

УДК 637.14: 542.816]:602.17
DOI: 10.31866/2616-7468.5.1.2022.260878

ВПРОВАДЖЕННЯ БЕЗВІДХОДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ ВТОРИННОЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ

Григорій Дейниченко,
доктор технічних наук,
Державний біотехнологічний університет,
Харків, Україна,
deinychenkogv@ukr.net
<http://orcid.org/0000-0003-3615-8339>
© Дейниченко Г., 2022

Василь Гузенко,
кандидат технічних наук,
Державний біотехнологічний університет,
Харків, Україна,
zasada.avas.3@gmail.com
<http://orcid.org/0000-0001-8407-2404>
© Гузенко В., 2022

Дмитро Дмитревський,
кандидат технічних наук,
Державний біотехнологічний університет,
Харків, Україна,
dmitrevskiydv@gmail.com
<http://orcid.org/0000-0003-1330-7514>
© Дмитревський Д., 2022

Інна Золотухіна,
докторка технічних наук,
Державний біотехнологічний університет,
Харків, Україна,
zlotce5@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1900-2682>
© Золотухіна І., 2022

Володимир Перекрест,
асистент,
Донецький національний університет економіки
і торгівлі ім. М. Туган-Барановського,
Кривий Ріг, Україна,
perekrest@donnuet.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0003-1753-0721>
© Перекрест В., 2022

Актуальність. Молочна промисловість як галузь, що характеризується високим рівнем відходоутворення, є об'єктом широкого застосування баромембранних процесів. Водночас науковці продовжують працювати у напрямку впровадження нових видів молочної продукції, нових способів переробки сировини, підвищення якості та конкурентоспроможності продуктів.

Одним зі шляхів вирішення цієї задачі, згідно із «Концепцією державної політики в галузі здорового харчування населення України», є забезпечення необхідних обсягів виробництва харчової сировини та харчових продуктів, зокрема білоквмісних, доступних усім верствам населення, пошук та удосконалення сучасних технологій виробництва високоякісних харчових продуктів і способів досягнення їхньої тривалої біологічної безпеки. Розширення асортименту білкових продуктів харчування, підвищення їхньої біологічної цінності,

а також створення продуктів нового покоління, які відповідають вимогам здорового харчування, є актуальним завданням сучасного суспільства. Одним із можливих напрямів вирішення цієї проблеми є цільове використання нутрієнтів вторинної молочної сировини, що повною мірою забезпечується їхнім концентруванням завдяки баромембранній обробці сировини. **Мета статті** – аналітичне дослідження основних напрямків безвідходної переробки вторинної молочної сировини у харчові продукти із застосуванням мембранних методів розділення з метою подальшого створення удосконалених технологій виробництва концентрованих молочних напівфабрикатів. **Методи дослідження:** аналітичні, стандартні загальноприйняті фізико-хімічні, біохімічні, калометричні, а також методи планування експерименту та математичної обробки експериментальних даних із використанням сучасних комп'ютерних програм. **Результати дослідження.** Надано аналіз досліджень залежності фактора концентрації мембранної обробки вторинної молочної сировини (знежиреного молока, скотин та сироватки з-під кислого сиру) від тривалості процесу. Проаналізовано хімічний склад продуктів ультрафільтраційного концентрування вторинної молочної сировини: ретентатів та пермеатів. Представлено принципову схему комплексної переробки знежиреного молока та скотин у готову харчову продукцію за участю процесу ультрафільтрації. Наведено удосконалену схему переробки молочної сироватки у функціональні продукти з використанням мембранних технологій. Розроблено схему безвідходних технологій переробки незбираного молока з комплексним використанням вторинної молочної сировини (відходів) у промислове використання. **Висновки та обговорення.** Застосування мембранних процесів обробки молочної сировини, зокрема вторинної, дозволяє запровадити безвідходні технології її переробки для подальшого впровадження і на підприємствах ресторанного господарства, і на інших виробництвах харчової промисловості, що вирішує важливе завдання розвитку суспільства. Результати досліджень зміни фактора концентрації від тривалості мембранної обробки вторинної молочної сировини свідчать про ефективність застосування методу барботування у процесі ультрафільтраційного концентрування знежиреного молока, скотин та сироватки з-під кислого сиру. Дослідження якісних характеристик продуктів ультрафільтраційного концентрування вторинної молочної сировини підтверджують зростання показників вмісту білка, жиру та сухих речовин і збереження нативних властивостей молочної сировини. Результати попередніх досліджень методів мембранної обробки вторинної молочної сировини дозволили розробити схеми технологій безвідходної переробки і окремих видів представлених продуктів, і загальної технології переробки незбираного молока.

