenko A.V. et all. (2019). *Zeleni tekhnolohii u promyslovosti*. [Green technologies in industry]. Dnipro: Accent PP, 366 p.
23. Zapolsky, A.K., Ukrainets, A.I. (2005). *Ekolohizatsiia kharchovykh vyrobnytstv* [Greening of food production]. Kyiv: Vyshcha shkola, 428 p.
24. Okhrimenko, I.V., Novgorodska, G.V. (2018). *Ekoloho-audytors'kyi analiz ob'yektiv molochnoyi promyslovosti Khersons'koyi oblasti (na prykladi TOV «DANON-DNIPRO»)* [Environmental audit analysis of dairy industry facilities in the Kherson region (on the example of DANON-DNIPRO LLC)], *Naukovyy visnyk Khersons'koho derzhavnoho universytetu* [Scientific Bulletin of Kherson State University], 9, p. 158–162.
25. Clay, N., Sexton, A., Garnett, T., Lorimer, J. (2020). *Porushennya smaku: polityka roslynnoho moloka* [Palatable disruption: The politics of plant milk]. *Sil's'ke hospodarstvo ta lyuds'ki tsinnosti* [Agriculture and Human Values], 6, p. 68-79.
26. Ghrek, O.V., Krasulja, O.O. (2017). *Molokopererobka. Innovaciji* [Milk processing. Innovation.]. Kyiv: NUKHT. 390 p.

Objective. *The purpose of the article is to analyze and characterize the ecological component of the organization of waste-free processing of dairy raw materials in industrial conditions.*

Methods. *The article applies generally accepted theoretical and combined methods of information analysis using modern computer programs. On the basis of own developments, the characteristics of the ecological component of the future enterprise were provided by the methods of comparative and systematic analysis. In order to characterize the ecological component of the future enterprise for the processing of dairy raw materials, information sources on the selected topic were analyzed: monographs, articles, encyclopedias, dissertations.*

Results. *The results of analytical studies of the characteristics of the ecological component of milk processing enterprises are presented in order to organize waste-free processing of dairy raw materials in industrial conditions that are safe for the environment. The scheme of potential directions of processing of dairy raw materials is presented, taking into account resource-saving and waste-free technologies of industrial production. The characteristics of the main waste generated during the processing of various dairy raw materials, technological processes and the production of finished*

products in accordance with environmental safety regarding environmental pollution are provided. Directions for disposal of various wastes and reuse of secondary raw materials of various nature, which can be formed as a result of industrial waste-free processing of milk and dairy raw materials, are shown. The obtained results can be used in the further formation of theoretical and experimental research during the development of the organization plan of the enterprise for waste-free processing of dairy raw materials in the conditions of complex use and safe disposal of industrial waste.

Keywords: *milk, raw materials, industry, processing, ecology, zero waste, technology.*

¹Державний біотехнологічний університет (м. Харків, Україна).

e-mail: valeria92iua@gmail.com

ОБҐРУНТУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РІЖУЧИХ ОРґАНІВ МАШИНИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СУБПРОДУКТІВ

UDC 637.513.3:591.432

Myronenko V. S., Graduate Student¹

¹State Biotechnological University (Kharkiv, Ukraine) e-mail: valeria92iua@gmail.com

JUSTIFICATION OF THE GEOMETRIC PARAMETERS OF THE CUTTING BODIES OF THE BY-PRODUCTS CLEANING MACHINE

Мета. Обґрунтування геометричних параметрів робочих ріжучих органів машини для очищення слизових субпродуктів на прикладі стравоходу яловичого.

Методи. В ході проведення досліджень було використано експериментальні методи досліджень з використанням контрольно-виміральної приладів, сучасні методи математичної статистики, стандартні методики дослідження харчової сировини.

Результати. Висвітлені основні запити м'ясної індустрії стосовно напрямків удосконалення етапів виробництва виробів з використанням окремих видів субпродуктів. Проаналізовано особливості застосування сучасного обладнання щодо можливості використання в процесі очищення стравоходу та шлунку, великої рогатої худоби та свиней. Виявлені основні технічні проблемні питання пов'язані з можливістю обробки стравоходу в шлямодробильних машинах та шлунку в відцентрових машинах. Запропоновані шляхи щодо усунення технічних недоліків існуючих апаратів та перспективи розробки нових зразків устаткування. На основі аналізу встановлено, що застосування шлямодробильних машин та відцентрових для очищення слизових субпродуктів не забезпечує необхідного результату. Проведено аналіз м'ясної сировини як предмету наукових досліджень, який показав, що незважаючи на різну геометричну форму, таких субпродуктів як шлунок та стравохід, доцільним і перспективним є розробка єдиного апарату для їх очищення, але зі змінними робочими органами. Визначені основні чинники, що впливають на ефективність реалізації процесу очищення слизових субпродуктів та перспективні напрямки розвитку його апаратного оформлення. Запропоновано принципову схему та принцип роботи вузла для очищення слизових субпродуктів на прикладі стравоходу яловичого, його тривимірну модель та порядок роботи. Обґрунтовані пропозиції щодо геометричних параметрів ріжучої крайки ріжучого вузла, зокрема форми зубців ріжучої крайки, діаметру ріжучого вузла, конусності. Окреслені такі основні параметри експериментальних ріжучих крайок робочого ріжучого вузла машини для очищення субпродуктів як крок зубців, кут загострення, висота.

Ключові слова: субпродукти, стравохід яловичий, шлунок яловичий, процес очищення, ріжуча крайка, зусилля різання.

Постановка проблеми. М'ясна індустрія, як і будь яка інша індустрія, постійно потребує розвитку та модернізації. Стосується це абсолютно всіх аспектів виробництва: технології, обладнання, методи обробки сировини, пакування, засоби індивідуального захисту співробітників, методи контролю якості продукції та багатьох інших складових. Незважаючи на сучасний рівень розвитку техніки та інновацій залишаються невирішеними питання

переробки окремих видів м'ясної сировини, зокрема окремих видів субпродуктів. Такі субпродукти як печінка, нирки, серце стали невід'ємною частиною сучасної кулінарії завдяки своїм смаковим та поживним властивостям. Також свою популяризацію вони отримали завдяки відносній простоті та зручності попередньої підготовки, зокрема очищення, що передує кулінарній обробці. В промисловості також ряд субпродуктів, обробка яких відносно проста, набули своєї цінності для виготовлення певного асортименту м'ясних виробів [8,10]. Але слід відзначити, що існує низка субпродуктів, зокрема слизових субпродуктів, які обмежено переробляються промисловістю і як наслідок м'ясний ринок має обмежений асортимент продукції з них. Здебільшого проблемні питання переробки слизових субпродуктів пов'язані з низьким рівнем механізації процесів їх очищення. Тому для розширення асортименту виробів зі слизових субпродуктів, раціонального використання м'ясної сировини та механізації процесів очищення актуальною стає задача розробка інноваційних процесів обробки субпродуктів та їх апаратурне оформлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед існуючого розмаїття устаткування для обробки субпродуктів існують певні аналоги, які можуть в певній мірі реалізувати процес очищення таких слизових субпродуктів як стравохід та шлунок, проте якість обробленої сировини буде залишатись на відносно низькому рівні. Так, на сьогодні існують різноманітні конструкції шлямодробильних машин [1, 2], які успішно виконують очищення кишок яловичих та свинячих від шлямю. Проте їх застосування для очищення стравоходу, зокрема яловичого, не є можливим незважаючи на віддалено схожу будову стравоходу та кишок. Якщо розглянути стравохід як предмет дослідження, то ми можемо побачити суттєві відмінності: по перше серозна оболонка, яка заходиться в середині стравоходу відрізняється від шлямю в кишках щільною структурою доволі еластичною і порушити цю структуру за допомогою вальців шлямодробильних машин не є можливим, по друге м'язова – паренхімна тканина, в стравоходах змінюється протягом життя худоби шляхом потовщення і зростання та коливається в межах від 3 мм до 28...32 мм, що унеможлиблює вплив вальців шлямодробильних машин і як наслідок очищення стравоходу від серозної оболонки не відбувається. Окрім цих двох явищ слід також додати, що існують додаткові невирішені питання пов'язані з очищенням стравоходу від слизової оболонки, яка заходиться зовні, а також видалення зі стравоходу залишків їжі тварини. Всі ці технологічні питання на теперішній час вирішені лише частково, а застосування шлямодробильних машин існуючих конструкцій не забезпечує очищення стравоходу від слизової та серозної оболонок в повній мірі та за один операційний цикл. Така сама ситуація і з свинячими стравоходами з лише тією різницею, що вони мають менший діаметр та довжину, що обумовлено відмінною анатомічною будовою по відношенню до великої рогатої худоби. Якщо ретельно проаналізувати конструкції шлямодробильних машин, то можна побачити, що всі запропоновані варіації передбачають використання водного середовища у значній кількості. Звісна річ, у випадку обробки кишок водне середовище є необхідною складовою для отримання якісно очищеної сировини. У випадку ж з очищенням стравоходу використання водного середовища є можливість уникнути з метою заощадження енергетичних та водних ресурсів

