

УДОСКОНАЛЕННЯ ВАКУУМ-ВИПАРНОГО АПАРАТА ЗІ ЗБІЛЬШЕНОЮ ПОВЕРХНЕЮ ТЕПЛООБМІНУ

А.М. Загорулько, О.І. Постаджисв, Е.Б. Ібасв, В.В. Лаврук

Більшість конструкцій вакуум-випарних апаратів для концентрування мають проблему стабілізації тепlopідведення по всій поверхні теплообміну. Це пояснюється наявністю парової оболонки, що ускладнює рівномірне тепlopідведення. Також недоліком є відсутність можливості раціонального збільшення поверхні теплообміну, що впливає на тривалість термічної обробки та якість продукції. Із метою усунення основних недоліків вакуум-випарних апаратів запропоновано спосіб тепlopідведення зі збільшеною поверхнею обігрівання. Для розв'язання поставлених завдань з удосконалення запропоновано використовувати сучасні гнучкі плівкові резистивні електронагрівачі випромінювального типу (ГПРЕНВТ). Вони характеризуються низькою інерційністю, металоемністю, простотою автоматизації та обслуговування. Такий електронагрівач здатен забезпечувати рівномірність теплового потоку та приймати будь-яку геометричну форму теплопередавальної поверхні.

Ключові слова: концентрування, органічна продукція, вакуум-випарний апарат, пастоподібний напівфабрикат, гнучкий плівковий резистивний електронагрівач.

IMPROVEMENT VACUUM EVAPORATORS WITH INCREASED HEAT TRANSFER SURFACE

A. Zahorulko, A. Postadzhiev, E. Ibaiev, V. Lavruk

Most of the designs of vacuum evaporators for concentration have the problem of stabilizing the heat supply over the entire surface of heat transfer. This is due to the presence of a steam shell, which complicates the uniform heat supply. Also among the disadvantages is the lack of possibility of rational increase of the heat transfer surface, which in turn affects the duration of heat treatment and product quality. In order to eliminate the main disadvantages of vacuum evaporators, a method of heat supply with an increased heating surface is proposed. To solve the tasks of improvement, it is proposed to use modern flexible film resistive electric heaters of the radiating type (GPRENVT). They are characterized by low inertia, metal consumption, ease of automation and maintenance. Such an electric heater is able to ensure the uniformity of heat flow and take any geometric shape of the heat transfer surface.

Keywords: *concentration, organic products, vacuum evaporator, pasty semi-finished product, flexible film resistive electric heater.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Концентровані напівфабрикати на основі природної органічної сировини становлять значну частку ринку харчової індустрії завдяки широкому спектру застосування. Зокрема, вони використовуються для забезпечення постійно зростаючого попиту населення на природні продукти харчування. Цей попит обумовлено стрімким погіршенням екологічного стану багатьох країн за минулі десятиріччя та бажанням споживати якісну продукцію з обґрунтованим співвідношенням: якість – ціна. Це підтверджує доцільність пошуку інноваційних підходів з інтенсифікації процесу концентрування за рахунок удосконалення обладнання для його реалізації [1]. Основою для виробництва концентрованих напівфабрикатів є природна, зокрема органічна, сировина, що зумовлює необхідність її переробки безпосередньо в місцях зростання. Це пояснюється насамперед швидкими неминучими фізико-хімічними реакціями, пов'язаними з втратами її початкових властивостей, зокрема природної цінності, та зменшенням витрат на транспортування [2].

Забезпечення якості сировини, що переробляється в харчову продукцію, потребує постійного вдосконалення відповідних технологій, що дозволять значною мірою зменшити тривалість обробки. Використання нового енергоощадного обладнання забезпечить збереження початкових властивостей сировини та надасть конкурентоспроможних здібностей отримуваним виробам [3]. Значний вплив на якість отримуваних органічних концентрованих напівфабрикатів чинить безпосередньо конструктивно-технологічна складова. Під час виробництва якісних природних концентрованих напівфабрикатів значну увагу слід приділяти тепломасообмінним процесам, які здебільшого реалізуються у високопродуктивному та металоємному обладнанні. У багатьох випадках конструктивна реалізація не забезпечує повною мірою належної якості отримуваної продукції через складні інженерно-технічні комунікації та ресурсозатратність. Це обумовлює необхідність пошуку інноваційних рішень з удосконалення процесів концентрування, зокрема внаслідок збільшення площі поверхонь теплообміну.