Ключові слова: безвідходні технології, вторинна молочна сировина, мембранна обробка, харчова промисловість, виробництво продуктів.

Актуальність проблеми

Постановка проблеми. Одним із напрямків вирішення завдання зі зменшення кількості відходів молочної промисловості є комплексне використання сировини. Це пов'язано не лише із промисловою переробкою відходів молочного виробництва, але й із максимальним використанням усіх корисних компонентів, виходячи з потреб у них суспільства й можливостей науково-технічного прогресу для їхнього використання (Дмитриков та ін., 2019).

Завдання створення безвідходних технологій молочної галузі повинно бути реалізоване у таких напрямках: розробка нових процесів отримання молочної продукції, що дозволять скоротити або докорінно змінити технологічні процеси, які дають найбільшу кількість відходів; впровадження безстічних і замкнених систем водоспоживання; розробка нових технологій і обладнання для отримання відомих видів продукції; розробка нових процесів, зокрема мембранних, та технічного оснащення цих процесів для переробки відходів виробництва основної продукції. Такі вторинні матеріальні ресурси (білково-вуглеводна молочна сировина) можуть використовуватися як основна або допоміжна сировина при виробництві різного виду харчових продуктів (Bhat Z. & Bhat H., 2011; Якубчак та ін., 2010; Романчук, 2020).

Таким чином, питання пошуку нових напрямків впровадження вторинної молочної сировини з використанням мембранних технологій та обладнання є актуальним і представляє науковий та практичний інтерес і в нашій країні, і в країнах ближнього зарубіжжя.

Вагомий внесок у дослідження, розробку та впровадження технологій для переробки вторинної молочної сировини (сколотини, знежирене молоко, молочна сироватка та сироватка з-під кислого сиру) зробили В. А. Гніцевич, М. А. Гришин, В. Н. Гуцалюк, В. П. Дубяга, Ю. И. Дитнерський, Ю. Г. Змієвський, М. М. Ліпатов, В. Г. Мирончук, Г. Є. Поліщук, Ф. В. Перцевий, Е. А. Фетисов, А. П. Чагаровський, В. А. Шапошніков, А. Г. Храмцов, Т. І. Юдіна, S. Hwang, K. Kammermeyer, I. Adrian, G. Bounlier, Z. Renner.

На сьогодні науковці продовжують працювати у цьому напрямку, оскільки завдання впровадження нових видів молочної продукції, нових способів переробки сировини, підвищення якості та конкурентоспроможності продуктів не втратило своєї актуальності і на теперішній час (Bagukčić et al., 2019; Золовська, 2013; Шалапугина Э. & Шалапугина Н., 2011; Мирончук & Змієвський, 2013).

Одним зі шляхів вирішення цього завдання, згідно із «Концепцією державної політики в галузі здорового харчування населення України», є забезпечення необхідних обсягів виробництва харчової сировини та харчових продуктів, зокрема білковмісних, доступних усім верствам населення, пошук та впровадження сучасних технологій виробництва високоякісних харчових продуктів і способів досягнення їх тривалої біологічної безпеки. Розширення асортименту білкових продуктів харчування, підвищення їхньої біологічної цінності, а також створення продуктів нового покоління, які відповідають вимогам здорового харчування, є актуальним завданням сучасного суспільства. Одним із можливих напрямків вирішення цієї проблеми є цільове використання нутрієнтів вторинної молочної сировини, що повною мірою забезпечується їхнім концентруванням завдяки баромембранній обробці сировини (Золотухіна, 2021).

Стан вивчення проблеми. Молочна сировина є найціннішою серед великої кількості різних продуктів тваринного та рослинного походження. Харчова цінність її полягає в тому, що вона містить усі необхідні для людини поживні речовини (білки, жири, вуглеводи, мінеральні речовини, вітаміни, воду) (Deynichenko et al., 2020; Renhe et al., 2018; Гринченко, 2018).

При цьому вторинна молочна сировина, що утворюється при виробництві основних молочних продуктів, є об'єктом широкого впровадження мембранних процесів. Традиційно мембранні методи використовують для виділення білків із білково-вуглеводної молочної сировини, зокрема знежиреного молока, сколотин і сироватки з-під кислого сиру, а також концентрування молока з метою підвищення виходу сирних згустків і скорочення виробничих витрат (Visioli & Strata, 2014; Yildiz, 2016).