Майже ідентична ситуація і з шлунок яловичим, який є цінною для м'ясопереробної галузі сировиною. Для обробки переважно використовуються відносно прості за конструкцією відцентрові машини [2]. В основу роботи яких покладено вплив відцентрових сил під час обертання ротора та водного середовища переважно гарячої води. Вони є доволі ефективними з точки зору видалення зовнішнього покриву шлунку та залишків їжі, але після обробки залишається не видаленими слизова оболонка рубця та сітки [4], жирова тканина та частково слизова оболонка. Завдяки цьому шлунок яловичий, а здебільшого тільки його частина – рубець, обмежено використовуються під час виробництва ковбасних виробів. Переважно такими ковбасами є ліверні ковбаси. І для виробництва інших видів виробів від застосовується обмежено. Проте ця цінна сировина має свої перспективи для застосування і як основи для

нових видів м'ясних та кулінарних виробів, так і основи кулінарних виробів в ресторанній галузі. Для реалізації цих перспектив слід вирішити науково-технічне завдання щодо механізації процесу очищення м'язової (паренхімної) частини від слизової оболонки та жирової. Існуючі відцентрові машини для очищення субпродуктів цього процесу реалізувати не можуть в повній мірі. Під час реалізації цього завдання слід також враховувати, що шлунок, який піддається обробці, на відміну від стравоходу та інших видів субпродуктів не має хоча б наближеної геометричної форми. Так само, як і стравохід шлунок яловий має багатопшарову будову і схожі під час очищення технічні задачі. Тому робочі органи устаткування, що реалізовуватиме це технологічне завдання повинні бути сконструйовані у відповідності до потреб технологічного виробництва та з урахуванням будови і структурно-механічних властивостей сировини. Враховуючи ідентичність завдань доцільним є проведення робіт з конструювання машини для очищення слизових субпродуктів [7], яка б мала за своїми функціональними можливостями проводити очищення як стравоходу, так і шлунку. Конструкція машини має реалізовувати процес очищення за один операційний цикл, з мінімальними втратами цінної м'язової частини та мінімальними витратами енергетичних ресурсів. З урахуванням того, що приведені існуючі аналоги переважно використовують у великій кількості водні ресурси, то стає також актуальною задача виключення використання водного середовища, а за неможливості мінімізація його застосування. За конструкцією машина має вбудовуватись у технологічну лінію м'ясопереробного виробництва, та забезпечувати належні санітарно-гігієнічні вимоги під час очищення, тобто розгалуження потоків очищеної сировини та відокремлених частин слизової та серозної оболонок шлунку яловичого та стравоходів свинячих та яловичих.

Мета статті. Обґрунтування геометричних параметрів робочих ріжучих органів машини для очищення слизових субпродуктів на прикладі стравоходу яловичого.

Виклад основного матеріалу досліджень. Для вирішення поставленої задачі – механізації процесу очищення стравоходу яловичого та шлунку запропоновано конструкція машини для очищення слизових субпродуктів [3, 5]. Основним робочим органом машини є очищувальний пристрій (рис.1).

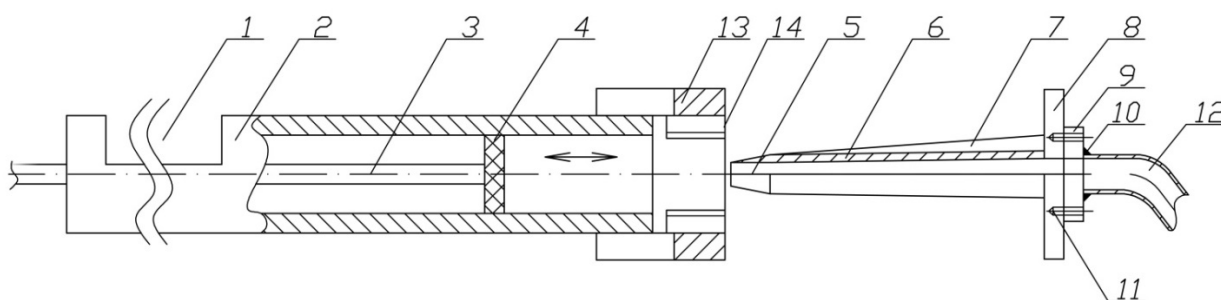


Рисунок 1 – Схема робочого вузла машини для очищення слизових субпродуктів:

- 1 – жолоб завантажувальний, 2 – циліндр напрямний, 3 – шток поршня, 4 – поршень штовхаючий, 5 – вузол ріжучий, 6 – конус порожнистий, 7 – лезо клиноподібне, 8 – фланець ножовий, 9 – фланець, 10 – з'єднання зварювальне, 11 – з'єднання різьбове, 12 – патрубок відвідний

Пристрій для очищення слизових субпродуктів складається із жолоба завантажувального 1, циліндра напрямного 2, поршня штовхаючого 4, штока поршня 3, вузла ріжучого 5, муфти скребкової 13. Ріжучий вузол виконано у вигляді зрізаного порожнистого конусу 6, на краю якого виконано загострення з метою ефективного різання м'якоті стравоходу навколо серозної оболонки. Загострення може бути виконано у вигляді зубців для зменшення зусилля різання під час очищення. На верхній бічній частині ріжучого конусу виконано лезо клиноподібне 7

для повздовжнього однобічного розрізання стравоходу і подальшого вільного руху по поверхні ріжучого вузла з подальшим його самостійним зняттям. Внутрішня частина конусу виконана також конусною для вивільнення серозної оболонки з залишками їжі, що споживала худоба. Конус 6 виконано суцільно із фланцем 8. В свою чергу фланець з'єднувальний 8 кріпиться з'єднаннями 11 до фланця 9, на якому закріплено патрубок відвідний 12 за допомогою з'єднання 10. Між циліндром напрямним 2 та вузлом ріжучим 5 встановлено нерухому муфту скребкову 13 з розташованими у внутрішньому діаметрі муфти нерухомими лезами 14 у кількості від 4 до 8 шт. для зняття зовнішньої слизової оболонки з поверхні стравоходу.

Робочий вузол машини працює наступним чином. Стравохід свинячий, великої рогатої худоби або інших свійських тварин, який має циліндричну подовжену форму завантажується поштучно до жолоба завантажувального 1 і проштовхується поршнем 4 по циліндру напрямному 2 до муфти скребкової 13. Муфта 13 розташовується на відстані 5...10 мм від циліндра 2. Під час стикання з нерухомими лезами 14 відбувається відокремлення слизової оболонки стравоходу від м'язової частини стравоходу. Слизова оболонка, яка відокремилась від стравоходу загортається, ущільнюється і після проходження стравоходу під дією власної ваги спадає з муфти 13. Далі, з проходженням нерухомої муфти 13 стравохід стикається з ріжучою крайкою ножового вузла 5, яка вривається в м'язову частину стравоходу по краю внутрішньої серозної оболонки, поршень 4 проштовхує стравохід далі по конусу 6 і внутрішній вміст – серозна оболонка опиняється у середині конусу і шляхом проштовхування по конусу відокремлюється від м'язової частини і проходить далі до відвідного патрубку 12 для подальшого видалення. Одночасно із видаленням серозної оболонки відбувається рух м'язової частини стравоходу по зовнішній поверхні конусу 6 із одночасним повздовжнім його розрізанням лезом клиноподібним 7. По мірі руху по поверхні конусу 6 м'язова частина ущільнюється, стикається з лезом 7, який розрізає і одночасно розгинає та загортає стравохід змушуючи по мірі наближення до фланця 8 зісковзувати з ріжучого вузла. Після проштовхування стравоходу поршень 4 повертається своє вихідне положення, до жолоба завантажувального знову потрапляє неочищений стравохід і процес повторюється.

В основу принципу роботи машини покладено загальний принцип, але передбачається зміна робочих вузлів у відповідності до виду сировини, що підлягає обробці. Так, для обробки стравоходу передбачається використання циліндричного ріжучого вузла, але не суворої геометричної форми циліндра а утинутого конусу. Така форма обрана з міркувань зменшення зусилля різання та ефективності протікання процесу. Звісна річ, що циліндрична форма зручніша та простіша з точки зору виготовлення, але застосування циліндричного ножа додаватиме додаткового тертя під час відокремлення серозної оболонки та затримання її видалення з ножа. Виконання вузла ріжучого (рис.2) у формі утинутого конусу дозволить вивільняти серозну оболонку та зменшити зусилля різання .