Актуальним завданням є впровадження новітніх конструктивно-технологічних рішень, пов'язаних з удосконаленням концентрування природної сировини для подальшого виробництва на її основі різноманітних продуктів харчування. Розв'язання цього завдання можливе шляхом удосконалення базових конструкцій вакуум-

випарних апаратів за рахунок збільшення поверхні теплообміну та зміни способу обігрівання робочої камери. У свою чергу, це забезпечить термічну стабілізуючу дію процесу та ресурсоефективність унаслідок зменшення металоємності обладнання, що дозволить отримати конкурентоспроможний якісний асортимент концентрованих напівфабрикатів природного походження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [4] підтверджено необхідність розширення ринку якісної рослинної продукції природного походження. Ця сировина має природний вміст біологічно активних речовин (БАР) та оригінальні смакові властивості. Отже, вона здатна забезпечити отримання конкурентоспроможної продукції рослинного походження функціонального призначення та розширити її асортимент. Це стосується не лише виробництва готової до вживання харчової продукції, але й концентрованих напівфабрикатів високого ступеня готовності. Використання концентрованих пастоподібних напівфабрикатів із плодово-ягідної сировини забезпечує розширення асортименту продуктів харчування та дозволяє надавати оригінальних смакових властивостей отримуваній продукції. Для реалізації вищезазначеного необхідно впроваджувати обґрунтовані технологічні режими та сучасне обладнання, що забезпечить максимальне збереження природних властивостей отримуваних напівфабрикатів.

Останнім часом усе більше уваги приділяється розробці та впровадженню функціональних продуктів із вмістом рослинної сировини. У роботі [5] досліджено роль довіри, свідомості здоров'я та цін у формуванні наміру споживачів щодо функціональних продуктів. Установлено, що намір споживачів придбати таку продукцію, що має високою якістю. Це зумовлює необхідність упровадження новітніх способів та апаратурних рішень щодо розповсюдження рослинних напівфабрикатів під час подальшого виробництва функціональних продуктів на її основі.

У роботі [6] проаналізовано ефективність використання різноманітних рослинних напівфабрикатів під час купажування в єдиний функціональний напівфабрикат підвищеної якості. Зазначено необхідність урахування властивостей кожного компонента та дотримання обґрунтованих технологічних операцій під час переробки сировини, оскільки вона швидко втрачає свої початкові властивості. Відповідно до наведених даних у роботі [7] більшість тепломасообмінних процесів реалізуються на застарілому технологічному обладнанні з використанням високих температур та є ресурсозатратними. Причиною цього є висока продуктивність,

безперервність технологічних процесів, складність технічних комунікацій, що ускладнює їх обслуговування [8]. У роботі [9] доведено необхідність виробництва концентрованих ягідних виробів для отримання функціонально-фізіологічних напівфабрикатів, що забезпечать підвищення рівня імунітету споживача. Це обумовлює необхідність інноваційного підходу до розв'язання технологічно-конструктивних завдань з удосконалення виготовлення концентрованих напівфабрикатів для виробництва функціональної продукції.

Концентрування природних напівфабрикатів здійснюється в однокорпусних та багатокорпусних вакуум-випарних апаратах, роторно-плівкових апаратах і сушарках [10]. Більшість із них мають промислові недоліки: ускладнений температурний контроль, наявність теплових магістралей, недостатню поверхню теплообміну – через необхідність розміщення сепарувальних зон. Це обумовлює складність техніко-технологічного обслуговування, низьку ресурсоефективність, конкурентоспроможність і якість отримуваної продукції. Сьогодні доцільними для виробництва концентрованих напівфабрикатів є різноманітні ресурсоефективні конструкції інфрачервоних сушарок [11], використання яких дозволить отримувати порошкоподібний напівфабрикат високого ступеня готовності із заданими геометричними розмірами та функціональними властивостями.