Сьогодні науковці продовжують створювати технології з використанням вторинних продуктів переробки незбираного молока. Такі технології повинні передбачати впровадження вторинної молочної сировини при виробництві основної знежиреної, кулінарної, кондитерської, консервної, лікувально-профілактичної продукції, а також продукції дитячого харчування (Fox et al., 2017; Hu & Dickson, 2015).

Невирішені питання. Незважаючи на велику кількість розробок із переробки та застосування молочної сировини, невирішеними залишаються питання впровадження продуктів комплексної та глибокої мембранної переробки вторинної молочної сировини у різні галузі харчової промисловості.

Мета і методи дослідження

Мета статті – аналітичне дослідження основних напрямків безвідходної переробки вторинної молочної сировини у харчові продукти із застосуванням мембранних методів розділення з метою подальшого створення удосконалених технологій виробництва концентрованих молочних напівфабрикатів.

Методологічною основою дослідження є аналіз якісних характеристик одержаних концентратів вторинної молочної сировини мембранними методами та пошук шляхів комплексного впровадження одержаних продуктів у промисловість.

Об'єктом дослідження є інноваційні безвідходні технології переробки вторинної молочної сировини.

Предметом дослідження є вторинна молочна сировина, продукти її мембранної обробки та кулінарна продукція.

Методи дослідження – систематизації, класифікації, інформаційного аналізу та інформаційного синтезу.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у визначенні напрямів комплексної переробки продуктів мембранної обробки вторинної молочної сировини – ультрафільтраційних ретентатів із різним фактором концентрування і пермеата та подальшого впровадження у виготовленні кулінарної продукції.

Практичне значення одержаних результатів виявляється у розробці та рекомендаціях до впровадження в закладах ресторанного господарства та підприємствах харчової промисловості окремих схем переробки вторинної молочної сировини.

Інформаційна база дослідження – монографії, дисертації, навчальні посібники, наукові статті, нормативно-технічна документація, патенти, авторські свідоцтва тощо.

Результати дослідження

Авторським колективом попередньо проведені дослідження з удосконалення процесів ультра фільтраційної (УФ) обробки вторинної молочної сировини (знежиреного молока, склотин, сироватки з-під кислого сиру) та визначення раціональних параметрів проведення процесу. Для цього використовували новий метод (барботування) для зменшення утворення поляризаційного шару на поверхні дослідних напівпроникних мембран другого покоління з акрилонітрилу типу ПАН-50 та ПАН-100 (Deynichenko et al., 2020; Cheng & Li, 2007; Lobasenko & Semenov, 2013).

Досліджували одну з важливих характеристик процесу УФ-концентрування вторинної молочної сировини – фактор концентрування, яка використовується при впровадженні в харчову промисловість. Одержані дані показали, що динаміка збільшення фактора концентрування за тупикового режиму більш повільна, аніж за режиму барботування. Така закономірність є основною для обох видів дослідних мембран типу ПАН. При цьому за УФ вторинної молочної сировини тільки через 2,5 години мембранної обробки за допомогою мембрани ПАН-50 фактор концентрування досягає значення 1,5, а за використання мембрани ПАН-100 – через 1,6 години. Значно збільшується фактор концентрування з використанням запропонованого методу барботування. При цьому фактор концентрування 1,5 досягається з використанням мембрани ПАН-50 через 0,8 годин, а для ПАН-100 – за 0,6 годин, тобто тривалість досягнення зазначеного значення фактора концентрування знижується на 68 % та на 62,5 % відповідно (Deynichenko et al., 2016; Золотухіна, 2021).

Фактор концентрування за мембранного розділення вторинної молочної сировини взаємопов'язаний із загальним хімічним складом кінцевих продуктів ультрафільтрації – ретентатів і пермеатів. Одержані авторським колективом результати хімічного складу свідчать, що концентрати містять усі харчові нутрієнти, які притаманні переліченим вище видам вторинної молочної сировини. Слід зазначити, що вміст білка та жиру в концентратах вторинної молочної сировини збільшується пропорційно до зростання фактора концентрування. При цьому співвідношення білок : жир у концентратах усіх видів вторинної молочної сировини зберігається лише на рівні вихідної сировини. Вміст лактози в УФ-концентратах склотин та знежиреного молока у міру збільшення фактора концентрування незначно знижується внаслідок її переходу у фільтрат, а в концентратах сирної сироватки незначно підвищується, що пояснюється підвищенням питомої ваги лактози у складі сухих речовин сирної сироватки. Вміст золи у концентратах усіх видів вторинної молочної сировини із підвищенням фактора концентрування залишається практично незмінним із незначною тенденцією до зменшення (Дейниченко, 2018; Дейниченко та ін., 2015).