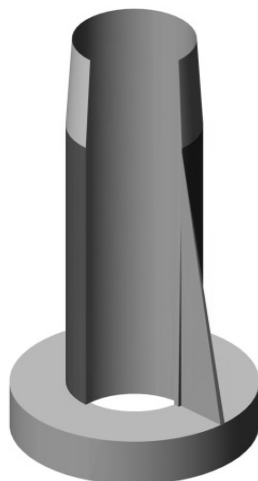


Рисунок 2 – 3D-модель вузла ріжучого

Щодо конусності зовнішньої поверхні ножа, то її значення повинно бути виявлено шляхом експериментальних досліджень та за можливості має бути мінімальним задля зменшення енергетичних витрат на процес очищення. По робочому краю ріжучого конусу передбачається виконання ріжучої крайки. Конструкція машини передбачає нерухомий стан ріжучих елементів і рух сировини по відношенню до них. Враховуючи це, для забезпечення ефективного процесу різання, а саме цей процес покладено в основу процесу очищення, необхідним є визначення оптимальної форми ріжучої крайки. Слід також враховувати, що ніж являє собою порожнистий утинутий конус, а отже застосування форм ріжучих крайок є доволі обмеженим. З усього розмаїття форм пропонується до використання зубчастоподібну та пір'яподібну форми, як найбільш прийнятні для застосування (рис. 3).

Зазначені форми ріжучої крайки дозволять забезпечити осьове повздовжнє різання м'язової частини стравоходу, знизити зусилля різання як головного показника процесу і як наслідок знизити енергоспоживання машини в цілому, забезпечити ефективне відокремлення серозної оболонки від м'язової частини та якість поверхні зрізу як запоруку зовнішнього вигляду кінцевих виробів.

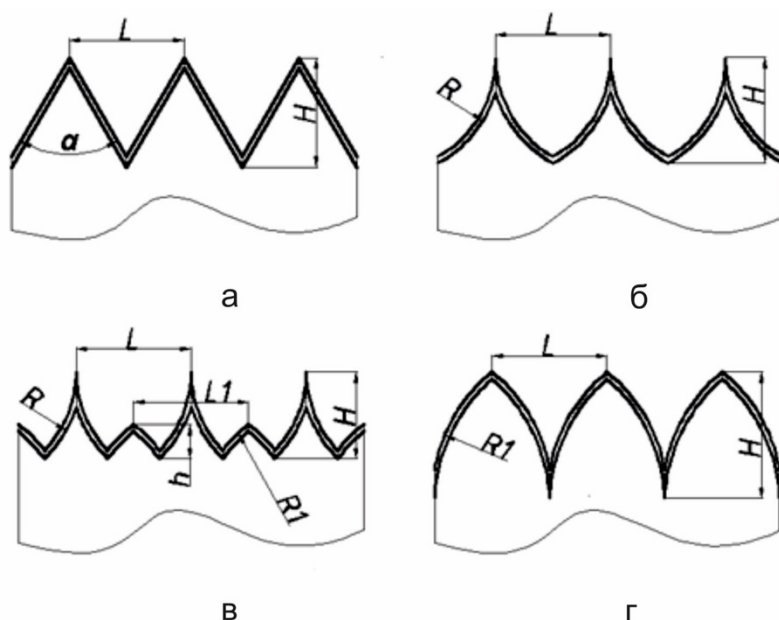


Рисунок 3 – Експериментальні форми ріжучих крайок робочого ріжучого вузла машина для очищення слизових субпродуктів: а – зубчаста рівнобічна, б – пір'яподібна, в - пір'яподібна комбінована, г – зубчаста загострена

Для забезпечення зазначених показників слід вирішити таке науково-практичне завдання, як дослідження основних геометричних параметрів геометрії ріжучої крайки та її характеристик на процес різання стравоходу. Основними параметрами для ріжучої крайки є: L – крок зубців, $L1$ – крок малих зубців (для пір'яподібної комбінованої), H – висота зубців, h – висота малих зубців (для пір'яподібної комбінованої), R – радіус внутрішнього закруглення зубців, $R1$ – радіус зовнішнього закруглення зубців, α – кут загострення рівнобічного зубця при вершині. Кількість зубців буде безумовно залежить від діаметру конусу, висоти зубця та його ширини при основі. Запропоновані геометричні параметри ріжучих крайок наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Параметри експериментальних ріжучих крайок робочого ріжучого вузла машини для очищення субпродуктів

№ з/п	Форма ріжучої крайки	L , мм	H , мм	$L1$, мм	α , град	h , мм	R , мм	$R1$, мм
1	Зубчаста рівнобічна	10...25	15...25	-	15...45	-	-	-
2	Пір'яподібна	10...25	15...25	-	-	-	20...30	-
3	Пір'яподібна комбінована	10...25	15...25	5...12	-	5...10	20...30	20...30
4	Зубчаста загострена	10...25	15...25	-	-	-	-	20...30

Діаметр конусу вузла ріжучого, а по суті ріжучої крайки, обираємо згідно проведених досліджень геометричних параметрів стравоходу яловичого. Як і показали, що геометричні характеристики стравоходу та його структурно-механічні властивості залежать від віку худоби. Так, стравохід яловичий віком худоби до 1 року має зовнішній діаметр 18...25 мм, а віком 2 і більше років вже становить 28...47 мм.

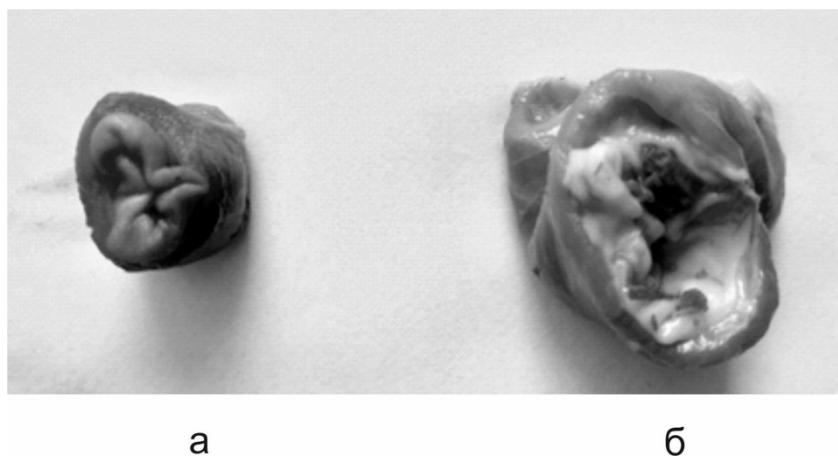


Рисунок 4 – Стравохід яловичий поперечного розрізу у охолодженому стані:
а – віком худоби до 1 року, б – вік худоби 2 і більше років

Виходячи з практичних міркувань в подальшому для проведення досліджень та практичного застосування слід використовувати два комплекти робочих вузлів машини для очищення стравоходу яловичого. Відповідно з вузлом ріжучим діаметром 10...12 мм та 20...23 мм. Обрані значення діаметру відповідають діаметру серозної оболонки в середині стравоходу. Остаточні значення можуть біти отримані після проведенні додаткових експериментальних досліджень.

Висновки. Проведені аналітичні дослідження показали перспективність розробки інноваційного методу очищення широкого спектру слизових субпродуктів на прикладі стравоходу яловичого. Запропонована модель робочих органів дозволяє зробити висновки щодо можливості використання в процесі очищення субпродуктів за умови проведення комплексних досліджень запропонованого способу очищення. А також досліджень впливу геометричних параметрів робочих органів на процес очищення, якість очищення та енергетичні витрати на реалізацію процесу. Проведені експериментальні дослідження процесу різання як складової процесу очищення нададуть можливість отримати дані щодо остаточних конструктивних параметрів робочих органів та провести конструкторські роботи щодо загальних конструктивних та експлуатаційних параметрів машини для очищення субпродуктів та подальшого впровадження у виробничих умовах.

Список літератури

1. Коваль О. А. Технологія обробки субпродуктів. Київ : Основа, 2002. 80 с.
2. Ілюхин В. В. Тамбовцев І. І. Монтаж, налагодження, діагностика та ремонт обладнання підприємств м'ясної промисловості. К.: Кондор, 2005. 456 с.
3. Горелков Д. В., Мироненко В. С., Омельченко О. В., Остахов М. П. Розробка конструкції установки для очищення слизових субпродуктів. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2021. Вип. 1 (33). С. 131-138.
4. Ніколаєвич В. І. Анатомія і фізіологія сільськогосподарських тварин. Київ: Аграрна освіта, 2014. 511 с.
5. Горелков Д. В., Мироненко В. С., Цвіркун Л. О. та ін. Дослідження різання стравоходу як складової процесу його очищення. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2020. Вип. 1 (31). С. 145-156. URL: <https://elib.hduht.edu.ua/bitstream/123456789/5620/1/13.pdf>.
6. Бондар С., Войцехівська Л., Вербицький С. Вивчення компонентного складу типових паштетних виробів і оцінювання можливості долучення до нього м'яса птиці механічно відокремленого. *Продовольчі ресурси*. 2016. 4 (06). С. 113-122.
7. Сухенко, В. Ю., Сухенко, Ю. Г., Сарана, В. В., Муштрук, М. М. Моделювання технологічних процесів і обладнання переробних підприємств АПК: монографія. Київ: Компринт, 2017. 520 с.
8. Oshchypok I. M. Дослідження зміни енергозатрат при рубанні харчової сировини від кута загострення клина. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*. 2018. 20 (85). С. 123-127.