У роботі [12] визначено вплив тепломасообмінної обробки на якість отримуваної продукції та користь від її споживання. У роботі [13] сенсорним методом визначено вплив якості отримуваної продукції на раціональну ефективність споживання. Зазначено, що саме колір є першим чинником, що впливає на вибір споживача, а потім уже смакові та фізіологічні властивості. Це обумовлює необхідність максимального збереження початкових властивостей природної сировини під час термічної обробки, а також обґрунтоване рецептурне купажування інгредієнтів у композиції. Метою є надання привабливого кольору та штучне підвищення фізіологічних властивостей природної сировини. Головною проблемою залишається морально застаріле технологічне обладнання для виробництва концентрованих напівфабрикатів. Українські вакуум-випарні апарати характеризуються складною стабілізацією термодинамічних параметрів: тиску та температури в робочій камері. Це значною мірою впливає на якість отримуваної продукції. Зазначене обумовлює необхідність удосконалення способів їх стабілізації для забезпечення гарантованої якості харчової маси за умов рівномірного нагрівання. Одним зі способів вирішення цього питання є заміна парових

оболонок на сучасні електричні нагрівальні елементи, здатні забезпечити якісний рівень стабілізації температури під час концентрування та покращити експлуатаційні показники отриманого обладнання.

У роботі [14] розглянуто питання з технології селективного енергопостачання під час концентрування харчових розчинів. Урахування наведеного в роботі матеріалу дозволило авторам створити сучасну низькотемпературну конструкцію вакуум-випарного апарата. У ньому тепломасообмінний процес може реалізовуватися з використанням температури до 35 °С. Однак обслуговування електромагнітних генераторів потребує використання кваліфікованого персоналу та ускладнює експлуатацію апарата. Отже, на сьогодні залишається відкритим питання з пошуку інноваційних методів обігрівання вакуум-випарних апаратів.

Сьогодні не розв'язані питання впливу концентрування на хімічні, реологічні, мікроструктурні та термічні властивості харчової сировини, зокрема сиропу з груші, що зазначено в роботі [15]. Наведені результати дослідження підтверджують необхідність визначення структурно-механічних властивостей сировини під час концентрування. Це забезпечить якісний конструктивний підхід до реалізації тепломасообмінної обробки та дозволить удосконалити конструктивну складову процесу. Так, у дослідженні авторів [16] визначено поведінку потоку дитячих пюре на основі рослинних рослин за різних температур (5...65 °С) із приділенням особливої уваги їх часовим властивостям у діапазоні швидкості зсуву (5–200 с⁻¹). У роботі [17] встановлено вплив рН, температури та додавання глюкози на реологічну поведінку фруктових пюре з персика, папаї та манго. Це підтверджує необхідність дослідження структурно-механічних характеристик як із точки зору якості продукту, так і з метою достовірних розрахунків вузлів розроблюваного апарата.

Дослідження з розробки способу низькотемпературного концентрування яблучного соку, у тому числі заморожуванням, що наведено в роботі [18] обумовлюють необхідність саме низькотемпературної обробки сировини з чіткою стабілізацією температурного поля. Це у свою чергу попередньо підтверджує доцільність використання сучасних нагрівальних елементів із високою якістю регулювання температури.