Вміст сухих речовин у пермеатах усіх видів вторинної молочної сировини з підвищенням фактора концентрування збільшується, що є наслідком переходу до пермеату, насамперед лактози та зольних елементів. Вміст молочного білка в пермеатах незначний і становить 0,16–0,26 %. Молочний жир у зазначених продуктах УФ-розділення є у незначних кількостях. Загалом отримані резуль-

тати хімічного складу продуктів УФ-розділення досліджуваних видів вторинної молочної сировини узгоджуються з аналогічними дослідженнями інших авторів (Савченко та ін., 2015; Ferrer et al., 2014; Грек & Красуля, 2017; Мінорова, 2015).

Одержані концентрати вторинної молочної сировини потребують подальшого впровадження у різні види продукції, що випускаються харчовою промисловістю для потреб ресторанного господарства. Нами проаналізовано сучасний стан впровадження процесів мембранної обробки в процесах виробництва продуктів переробки знежиреної молочної сировини. Принципову схему переробки знежиреної молочної сировини (зокрема знежиреного молока та скотин) із використанням ультрафільтрації наведено на рис. 1.

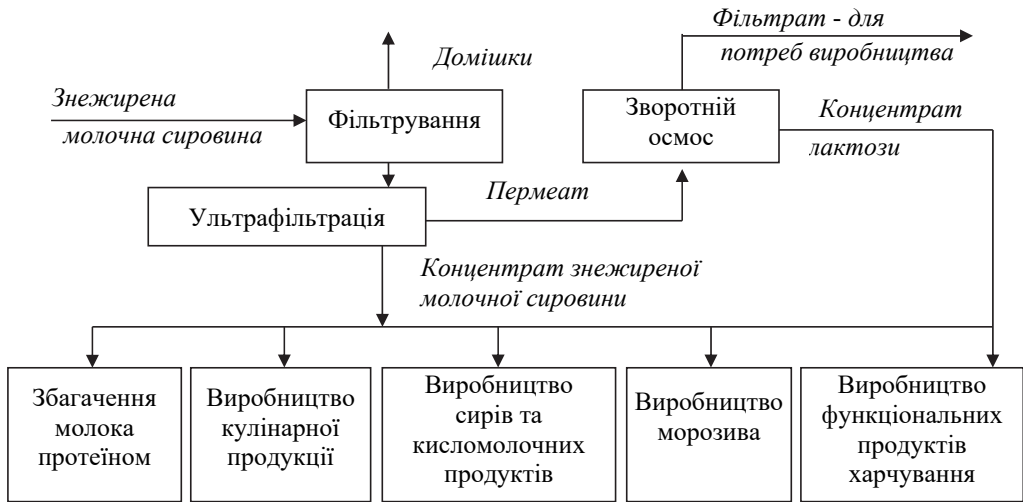


Рис. 1. Шляхи безвідходної переробки знежиреного молока та скотин
Джерело: власна розробка

Pic. 1. Ways of waste-free processing of skim milk and buttermilk
Source: own elaboration

Як впливає з даних рисунка, мембранні процеси дозволяють розробити нові технологічні підходи при переробці знежиреної молочної сировини в цілномолочну продукцію з комплексним використанням продуктів переробки. Концентрування білкової складової у знежиреному молоці без збільшення концентрації лактози і мінеральних солей дозволяє стандартизувати в молоці вміст як жиру, так і білка. Концентрат із підвищеним вмістом білка використовують для отримання сиру, кислого сиру, казеїну і казеїнатів, сухого молока. Лактозу, що міститься у фільтраті, концентрують методом зворотного осмосу і сушать. За даними (Kelly, 2011), застосування УФ для концентрування знежиреного молока при виробництві сирів дозволяє підвищити вихід готового продукту на 15...20 %.

Молочна сироватка є ще одним видом вторинної молочної сировини, при переробці якої широко використовуються мембранні процеси. На рис. 2 наведено блок-схему комплексної переробки молочної сироватки з використанням мембранних процесів.