References

1. Koval, O. A. (2002). *Tekhnolohiia obrobky subproduktiv* [Byproducts processing technology], Kyiv: Osнова, 80 p.
2. Ilyuhin, V. V. Tambovtsev, I. I. (2005). *Montazh, naladka, diagnostika i remont oborudovaniya predpriyatiy myasnoy promyishlennosti* [Installation, adjustment, diagnostics and repair of equipment for meat industry enterprises]: K.: Kondor, 456 p.
3. Horielkov, D. V., Myronenko, V. S., Omelchenko, O. V., Ostakhov, M. P. (2021). *Rozrobka konstruktсии ustanovky dlia ochyshchennia slyzovykh subproduktiv* [Development of the design of the installation for the purification of mucous by-products], *Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli*, 1 (33), 131-138.
4. Nikolaievych, V. I. (2014). *Anatomiia i fiziolohiia silskohospodarskykh tvaryn* [Anatomy and physiology of farm animals], Kyiv: Ahrarna osvita, 511 p.
5. Gorelkov, D., Mironeneko, V., Cvirkun, L. (2020). *Doslidzhennia rizannia stravokhodu yak skladovoi protsesu yoho ochyshchennia* [Researches of the process of cutting of the esophagus as a component of the process of its cleaning], 145-156. URL: <https://elib.hduht.edu.ua/bitstream/123456789/5620/1/13.pdf>.
6. Bondar, S., Voitsekhivska, L., & Verbytskyi, S. (2016). *Vyvchennia komponentnoho skladu typovykh pashtetnykh vyrobiv i otsiniuvannia mozhlyvosti doluchennia do noho miasa ptytsi mekhanichno vidokremlenoho* [The development of a component warehouse of typical pate varieties and the assessment of the possibility of reaching a new poultry meat, mechanically water-reinforced], *Prodovolchi resursy* [Food resources], 4(06), 113-122.
7. Sukhenko, V. Yu., Sukhenko, Yu. H., Sarana, V. V., Mushtruk, M. M. (2017). *Modeliuvannia tekhnolohichnykh protsesiv i obladnannia pererobnykh pidpriemstv APK* [Modeling of technological processes and possession of processing enterprises of the agro-industrial complex]: monohrafiia. Kyiv, Komprynt, 520 p.
8. Oshchypok, I. M. (2018). *Doslidzhennia zminy enerhozatratt pry rubanni kharchovoi syrovyny vid kuta zahostrennia klyna*. [Additional change in energy costs when cutting grub syrovina in the

form of a sharpened wedge], Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 20(85), 123-127.

Objective. *Justification of the geometric parameters of the working cutting organs of the machine for cleaning mucous offal on the example of the beef esophagus.*

Methods. *In the course of the research, experimental methods of research with the use of control and measuring devices, modern methods of mathematical statistics, and standard methods of research of food raw materials were used.*

The results. *The main requests of the meat industry regarding directions for improving the stages of production of products using certain types of by-products are highlighted. The peculiarities of the use of modern equipment regarding the possibility of use in the process of cleaning the esophagus and stomach of cattle and pigs were analyzed. The main technical problems identified are related to the possibility of processing the esophagus in slime machines and the stomach in centrifugal machines. Proposed ways to eliminate technical shortcomings of existing devices and prospects for the development of new models of equipment. Based on the analysis, it was established that the use of slime crushers and centrifugal machines for cleaning slime by-products does not provide the required result. An analysis of meat raw materials as a subject of scientific research was carried out, which showed that despite the different geometric shape of by-products such as stomach and esophagus, it is expedient and promising to develop a single apparatus for their cleaning, but with variable working organs. The main factors affecting the effectiveness of the process of purification of mucous by-products and promising directions for the development of its hardware design have been determined. A schematic diagram and principle of operation of a unit for cleaning mucous by-products using the example of a beef esophagus, its three-dimensional model and the procedure of operation are proposed. Reasoned proposals regarding the geometric parameters of the cutting edge of the cutting unit, in particular the shape of the teeth of the cutting edge, the diameter of the cutting unit, the taper. The main parameters of the experimental cutting edges of the working cutting assembly of the machine for cleaning offal are outlined, such as the pitch of the teeth, the sharpening angle, and the height.*

Key words: *offal, beef esophagus, beef stomach, cleaning process, cutting edge, cutting force.*

DOI : 10.33274/2079-4827-2023-46-1-80-88
УДК 664.62-193.621.565

*Хорольський В. П., д-р техн. наук,
професор
Коренець Ю. М., старший викладач
Омельченко О. В., канд. техн. наук, доцент
Петрушина Ю. М., здобувач ОС магістра*

Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: horolskiy@donnuet.edu.ua.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ПІДСИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРАЦЕЗДАТНІСТЮ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН АСУТП ПРОМИСЛОВИХ ХОЛОДИЛЬНИКІВ

UDC 664.62-193.621.565

*Khorolskyi V. P., Grand PhD of Engineering
Science, Professor
Korenets Yu. M., Senior Lecturer
Omelchenko O. V., PhD in Engineering
sciences, Associate Professor
Petrushyna Yu. M., a graduate of a master's
degree*

Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (Kryvyi Rig, Ukraine), e-mail: horolskiy@donnuet.edu.ua.

INTELLIGENT SUBSYSTEM FOR CONTROL OF REFRIGERATORS OPERATING PERFORMANCE SCADA OF INDUSTRIAL REFRIGERATORS

Мета. Метою статті є розробка методу підвищення працездатності холодильних систем промислових холодильників за рахунок завчасного розпізнавання аварійних ситуацій на основі інформації від нейромережових систем, вбудованих в АСУТП промислових холодильників (ПРХ).

Методи. У статті використано методи розпізнавання аварійних ситуацій та аварій, що можуть виникати в процесі експлуатації холодильних систем промислових холодильників. З метою одержання наукових результатів введено поняття працездатності холодильних систем промислових холодильників, яку ототожнюють з інтелектуальною ситуаційною моделлю складного холодильного господарства промислового холодильника, що виконує функції заморожування продукції та зберігає робочі параметри холодильної машини в межах, встановлених нормативною документацією. Проведено імітаційні дослідження виробничих та аварійних ситуацій на експериментальній установці, що дозволяє змоделювати поведінку оператора-технолога (ОПР) і експертної системи керування працездатністю холодильних машин. Для ідентифікації аварійних ситуацій застосовувались нейромережові методи. При синтезі системи керування АСУТП промислового холодильника використовувались методи нейрокерування та класифікаційного керування.

Результати. Запропоновано нову структуру інтелектуальної системи узгодженого керування аміачними холодильними установками (холодильними машинами, холодопостачанням холодильних камер) і споживчими характеристиками продуктів заморожування, вихідними параметрами витрат електрики та викидів CO₂, що дозволяє особі, яка приймає рішення, розпізнавати технологічні виробничі ситуації, аварійні ситуації

© Хорольський В. П., Коренець Ю. М., Омельченко О.В.,
Петрушина Ю. М.

та аварії. Удосконалено спосіб оптимізації параметрів технологічного процесу холодозабезпечення холодильних камер ПРХ в складі інтелектуальної системи керування холодильними машинами, що відрізняється від існуючих аналогів більшою швидкістю збіжності за рахунок застосування нейромережових систем керування аміачними холодильними установками і системами заморожування продукції в холодильних камерах ПРХ. Розроблена технологія розподіленого моніторингу виробничих ситуацій S_B^{XK} і аварійних ситуацій S_A^{XM} , яка дозволяє розробити підсистему розпізнавання аварійних ситуацій і аварій та апаратну реалізацію ІСКХМ в АСУТП промислового холодильника. Розроблена АСУТП промислового холодильника з підсистемою розпізнавання аварійних ситуацій і аварій з вирішенням задач їх ідентифікації в режимі реального часу має наступні функціональні переваги: швидкість алгоритмів розпізнавання аварійних ситуацій та захисту обладнання від аварій; можливість візуалізації аварійних ситуацій ОПР в реальному масштабі часу та надання рекомендації оперативному персоналу щодо прискорення їх подолання.