Сучасне рішення з реалізації процесу концентрування наведено в роботі [19]. Воно являє собою систему концентрування соку із закритим циклом, оснащену рідким осушуваним шаром. Для дослідження використовували сік із барбарису та порівнювали зі

звичайним концентруванням. Із метою одночасної регенерації розчину для осушення використовувався неглазурований сонячний колектор із плоскою пластинкою. Експериментальна оцінка проєктованої системи проводилася за різних витрат циркуляційного повітря. Результати показали зменшення тривалості концентрування від 480 хв до 360 хв за швидкості потоку 0,014 кг/с, зниження ефективності зневоднення на 40% і збільшення швидкості випаровування вологи на 33%. Це підтверджує ефективність запропонованої системи, але залишаються невирішеними питання з модернізації існуючих вакуум-випарних апаратів

У роботі [20] наведено результати узагальненої тепломасообмінної обробки із зазначенням небажаного утворення киплячої плівки під час уварювання. Це пов'язано з перегріванням поверхневих шарів та швидкою зміною фізико-хімічних властивостей сировини, а отже, її якості. Для запобігання цьому пропонується технічне збільшення поверхні теплообміну за рахунок забезпечення обігріву перемішувального пристрою та збільшення поверхні теплообміну в цілому. Це підтверджує доцільність досліджень у цьому напрямі.

Сучасним конструктивно-технологічним рішенням з удосконалення базових конструкцій вакуум-випарних апаратів є збільшення поверхні теплообміну, що забезпечить ресурсоефективність, а саме зменшення тривалості процесу та конструктивної металоємності апарата. Наслідком цього стане підвищення конкурентоспроможності отримуваних якісних концентрованих напівфабрикатів органічного походження, які зможуть виступати як добавки під час виробництва нової продукції. Зокрема, внесення концентрованих напівфабрикатів до рецептурного складу кондитерських та хлібобулочних виробів може забезпечити підвищення їх харчової та біологічної цінності [21].

У роботі [22] проаналізовано доцільність переробки плодово-ягідної сировини в концентрований напівфабрикат із подальшим внесенням його до рецептури харчових виробів. Саме таке рішення забезпечило підвищення харчової цінності готових виробів, підтвердивши необхідність пошуку способів з удосконалення концентрування, перш за все за рахунок конструктивного вдосконалення.

У результаті аналізу визначено основні проблеми виробництва якісних концентрованих напівфабрикатів, серед них: питання, пов'язані зі стабілізацією теплового впливу (тиск – температура), температура обробки та деформуючі зусилля під час перемішування сировини, обґрунтування технологічних режимів загалом. Також необхідним є врахування структурно-механічних властивостей сировини, її компонентного складу та дисперсної фази загалом.

Вирішення зазначених конструктивно-технологічних недоопрацювань під час вдосконалення та проектування сучасного обладнання дозволить забезпечити оптимальний прперєбіг концентрування зі зменшеною металоємністю, тривалістю обробки та покращить умови експлуатації. Способами усунення цих недоліків можуть стати заміна нагрівальної парової оболонки низькоінерційними електронагрівачами, збільшення поверхні теплообміну, удосконалення перемішувального пристрою і забезпечення його обігрівання. Удосконалення найчастіше використовуваної на консервних підприємствах України базової комплектації МЗС-320 за рахунок збільшення поверхні теплообміну підвищить ресурсоефективність переробки сировини, забезпечить належну якість отримуваних напівфабрикатів та їх конкурентоспроможність.

Метою статті є вдосконалення вакуум-випарного апарата внаслідок збільшення поверхні теплообміну для виробництва харчових напівфабрикатів високого ступеня готовності з визначенням ефективності прийнятого конструктивно-технологічного рішення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для забезпечення вдосконалення вакуум-випарного апарата зі збільшеною поверхнею теплообміну (ВВаПТ) попередньо були враховані основні конструктивно-технологічні недоліки наявних на ринку України вакуум-випарних апаратів, а саме:

- значна метало- та енергоємність мережі систем паропостачання, зокрема наявність парової оболонки в апаратах;
- тривалість технологічного процесу тепломасообмінної обробки за умов використання стандартної поверхні теплообміну та конструкції мішалки.

Для усунення зазначених недоліків запропоновано конструктивно-технологічне рішення зі збільшення поверхні теплообміну шляхом модернізації конструкції мішалки. Крім того, передбачено заміну парової оболонки сучасними електронагрівачами.