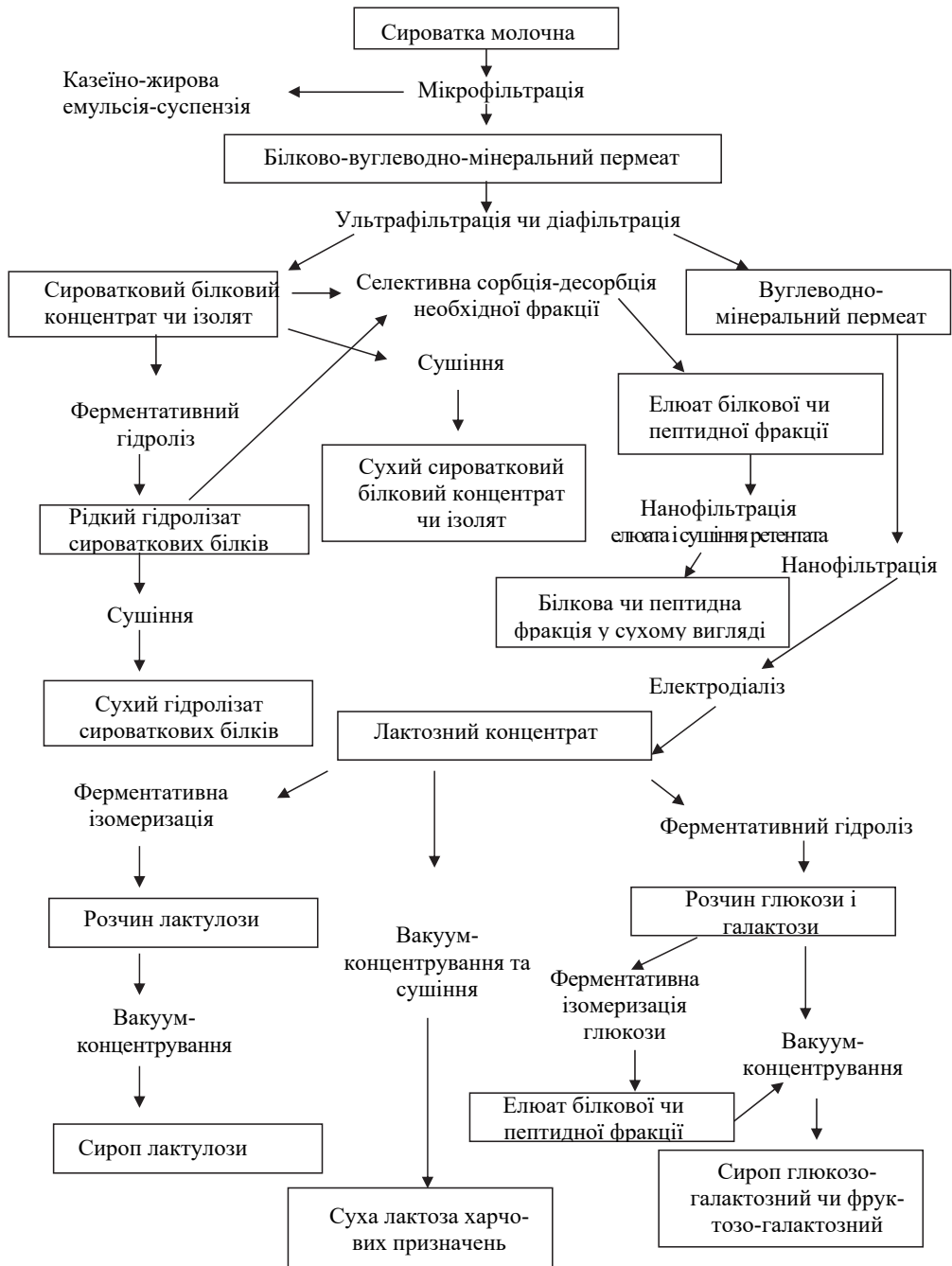


Рис. 2. Комплексна переробка молочної сироватки з використанням мембранних процесів
 Джерело: власна розробка

Pic. 2. Complex waste-free whey processing using membrane processes
 Source: own elaboration

Із даних схеми випливає, що основними напрямками використання ультрафільтрації при переробці молочної сироватки є:

- отримання сироваткових білкових концентратів та гідролізатів;
- одержання сухих сироваткових білкових концентратів та ізолятів;
- вироблення рідких і сухих гідролізатів сироваткових білків;
- виробництво молочного цукру (сухої лактози) з вуглеводно-мінерального пермеату;
- отримання лактулози;
- вироблення глюкозо-галактозного або фруктозо-галактозного сиропів (Храмцов, 2012; Кузнецов & Липатов, 2005; Гаврилов, 2006; Тележенко та ін., 2017).