Ключові слова: працездатність, холодильні системи, аварійні ситуації і розпізнавання, експертна система, інтелектуальна автоматика, АСУТП промислових холодильників.

Постановка проблеми. Однією із актуальних проблем сьогодення є пошук найбільш раціональних методів забезпечення необхідного рівня працездатності та безпечності діючих і проектних аміачних холодильних установок (АХУ) промислових холодильників. Висока енергетична ефективність АХУ забезпечує конкурентні техніко-економічні показники навіть з урахуванням додаткових витрат на підтримання належного рівня їх безпечної експлуатації [1, 2].

Використання на АХУ систем автоматичного захисту холодильного обладнання промислових холодильників (ПРХ), які зупиняють електродвигуни компресорів при виникненні аварійних ситуацій, не забезпечують працездатність холодильних машин, а отже, і оптимізацію режимів роботи холодильних камер ПРХ. У той же час в процесі роботи холодильних машин ПРХ виникає ряд відхилень від нормального режиму роботи, утворення яких не призводить до включення існуючих систем автоматичного захисту. Несвоєчасне прийняття заходів щодо змінних цих ситуацій може призвести до виникнення аварій. До таких аварій віднесемо: високий тиск всмоктування компресора, різке зниження температури нагнітання, підвищений нагрів окремих вузлів і деталей компресора, появи сторонніх шумів і стукоту тощо.

Високий нагрів підшипників компресора залежить від багатьох чинників, що впливають на розвиток аварійних ситуацій та свідчать про передаварійну ситуацію, яка може призвести до збільшення викидів CO_2 в атмосферу [3]. У той же час, аварійне відключення ХМ призводить до порушення технологічного процесу холодозабезпечення холодильних камер і процесу заморожування продуктів харчування і, як наслідок, до економічних втрат [4]. У зв'язку з цим доцільно спроектувати системи автоматичного керування процесами виробництва штучного холоду та захисту ХМ від аварійних режимів для своєчасного прийняття оперативних рішень щодо розпізнавання аварійних ситуацій [2]. Розробка автоматизованих систем контролю працездатності ХМ ПРХ вимагає від дослідників використання системного аналізу АХУ з метою виявлення факторів, які впливають на розвиток передаварійних ситуацій та взаємозв'язків між ними, а також використання методів обробки якісної інформації про стан холодильного обладнання. Ці питання вимагають від дослідників розробки методів ідентифікації передаварійних ситуацій на аміачних холодильних установках, а, отже, ці питання є актуальними і своєчасними.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Споживання штучного холоду в харчовій промисловості суттєво зросло в Україні за останні п'ять років, оскільки споживачі зацікавлені в одержанні смарт-продуктів харчування високої споживчої якості та раціональної вартості [4]. Одним із найбільш поширених способів одержання штучного холоду є використання холодильних систем, до складу яких входять компресорні аміачні

машини, конденсатори, випарники, апарати контролю і споруди з холодильними камерами. Їх будемо називати промисловими холодильниками [2], в яких є холодильні приміщення (камери) із заданими оптимальними параметрами температурно-вологісного режиму, що відповідають технологічним нормам зберігання або виробництва харчових продуктів [3].

У процесі експлуатації компресорних аміачних установок виникають аварії, аварійні ситуації та передаварійні режими роботи обладнання, які є об'єктом аналізу і дослідження вченими України і науковців країн ЄС та США [2, 4, 5]. Експертами встановлено, що більшість аварій виникає за рахунок відмови приладів захисту, дефектів, зношення та/або несправностей компресорів, трубопроводів, порушення технологічних регламентів, відхилення від проектної технології виробництва холоду. Дослідники аварійних ситуацій та аварій [2, 3, 5] вважають аварію найбільш небезпечною виробничою подією, що може призвести до травмування людей та впливу CO_2 на навколишнє середовище. Під аварією в холодильних системах будемо вважати швидкий перехід об'єкту від працездатного стану до стану порушення виробничого процесу (післяаварійний стан). Працездатність холодильних систем, на думку авторів [2], залежить від вміння особи, яка приймає рішення ОПР (диспетчера з АРМ) своєчасно:

- одержувати інформацію про несправності холодильного обладнання;
- виявляти взаємозв'язки між технологічними параметрами, несправностями та їх причинними зв'язками з аваріями та аварійними ситуаціями;
- працювати з інтелектуальними системами розпізнавання аварій, аварійних ситуацій, проводити їх додаткові навчання тощо.

Мета статті – підвищення працездатності холодильних систем промислових холодильників за рахунок завчасного розпізнавання аварійних ситуацій за інформацією нейронмережових систем вбудованих в АСУТП промислових холодильників.

Виклад основного матеріалу дослідження. В науковій праці авторів статті [3] проведений аналіз оперативної діяльності оператора-технолога промислового холодильника для заморожування в N холодильних камерах (ХК) продуктів харчування. Оператор-технолог (ОПР) – це особа, яка приймає рішення щодо холодозабезпечення ХК та оптимізації процесів заморожування продуктів за критерієм працездатності та безпечної роботи обладнання ПРХ та мінімізації викидів CO_2 в атмосферу. ОПР також є експертом при створенні бази даних (БД), бази знань (БЗ) інтелектуальної системи управління ПРХ.

У процесі формалізації робочих характеристик промислового холодильника з холодильними машинами і холодозабезпеченням холодильних камер визначено систему чинників, що впливають на розвиток аварійних ситуацій, передаварійних режимів у вигляді моделей причинно-наслідкових зв'язків [3]. Моделі віддзеркалюють характерні особливості режимів роботи обладнання, форми його функціонування та холодозабезпечення холодильних камер та мінімізації втрати якості заморожуваного продукту [5, 6].

У загальному вигляді виробнича ситуація S_B на ПРХ залежить від n факторів X_i , які вимірюють кількісно та/або оцінюють якісно, і які змінюються в часі t .

$$S_B(t) = f(X_{1K}, X_{2K}, \dots, X_{nK}), \quad (1)$$

де K – число ситуацій, $K = 1, 2, \dots, n$;

n – число факторів, які визначають процес холодозабезпечення промислового холодильника.

У реальних умовах оцінка виробничої ситуації S_B у ПРХ ОПР виконується через визначений проміжок часу t . Тому рівняння (1) запишемо наступним чином:

$$S(t) = f(X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t)), \quad (2)$$

Отже, кожна виробнича ситуація залежить від сукупності факторів, загальне число яких визначається конкретними особливостями виробництва штучного холоду холодильними машинами, холодозабезпечення ХК, технологічними параметрами заморожування продуктів харчування.

У той же час кожен виробничу ситуацію S_B можливо представити: S_1^{XM} – сферою стійкої роботи АХУ холодильних машин, S_2^{XM} – сферою недовантаження холодильних машин; S_3^{XM} – сферою перевантаження холодильної машини (потенційно небезпечна аварійна ситуація). У процесі експлуатації холодильних аміачних машин виникає вологий хід компресора, висока температура нагнітання і т. п., які ОПР віднесе до передавальних режимів роботи холодильних машин ПРХ [2, 3].

Ситуації S_3^{XM} буде відповідати сукупність параметрів, наприклад, високий нагрів вольниць (підшипників) компресора, а саме: x_1^{KP} – сила струму в СД двигуна поршневого компресора; x_2^{KG} – сила струму в АД двигуна гвинтового компресора двоступеневої холодильної машини [5]; параметри x_3^{KP} , x_4^{KG} характеризують тиск на усмоктування компресорів, мПа; x_5^{KP} – температура пари, що нагнітається °С; x_6^{KG} – перегрів на всмоктування в гвинтовий компресор Δt_{BC} , °С; x_7^{KP} , x_8^{KG} – вібрації вольниць відповідно поршневого і гвинтових компресорів.

Сукупність цих нечітких параметрів, які описують ситуацію S_3^{XM} дозволяють генерувати оперативну БД і БЗ нештатних ситуацій для кожної несправності та формалізують знання експертів (ОПР) про фактори, які впливають на розвиток аварійних експлуатаційних ситуацій у вигляді продукційних правил виду:

$$P_{S_3^{XM}} = P_{x_1^{KP}} VP_{x_2^{KG}} VP_{x_3^{KP}} VP_{x_4^{KG}} VP_{x_5^{KP}} VP_{x_6^{KG}} VP_{x_7^{KP}} VP_{x_8^{KG}} V, \quad (3)$$

де $P_{x_1^{KP}}, P_{x_2^{KG}}, \dots, P_{x_8^{KG}}$ – предикати, які відповідають параметрам x_1^{KP} , $x_2^{KG}, \dots, x_8^{KG}$ виробничої ситуації S_3^{XM} . Методика опису ситуації ефективно використовується в системах розпізнавання аварійних ситуацій і аварій в гірничорудній промисловості і детально розглянута в джерелі [7].