Для розв'язання першого завдання дослідження вдосконалено модель конструкції вакуум-випарного апарата зі збільшеною поверхнею теплообміну. ВВаПТ має вертикальну робочу технологічну ємність 1 (рис. 1). Модель призначено для концентрування. Із метою зменшення металовитрат обігрівання здійснюється лише гнучким плівковим резистивним електронагрівачем випромінювального типу з теплоізолюючою зовнішньою поверхнею 2 (ГПРЕНВТ). Використання електронагрівача не потребує додаткового використання пари, наявності будь-яких нагрівальних оболонок, мереж трубопроводів та генераторів тепла.

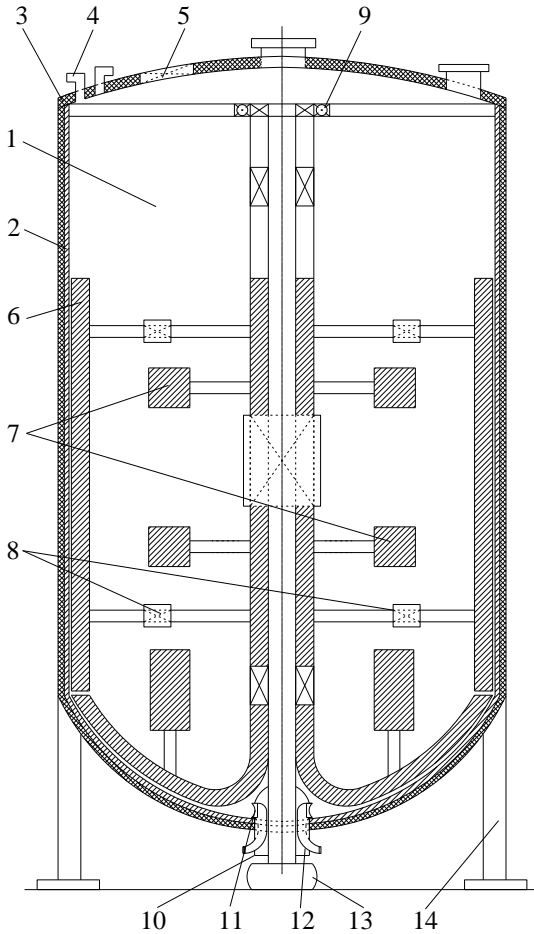


Рис. 1. Схема вдосконаленого модельного вакуум-випарного апарата зі збільшеною поверхнею теплообміну (ВВаПТ): 1 – вертикальна робоча технологічна ємність; 2 – гнучкий плівковий резистивний електронагрівач випромінювального типу з теплоізолюючою зовнішньою поверхнею (ГПРЕНВТ); 3 – кришка апарата; 4 – контрольно-запобіжна арматура; 5 – оглядове віконце; 6 – удосконалений перемішувальний пристрій; 7 – розділювачі потоку; 8 – підпружинені ребра; 9 – контактна платформа живлення ГПРЕНВТ; 10 – розвантажувальний автоматичний пристрій; 11 – автоматична запірні засувка; 12 – напрямні для відведення продукту; 13 – електропривід із черв'ячним редуктором; 14 – стійки

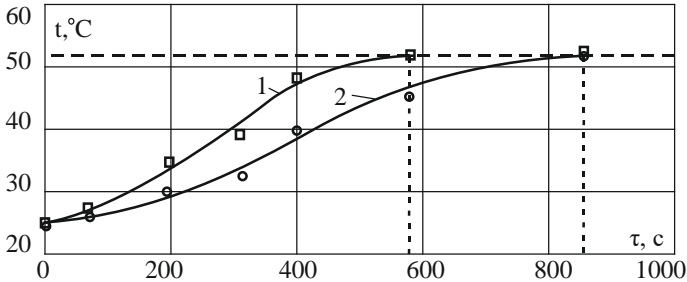
Верхня частина апарата являє собою теплоізолюваний сепарувальний простір для конденсації та відведення вторинної пари. Кришка апарата 3 має стандартну контрольно-запобіжну арматуру 4, установлену в базовій комплектації вакуум-випарних апаратів марки МЗС, у тому числі оглядове віконце 5.