Перейдемо до проектування вбудованої в АСУТП підсистеми розпізнавання аварійних ситуацій в холодильних системах промислових холодильників. У системах керування холодозабезпеченням холодильних камер для заморожування туш великої рогатої худоби (ВРХ) з оптимальним температурним режимом -40°C і менше та підтриманням відповідного вологісного режиму необхідно автоматично, в темпі з процесом розпізнавати аварійні ситуації.

У розробленій в ДонНУЕТ імені Михайла Туган-Барановського інтелектуальній платформі «Холод» моніторинг параметрів керування холодопродуктивністю холодильних систем (поршневих і гвинтових компресорів) виконано за допомогою датчиків температури, вологості, вібрацій холодильних машин. Контроль робочих характеристик холодильних камер виконано за допомогою датчиків температури, вологості повітря, свіжості продукції, положення дверей та геометрії заповнення ВРХ в холодильних камерах. Це дозволяє оператору з автоматизованого робочого місця (АРМ) за допомогою програмного інтерфейсу та візуалізації параметрів оптимізувати витрати енергії та скоротити викиди CO_2 , а головне – мінімізувати втрати споживчих характеристик продуктів харчування [3, 8].

Концепція збільшення ефективності, надійності й підвищення працездатності та безпечності заморожування продуктів харчування вимагає від дослідників нових проектних рішень, а саме:

1) підвищення працездатності холодильних систем шляхом розпізнавання аварійних ситуацій та аварій на основі експертних систем;

2) розробки технології розподіленого моніторингу виробничих S_B^{XK} і аварійних ситуацій S_1^{XM} , S_2^{XM} , S_3^{XM} .

У сучасних системах автоматизованого управління широко використовуються способи і пристрої визначення розмірів предметів охолодження, наприклад оптико-телевізійні або

радіолокаційні [8]. Суттєвою ознакою цих способів і пристроїв є те, що виконується аналіз одержаної інформації відповідно до розроблених алгоритмів розпізнавання образів [7] та надаються висновки про координати об'єкту досліджень. Серед недоліків цього методу необхідно відзначити недостатню точність визначення геометрії об'єкту за рахунок низької завадостійкості, обмеженої можливості фільтрації завад, та неможливості швидкої адаптації при зміні параметрів холодильної камери і виду заморожуваного продукту. Тому створення способу керування рухомим об'єктом (геометрії туші ВРХ) в просторі холодильної камери з покращеними функціональними можливостями за рахунок точності і швидкодії визначення параметрів координат туші ВРХ і, як наслідок, підвищення оперативності виконання задачі мінімізації втрат споживчих характеристик продуктів харчування, є важливим атрибутом проектних рішень [8].

Іншим важливим аспектом роботи є створення для ОПР автоматичної системи візуалізації технічного стану випарника холодильної камери (обмерзання випарника) та формування команд щодо адаптивного керування процесом відтаювання випарника у випадку виникнення аварійних ситуацій S_B^B .

Отже, розробка та дослідження системи контролю параметрів туші великої рогатої худоби та стану випарника холодильної камери промислового холодильника з системами нейроуправління холодозабезпеченням є інновацією, яка значно збільшує рівень працездатності холодильного обладнання за рахунок систем розпізнавання аварій та аварійних ситуацій як компресорних систем, так і роботи холодильних камер. Такий підхід щодо рішення підсистеми потребує спеціальних проектних рішень.

Для вирішення цих інноваційних завдань будемо використовувати інтегровані методи нечіткої оцінки геометрії туші, її кольору з використанням як математичних сенсорів з ультразвуковими чутливими елементами, так і системи з відеокамерами комп'ютерного зору [2, 8]. Такий підхід формування інтегрального зображення туші ВРХ виконано за допомогою нейромережових технологій, що дозволяє ОПР з АРМ одержувати інтегральні інформаційні параметри зображень туші ВРХ при формуванні сигналів з ультразвукових чутливих елементів та систем візуалізації.

Крім цього, така система технічного зору параметрів ХК дозволяє ОПР в масштабі реального часу:

1. Визначити геометрію, топологію і колір туші ВРХ, а також геометричні параметри локальних та інтегральних ділянок туші у вигляді параметрів площини, радіусів, довжини, ширини, кількості точок перетину контурів, геометричного центру і елемента зображень, ділянок холодильної камери, що постійно аналізуються.

2. Розпізнавати ділянку території за допомогою нейромережових технологій, що дозволяє оператору-технологу (холодильщику) аналізувати кількість туш ВРХ та можливість додаткового довантаження холодильної камери.

На рис. 1 наведена схема АСУТП ПРХ з вбудованою підсистемою нейромережового розпізнавання аварійних ситуацій аміачних холодильних установок, систем холодозабезпечення холодильної камери та якості заморожування продукції. В холодильній камері для заморожування м'яса у вигляді туш, представленої на рис. 1, наведено схему положення туші ВРХ з системою одноканального розподілення повітря 7 та систему датчиків розпізнавання геометричних розмірів (ВК1, ВК2, МС1, МС2), а також відеокамеру ВК3 в системі розпізнавання стану випарника.

У цій системі керування використана система «Холод» з програмним забезпеченням (ПЗ) і алгоритмічним забезпеченням, ОПР – експертною системою, інтелектуальними моделями ПРХ [8]. У нейромережових системах керування АХУ і ХМ застосовано середовище Neuro Solutions (Neuro Dimension, Inc.), для апаратної реалізації використано RISM – процесор типу Power 4. Перевірку розроблених алгоритмів розпізнавання виконано на експериментальній холодильній установці в ДонНУЕТ імені Михайла Туган-Барановського.

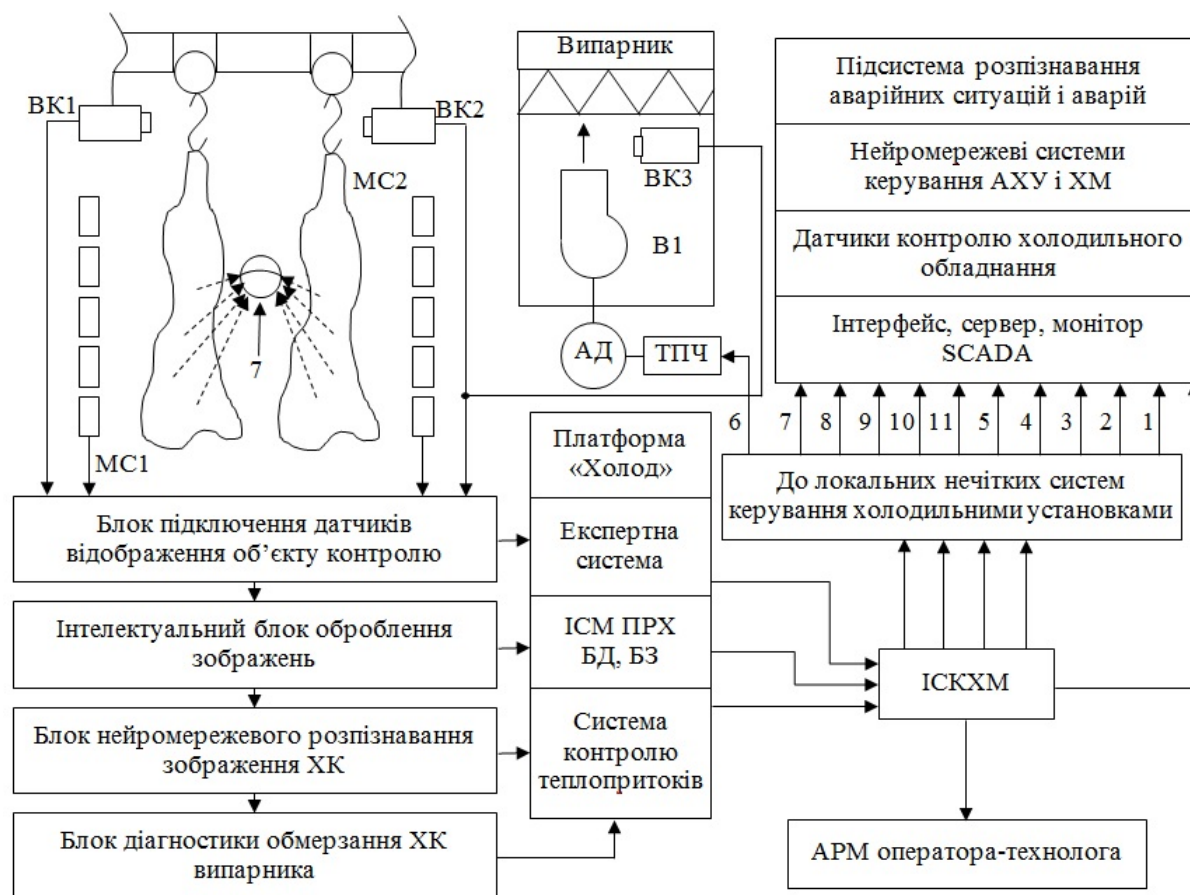


Рисунок 1 – Інтелектуальна система керування промислового холодильника з вбудованою в АСУТП підсистемою розпізнавання аварійних ситуацій і аварій

Для цього були змодельовані:

1. Нештатні аварійні ситуації холодильних машин, детально розглянуті в [8].

2. Масиви даних x_1^{KP} , x_2^{KP} , ..., x_8^{KP} робочих параметрів поршневих, гвинтових компресорів в стаціонарних режимах для 6 – термодинамічних циклів, при трьох температурах кипіння (мінус 20°C, мінус 30°C, мінус 40°C) і двох температурах конденсації (+25°C і +45°C).

3. Для означених ситуацій S_1^{XM} , S_2^{XM} , S_3^{XM} із розробленої БЗ змодельовано ситуації зі зміною експлуатаційних параметрів холодозабезпечення холодильних камер ПРХ, серед них: температурне поле холодильної камери, вологість повітря, стан випарника, геометрія заповнення.

Ці дослідження дозволили ОПР з ЕС коригувати відповідно БЗ і ПЗ, що збільшило якість розпізнавання АС до 98,8 % та швидкодію алгоритмів розпізнавання.

Підсистема розпізнавання АС і аварій, яка вбудована в АСУТП промислового холодильника, функціонує під керуванням операторної системи родини Windows, яка розроблена засобами середовища програмування MS Visual-Studio Net 2021 на мові Visual C++. Базу даних створено з використанням СУБД MS SQL Server 2021. Крім цього в інтелектуальній системі керування ПРХ використані контролери АК2 фірми «Danfoss», які реалізують алгоритми нечіткого керування холодильним обладнанням, а саме:

- 1, 8 – холодопродуктивністю поршневих компресорних установок;
- 2, 9 – холодопродуктивністю гвинтових компресорних установок;
- 3, 10 – конденсаторів;
- 5, 6 – випарників;
- 7, 11 – швидкістю вентиляторів.

Крім цього, у випадку аварійних ситуацій та аварій в системі передбачені операції: блокування, індикації технологічних ситуацій, індикації поточного стану випарників, ведення архіву та журналу ОПР.

Висновки. Запропоновано нову структуру інтелектуальної системи узгодженого керування аміачними холодильними установками (холодильними машинами, холодопостачанням холодильних камер) і споживчими характеристиками продуктів заморожування, вихідними параметрами витрат електрики та викидами CO₂, що дає можливості оператору-технологу оперативного розпізнавати технологічні виробничі ситуації, аварії та аварійні ситуації та вчасно приймати відповідні рішення.

Список літератури

1. Хмельнюк М. Г., Пагутін А. Ю., Кочетов В. П., Томчик О. М. Важливість стану холодильного господарства у забезпеченні продовольчої безпеки України. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2014. Вип. 45 (1). С. 116–121. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np_2014_45%281%29_24 (дата звернення: 14.04.2023).
2. Остапенко О. В., Зімін О. В., Подмазко І. О., Хмельнюк М. Г. Шляхи підвищення енергоефективності холодильної установки підприємства харчової промисловості. *Холодильна техніка та технологія*. 2016. 52 (6). С. 4–10. <https://doi.org/10.15673/ret.v52i6.464>.
3. Хорольський В. П., Коренець Ю. М., Омельченко О. В., Петрушина Ю. М. Ідентифікація та прогнозування аварійних технологічних ситуацій холодопостачання промислових холодильників на базі штучного інтелекту. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2022. Вип. 2 (45). С. 53–71. <https://doi.org/10.33274/2079-4827-2022-45-2-53-71>.
4. Практичний посібник з енергетичного аудиту промислових підприємств. Консультування підприємств щодо енергоефективності / Чернявський Анатолій та ін. Київ, 2020. 148с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57359> (дата звернення: 14.04.2023).
5. Dossat, Roy J., Horan, Thomas J. Principles of Refrigeration. Prentice Hall, 2008. 464 p.
6. Войтко А. М., Толмачов І. П., Войтко О. А., Войтко Д. А., Патлатій Ю. Г. Заморожування харчових продуктів у повітряних скороморозильних апаратах : монографія. Херсон : Олді-плюс, 2013. 226 с.
7. Хорольський В. П. Інтегроване інтелектуальне управління технологічними процесами в економічних системах корпоративних підприємств гірничо-металургійного комплексу: монографія. Дніпропетровськ : Січ, 2008. 448 с.
8. Хорольський В. П., Омельченко О. В., Коренець Ю. М., Гончаренко В. А., Петрушина Ю. М. Холодозабезпечення холодильних камер смарт-промислових холодильників із системами нейронечіткого керування процесами заморожування продуктів харчування. *Вісник ХНУ. Серія «Технічні науки»*. 2022. Вип. 6 (303). С. 264–271. <https://www.doi.org/10.31891/2307-5732-2021-303-6-264-271>.

References

1. Khmelniuk, M.H., Pahutin, A.Iu., Kochetov, V.P., Tomchik, O.M. (2014). *Vazhlyvist stanu kholodylnoho hospodarstva u zabezpechenni prodovolchoi bezpeky Ukrainy* [The importance of the state of refrigeration in ensuring food security of Ukraine] / *Naukovi pratsi Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnolohii* [Scientific works of the Odessa National Academy of Food Technologies], Vol. 45 (1), pp. 116–121. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np_2014_45%281%29_24 (date of application: 14.04.2023).
2. Ostapenko, O. V., Zimin, O. V., Podmazko, I. O., Khmelniuk, M. G. (2016). *Shliakhy pidvyshchennia enerhoefektyvnosti kholodylnoi ustanovky pidpriemstva kharchovoi promyslovosti* [Power efficiency opportunities for industrial refrigeration system of food processing enterprise], *Kholodylna tekhnika ta tekhnolohiia* [Refrigeration Engineering and Technology], 52(6), pp. 4–10. <https://doi.org/10.15673/ret.v52i6.464>.

3. Khorolskyi, V.P., Korenets, Yu.M., Omelchenko, O.V., Petrushyna, Yu.M. (2022). *Identyfikatsiia ta prohnozuvannia avariinykh tekhnolohichnykh sytuatsii kholodopostachannia promyslovykh kholodylnykh na bazi shtuchnoho intelektu* [Identification and prediction of emergency technological situations of cold supply of industrial refrigerators based on artificial intelligence]. *Obladnannia ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv* [Equipment and technologies of food production], Vol. 2 (45), pp. 53-71. <https://doi.org/10.33274/2079-4827-2022-45-2-53-71>.

4. Cherniavskiy, Anatolii. (2020). *Praktychnyi posibnyk z enerhetychnoho audytu promyslovykh pidpriemstv. Konsultuvannia pidpriemstv shchodo enerhoefektyvnosti* [Practical manual on energy audit of industrial enterprises. Consulting enterprises on energy efficiency], Kyiv, 148 p. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57359> (date of application: 14.04.2023).

5. Dossat, Roy J., Horan, Thomas J. Principles of Refrigeration. Prentice Hall, 2008, 464 p.

6. Voitko, A. M., Tolmachov, I. P., Voitko, O. A., Voitko, D. A., Patlatii, Yu. H. (2013). *Zamorozhuvannia kharchovykh produktiv u povitrianykh skoromorozylnykh aparatakh* [Freezing food in air freezers], Kherson, Oldy-plus, 226 p.

7. Khorolskyi, V. P. (2008). *Intehrovane intelektualne upravlinnia tekhnolohichnymy protsesamy v ekonomichnykh systemakh korporatyvnykh pidpriemstv hirnycho-metalurhiinoho kompleksu: monohrafiia* [Integration of intelligent management of technological processes in economic systems of corporate enterprises of the mining and metallurgical complex: monograph], Dnipropetrovsk, Sich, 448 p.

8. Khorolskyi, V. P., Omelchenko, O. V., Korenets, Yu. M., Honcharenko, V. A., Petrushyna, Yu. M. (2021). *Kholodozabezpechennia kholodylnykh kamer smart – promyslovykh kholodylnykh iz systemamy neuro – nechitkoho keruvannia protsesamy zamorozhuvannia produktiv kharchuvannia* [Refrigeration chambers refrigeration smart - industrial refrigerators with systems of neuro - fuzzy cooking by processes of freezing food products.], *Visnyk KhNU. Serii "Tekhnichni nauky"* [Bulletin of KhNU. Series "Technical Sciences"], 6 (303), pp. 264–271. <https://www.doi.org/10.31891/2307-5732-2021-303-6-264-271>.