Поверхня теплообміну збільшується внаслідок удосконалення конструкції перемішувального пристрою 6 шляхом його обігрівання ГПРЕНТ та розміщення шістьох розділювачів потоку 7. Покращення перемішування пристінного шару сировини на основних поверхнях концентрування (циліндрична стінка та днище) забезпечувалося підпружинюванням ребер 8. При цьому шість розділювачів потоку забезпечують інтенсивне перемішування внутрішньої маси концентрованої сировини. Живлення для нагрівання перемішувального пристрою 6 підключається за рахунок порожнистого внутрішнього простору та контактної платформи 9 у верхній частині апарата. Запропоноване конструктивне рішення дозволило збільшити корисну поверхню теплообміну на $0,45 \text{ м}^2$.

Розвантажувється ВВаПТ автоматичним пристроєм 10, змонтованим у нижній його частині, навколо обертового вала перемішувального пристрою 6, що дозволяє автоматично відкривати запірну засувку 11. Таким чином відводиться концентрат напрямними 12 на подальшу технологічну реалізацію напівфабрикату.

Обертання вдосконаленого перемішувального пристрою 6 здійснюється від електроприводу з черв'ячним редуктором 13. ВВаПТ розміщено на стійках 14. Отримувана вторинна пара під час уварювання надходила по трубопроводу до кожухотрубчастого конденсатора або ж використовувалася для підігрівання технічної рідини відповідно до санітарних потреб лінії. Принцип реалізації технологічного процесу у ВВаПТ характерний для базової комплектації МЗС-320, відмінність полягає лише в системі обігрівання зі збільшеною поверхнею теплообміну та зменшеною його тривалістю.

Для визначення ефективності запропонованих конструктивно-технологічних рішень відповідно до другого завдання попередньо встановлена кінетика нагрівання пореподібного напівфабрикату у вдосконаленому ВВаПТ та базовій конструкції МЗС-320 (рис. 2). Аналіз наведених кривих підтверджує ефективність запропонованих конструктивно-технічних рішень стосовно збільшення поверхні теплообміну. Тривалість виходу на стаціонарний режим ($52 \text{ }^\circ\text{C}$) удосконаленого ВВаПТ становить 575 с. Отже, забезпечується скорочення тривалості виходу на стаціонарний режим на 29% порівняно з прототипом. Це підтверджує зменшення тривалості нагрівання та відповідно тривалості обробки пореподібного напівфабрикату за рахунок збільшення поверхні теплообміну.



**Рис. 2. Кінетика нагрівання пореподібного напівфабрикату:
1 – ВВаПТ; 2 – МЗС-320**

Завдяки зменшенню енерговитратної складової вдосконалений ВВаПТ разом із ресурсоефективністю характеризується екологічністю. Це обумовлено зниженням обсягів споживання електроенергії теплових електростанцій, унаслідок чого зменшуються викиди CO_2 в атмосферу.

Висновки. Запропоновано обігрівання технологічної ємності розробленої конструкції вакуум-випарного апарата зі збільшеною поверхнею теплообміну гнучким плівковим резистивним електронагрівачем випромінювального типу з теплоізолюючою зовнішньою поверхнею. Таким же чином здійснюється обігрівання перемішувального пристрою, що забезпечує збільшення корисної поверхні теплообміну на $0,45 \text{ м}^3$. Аналіз кінетичних кривих нагрівання пореподібного напівфабрикату свідчить, що вдосконалений ВВаПТ характеризується скороченням тривалості виходу на стаціонарний режим порівняно з прототипом (МЗС-320) на 29%.

Список джерел інформації / References

1. Плодоовощные консервы профилактического назначения / Н. М. Алабина, В. И. Дроздова, Г. В. Володзько и др. // Пищевая промышленность. – 2006. – № 11. – С. 78–79.

Alabina, N., Drozdova, V., Volodz'ko, et al. (2006), "Canned fruits and vegetables for preventive purposes" ["Plodoovoshhnye konservy profilakticheskogo naznacheniya"], *Pishhevaia promyshlennost*, No. 11, pp. 78-79.

2. Агробізнес сьогодні. Виробництво органічної сільгосппродукції та сировини [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://agro-business.com.ua/agro/u-pravovomu-poli/item/11002-vyrobnytstvo-orhanichnoi-produktsii-pravyla-i-normy.html>

["Ahrobiznes sohodni. Vyrobnytstvo orhanichnoi silhospproduktsii ta syrovyny"], available at: <http://agro-business.com.ua/agro/u-pravovomu-poli/item/11002-vyrobnytstvo-orhanichnoi-produktsii-pravyla-i-normy.html>

3. Misra, N.N., Koubaa, M., Roohinejad, S., Juliano, P., Alpas, H., Inácio, R.S., Saraiva, A., Barba, F. (2017), "Landmarks in the historical development of twenty first century food processing technologies", *Food Research International*, Vol. 97, July 2017, pp. 318-339.

4. Пилипенко О. Є. Розвиток харчової промисловості України / О. Є. Пилипенко // Наукові праці НУХТ. – 2017. – Т. 23, № 3. – С. 15–25.

Pilipenko, O. (2017), "Growth of grub industry of Ukraine" ["Rozvitok harchovoyi promislivosti Ukraini"], *Naukovi praci NUHT*, Nacionalnij universitet harchovih tehnologij, Vol. 23, No. 3, pp. 15-25.

5. Lian Huang, Li Ba, Xiaoyi Zhang, Shunlong Gong (2019), "Re-understanding the antecedents of functional foods purchase: Mediating effect of purchase attitude and moderating effect of food neophobia", *Food Quality and Preference*, Vol. 73, April 2019, pp. 266-275.

6. O'Shea, N., Ktenioudaki, A., Smyth, T.P., McLoughlin, P., Doran, L. Auty, M.A.E., Arendt, E., Gallagher, E. (2015), "Physicochemical assessment of two fruit by-products as functional ingredients: Apple and orange pomace", *Journal of Food Engineering*, Vol. 153, May 2015, pp. 89-95.

7. Salgado-Cervantes, Marco, Servent, Adrien, Maraval, Isabelle, et al. (2019), "Flash Vacuum-Expansion Process: Effect on the Sensory, Color and Texture Attributes of Avocado (*Persea americana*) Puree", *Plant foods for human nutrition*. Vol. 3, pp. 370-375.

8. Zagorulko, A., Zahorulko, A., Kasabova, K., Chervonyi, V., Omelchenko, O., Sabadash, S., Zahorko, N., Peniov, O. (2018), "Universal Multifunctional Device For Heat And Mass Exchange Processes During Organic Raw Material Processing", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 6, No. 1(96), pp. 47-54.

9. Habanova, Marta, Saraiva, Jorge A., Holovicova, Maria, Moreira, Silvia A., Bronkowska, Monika, Gazo, Jan, Schwarzova, Marianna, Chlebo, Peter, Bronkowsk, Monika (2019), "Effect of berries/apple mixed juice consumption on the positive modulation of human lipid profile", *Journal of Functional Foods*, Vol. 60, Article 103417.

10. Cherevko, O., Mykhaylov, V., Zagorulko, O., Zahorulko, A. (2018), "Improvement of a rotor film device for the production of high-quality multicomponent natural pastes", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 2, No. 11(92), pp. 11-17.

11. Kiptelaya, L., Zagorulko, A., Zagorulko, A. (2015), "Improvement of equipment for manufacture of vegetable convenience foods", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 2, No. 10(74), pp. 4-8.

12. Boesveldt, S., Bobowski, N., McCrickerd, K., Maitre, I., Sulmont-Rosse, C., Forde, C.G. (2018), "The changing role of the senses in food choice and food intake across the lifespan", *Food quality and preference*, Vol. 68, pp. 80-89.

13. Burdo, O.G., Burdo, A. K., Sirotiyuk, I.V., et al. (2017), "Technologies of Selective Energy Supply at Evaporation of Food Solutes", *Problemele energeticii regionale*, Vol. 1, p. 100-109.