Objective. *The purpose of the article is to increase the performance of the refrigeration systems of industrial refrigerators due to the early recognition of emergency situations based on the information of neural network systems built into the ACS of industrial refrigerators.*

Methods. *The article uses methods of recognizing emergency situations and accidents that occur during the operation of refrigeration systems of industrial refrigerators. In order to obtain scientific results, the concept of the efficiency of refrigeration systems of industrial refrigerators was introduced, which is identified with an intelligent situational model of a complex refrigeration economy of an industrial refrigerator, which performs the functions of freezing products and keeps the operating parameters of the refrigerator within the limits established by regulatory documentation. Simulation studies were carried out on an experimental setup of emergency situations, production situations, which allows simulating the behavior of the OPR and the expert system for managing the performance of refrigerating machines. Neural network methods were used to identify emergency situations. The methods of neurocontrol and classification control were used in the synthesis of the control system of the industrial refrigerator control system.*

Results. *A new structure of the intelligent system of coordinated control of ammonia refrigeration units (refrigerators, cold supply of refrigerating chambers) and consumer characteristics of frozen products, output parameters of electricity consumption and minimization of CO₂ emissions is proposed, which allows the decision-maker to recognize technological production situations, accidents and emergency situations.*

The method of optimizing the parameters of the technological process of cold supply of PRH refrigerating chambers as part of an intelligent refrigerating machine control system has been improved, which differs from existing analogues by a higher speed of convergence due to the use of neural network control systems for ammonia refrigerating units and product freezing systems in PRH refrigerating chambers.

The technology of distributed monitoring of production situations and emergency situations has been developed, which allows for the development of a subsystem for recognizing emergency situations and accidents and the hardware implementation of ISKHM in the control system of an industrial refrigerator.

The developed automatic control system of an industrial refrigerator with a subsystem for recognizing emergency situations and accidents with solving the problems of their identification in real time has the following functional advantages: the speed of algorithms for recognizing emergency situations and protecting equipment from accidents; the possibility of visualizing ODA emergency situations in real time and providing recommendations to operational personnel to speed up their overcoming.

Key words: *performance, refrigeration systems, emergency situations and recognition, expert system, intelligent automation, industrial refrigerator control systems.*

ЗМІСТ

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Слащева А. В., Боднарук О. А., Жушман А. О., Коломоєць А. М.

ТЕХНОЛОГІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО РОСЛИННОГО НАПІВФАБРИКАТУ
ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ГЕРОДІСТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ 5

*Сімакова О. О., Горяйнова Ю. А., Никифоров Р. П., Філіппова О. Ю.,
Зайцева А. В.*

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ГОРОБИНИ ЗВИЧАЙНОЇ
ЯК ПОТЕНЦІЙНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВОЇ
ПРОДУКЦІЇ 17

ХІМІЧНІ, ФІЗИЧНІ, МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

Янушкевич О. І., Гринченко Н. Г.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА В'ЯЗКІСТЬ
ОКЛЕЙСТЕРИЗОВАНИХ ДИСПЕРСІЙ НАТИВНИХ ТА МОДИФІКОВАНИХ
КРОХМАЛІВ 26

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

*Омельченко О. В., Цвіркун Л. О., Цвіркун С. Л., Соколовський О. О.,
Шамрієнко Б. В.*

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
СОРТУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ТА СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОДОВООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ 34

Дейниченко Г. В., Горєлков Д. В., Червоний В. М., Перекрест В. В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОСЬОВОГО РІЗАННЯ ПЛОДІВ ПЕРЦЮ
СОЛОДКОГО ПРИ ВІДОКРЕМЛЕННІ НАСІННИКА ВІД М'ЯКОТІ 42

Цвіркун Л. О., Омельченко О. В., Цвіркун С. Л., Шкільна Ю. С., Шилін А. С.

АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ СОРТУВАННЯ КАРТОПЛІ
ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ МАШИНОГО ЗОРУ НА ОСНОВІ
АНАЛІЗУ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНІЧНОГО РУХУ СИРОВИНИ 53

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРЕСИВНОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

*Дейниченко Г. В., Гузенко В. В., Дмитревський Д. В., Цвіркун Л. О.,
Перекрест В. В.*

АНАЛІЗ ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ В ОРГАНІЗАЦІЇ
БЕЗВІДХОДНОЇ ПРОМИСЛОВОЇ ПЕРЕРОБКИ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ..... 61

Мироненко В. С.

ОБІРУНТУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РІЖУЧИХ ОРГАНІВ
МАШИНИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СУБПРОДУКТІВ 72

Хорольський В. П., Коренець Ю. М., Омельченко О. В., Петрушина Ю. М.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ПІДСИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРАЦЕЗДАТНІСТЮ
ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН АСУТП ПРОМИСЛОВИХ ХОЛОДИЛЬНИКІВ 80

CONTENTS

MODERN FOOD TECHNOLOGIES

- Slashcheva A. V., Bodnaruk O. A., Zhushman A. O., Kolomoiets A. M.*
TECHNOLOGY OF FUNCTIONAL PLANT SEMI-FINISHED PRODUCT
AND DETERMINATION OF ITS HERODIETICAL POTENTIAL 5
- Simakova O. O., Goriainova Iu. A., Nykyforov R. P., Filippova O. Iu.,
Zaitseva A. V.*
INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF USING MOUNTAIN ASH AS A
POTENTIAL RAW MATERIAL FOR FOOD PRODUCTION..... 17

CHEMICAL, PHYSICAL, MATHEMATICAL METHODS OF QUALITY RESEARCH OF FOOD PRODUCTS

- Ianushkevich O. I., Grynchenko N. G.*
STUDY OF THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE
VISCOSITY OF PASTEURIZED DISPERSIONS OF NATIVE AND MODIFIED
STARCHES 26

IMPROVEMENT OF PROCESSES AND APPARATUS OF FOOD PRODUCTION

- Omelchenko O. O., Tsvirkun L. O., Tsvirkun S. L., Sokolovskyi O. O.,
Shamriyenko B. V.*
IMPROVEMENT OF DESIGN AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE
SORTING DEVICE AND THE SYSTEM FOR MEASURING THE PHYSICAL
CHARACTERISTICS OF FRUIT AND VEGETABLE RAW MATERIALS 34
- Deynichenko G. V., Horielkov D. V., Chervonyi V. M., Perekrest V. V.*
STUDY OF THE PROCESS OF AXIAL CUTTING OF SWEET PEPPER FRUITS
WHEN SEPARATION OF THE SEED FROM THE PULP..... 42
- Tsvirkun L. O., Omelchenko O. V., Tsvirkun S. L., Shkilna Yu. S., Shilin A. S.*
AUTOMATED CONTROL OF THE PROCESS OF SORTING POTATOES USING
A MACHINE VISION SYSTEM BASED ON THE ANALYSIS OF THE
CHARACTERISTICS OF THE MECHANICAL MOVEMENT OF THE RAW
MATERIAL 53

DEVELOPMENT OF PROGRESSIVE HIGH-EFFICIENT FOOD INDUSTRY EQUIPMENT

- Deynichenko G. V., Guzenko V. V., Dmytrevskyi D. V., Tsvirkun L. O.,
Perekrest V. V.*
ANALYSIS OF THE ISSUE OF THE ECOLOGICAL COMPONENT IN THE
ORGANIZATION OF WASTE-FREE INDUSTRIAL PROCESSING OF DAIRY
RAW MATERIALS 61
- Myronenko V. S.*
JUSTIFICATION OF THE GEOMETRIC PARAMETERS OF THE CUTTING
BODIES OF THE BY-PRODUCTS CLEANING MACHINE 72
- Khorolskyi V. P., Korenets Yu. M., Omelchenko O. V., Petrushyna Yu. M.*
INTELLIGENT SUBSYSTEM FOR CONTROL OF REFRIGERATORS
OPERATING PERFORMANCE SCADA OF INDUSTRIAL REFRIGERATORS 80

ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ТУГАН-БАРАНОВСЬКОГО

Наукове видання

ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Тематичний збірник наукових праць



№ 1 (46) 2023

Українською та англійською мовами

Підписано до друку 29.06.2023 р. Формат 60x84/8. Папір офсетний.
Гарнітура «Times New Roman». Друк — лазерний.
Ум. друк. арк. 3,58. Обл.-вид. арк. 3,8.
Наклад 50 прим.

Видавець Чернявський Д.О.
пр. 200-річчя Кривого Рогу, 17, (зуп. «Спаська»),
тел.: (067) 46-46-102
Свідоцтво ДК 3449 від 02.04.2009 р.

 [oktanua](#)  [oktanua](#)  oktanprint@ukr.net

 +38 (067) 46-46-102 

 oktanprint.com.ua; oktanshop.com; oktanprint.cz

ДРУКАРНЯ  ОКТАН-ПРИНТ