14. Borchani, Maha, Masmoudi, Manel, Ben Amira, Amal; et al. (2019), "Effect of enzymatic treatment and concentration method on chemical, rheological,

microstructure and thermal properties of prickly pear syrup”, *LWT-Food science and technology*, Vol. 113. UNSP 108314.

15. Taskila, Sanna, Ahokas, Mikko, Jarvinen, Juho, et ai. (2017), “Concentration and Separation of Active Proteins from Potato Industry Waste Based on Low-Temperature Evaporation and Ethanol Precipitation”, *Scientifica*, No. 5120947.

16. Alvarez, M. Dolores, Canet, Wenceslao (2013), “Time-independent and time-dependent rheological characterization of vegetable-based infant purees”, *Journal of Food Engineering*, Vol. 114, Iss. 4, pp. 449-464.

17. Guerrero, S.N., Alzamora, S.M. (1998), “Effects of pH, temperature and glucose addition on flow behaviour of fruit purees: II. Peach, papaya and mango purées”, *Journal of Food Engineering*, Vol. 37, Iss. 1, pp. 77-101.

18. Zhongxiang Ding, Frank G.F. Qin, Jiaojiao Yuan, Simin Huang, Runhua Jiang, Youyuan Shao (2019), “Concentration of apple juice with an intelligent freeze concentrator”, *Journal of Food Engineering*, Vol. 256, pp. 61-72.

19. Hobold, Gustavo M., da Silva, Alexandre K. (2019), “Visualization-based nucleate boiling heat flux quantification using machine learning”, *International journal of heat and mass transfer*, Vol. 134, pp. 511-520.

20. Shydakova-Kamieniuka, E., Novik A., Zhukov, Y., Matsuk, Y., Zaparenko, A., Babich, P., Oliinyk, S. (2019), “Evaluation of technological properties of waste waters and their effects on the quality of emulsion for a sufficient feed with liquid plastered oils”, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, No. 2/19(88), pp. 29-34.

21. Samokhvalova, O., Chemikova, Y., Oliinyk, S., Kasabova, K. (2015), “The effect of microbial polysaccharides on the properties of wheat flour”, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, No. 6/10(78), pp. 11-15.

22. Xuqi Chen, Zhifeng Gao, Brandon R. McFadden (2020), “Reveal Preference Reversal in Consumer Preference for Sustainable Food Products”, *Food Quality and Preference*, Vol. 79, Article 103754.

Загорулько Андрій Миколайович, канд. техн. наук, Навчально-науковий інститут харчових технологій та бізнесу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: 0505474173; e-mail: zagorulkoAN@hduht.edu.ua.

Zahorulko Andrii, PhD in Tech. Sc., Educational and Scientific Institute of Food Technology and Business, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: 0505474173; e-mail: zagorulkoAN@hduht.edu.ua.

Постаджієв Олександр Іванович, асп., кафедра процесів та устаткування харчової і готельно-ресторанної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: Postadzhiev@hduht.edu.ua.

Postadzhiev Alexander, Graduate Student, Department of Processes and Equipment of the Food and Hotel and Restaurant Industry named after M.I. Belyaev, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: Postadzhiev@hduht.edu.ua.

Ибаєв Ельдар Байрам огли, асп., кафедра процесів та устаткування харчової і готельно-ресторанної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: Eldar_@hduht.edu.ua.

Ibaiev Eldar, Graduate Student, Department of Processes and Equipment of the Food and Hotel and Restaurant Industry named after M.I. Belyaev, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: Eldar_@hduht.edu.ua.

Лаврук Владислав Валерійович, асп., кафедра процесів та устаткування харчової і готельно-ресторанної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: Lavruk_V@hduht.edu.ua.

Lavruk Vladyslav, Graduate Student, Department of Processes and Equipment of the Food and Hotel and Restaurant Industry named after M.I. Belyaev, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: Lavruk_V@hduht.edu.ua.

DOI: 10.5281/zenodo.5043554