Отриманий у процесі УФ-пермеат, що містить молочний цукор і мінеральні речовини, є цінним видом сировини і може бути використаний для виробництва продуктів харчування, кормів, хімічних речовин.

Основним напрямом переробки УФ-пермеату є виробництво лактози та її похідних. Доцільність використання пермеату як сировини для одержання лактози зумовлена тим, що при високому вмісті молочного цукру він практично не містить білка. Найважливішою перевагою мембранної технології отримання лактози поряд із меншою енергоємністю виробництва є можливість досягти глибокого очищення сироватки від нецукрів та отримати високоякісну лактозу як у традиційній кристалічній формі, так і аморфну.

Важливим напрямом молокопереробних виробництв на сьогодні є комплексний характер переробки молока, з якого можна виготовити кілька видів як основної, так і побічної продукції і одночасно одержати придатні для використання відходи – вторинну молочну сировину. При цьому безвідходна переробка незбираного молока значною мірою впливає на організацію обліку витрат, оскільки при виготовленні кількох видів продукції з вихідної сировини виникає проблема прямого відношення матеріальних витрат на собівартість продукції (Аверчева, 2019; Guine & Lemos, 2018).

Нами були досліджені та проаналізовані сучасні напрямки переробки незбираного молока та вторинних молочних продуктів (Zheng et al., 2021; Гніцевич та ін., 2014). Одержані результати дали змогу розробити загальну схему комплексної переробки молока та молокопродуктів, що наведена на рис. 3.

Із представлених даних схеми видно, що технологічний процес переробки незбираного молока пов'язаний з утворенням великої кількості побічних продуктів – відходів (знежирене молоко, склотини, молочна сироватка, сироватка з-під кислого сиру, стічні води тощо). Питома вага цих відходів становить у середньому 25–40 % від маси молочної сировини, що обробляється. Деякі з них за своєю поживною цінністю можуть безперечно відноситися до вторинної молочної сировини і можуть використовуватися як нова сировина або молочні напівфабрикати та перероблятися для виготовлення інших харчових і технічних продуктів чи реалізовуватися іншим підприємствам. У представленій схемі безвідходної технології переробка зазначених відходів повинна бути направлена на виробництво кисломолочних продуктів, десертів, напоїв, кулінарних і кондитерських виробів, лікувально-профілактичної продукції, дитячого харчування тощо.



Рис. 3. Схема безвідходної переробки молока та молочних продуктів
Джерело: власна розробка

Fig. 3. Scheme of waste-free processing of milk and dairy products
Source: own elaboration

Висновки та обговорення результатів

Таким чином, можна зробити такі висновки:

1. Застосування мембранних процесів обробки молочної сировини, зокрема вторинної, дозволяє запровадити безвідходні технології її переробки для подальшого впровадження як на підприємствах ресторанного господарства, так і на інших виробництвах харчової промисловості, що вирішує важливу задачу розвитку суспільства.
2. Результати досліджень зміни фактора концентрування від тривалості мембранної обробки вторинної молочної сировини свідчать про ефективність застосування методу барботування в процесі ультрафільтраційного концентрування знежиреного молока, скотин та сироватки з-під кислого сиру.
3. Дослідження якісних характеристик продуктів ультрафільтраційного концентрування вторинної молочної сировини підтверджують зростання показників вмісту білка, жиру та сухих речовин та збереження нативних властивостей молочної сировини.
4. Результати попередніх досліджень методів мембранної обробки вторинної молочної сировини дозволили розробити схеми технологій безвідходної переробки і окремих видів представлених продуктів, і загальної технології переробки незбираного молока.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у визначенні напрямів комплексної переробки продуктів мембранної обробки вторинної молочної сировини – ультрафільтраційних ретентатів із різним фактором концентрування і пермеатів та подальшого впровадження у виготовленні кулінарної продукції.

Практичне значення одержаних результатів виявляється у розробці та рекомендаціях до впровадження в закладах ресторанного господарства та підприємствах харчової промисловості окремих схем переробки вторинної молочної сировини.

Перспективи подальших наукових розробок полягають у можливості використання одержаних результатів для подальших досліджень процесу баромембранної обробки вторинної молочної сировини та широкого впровадження отриманих схем безвідходних технологій у харчову промисловість.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

- Аверчева, Н. О. (2019). Підвищення якості молока як основа конкурентоспроможності продукції на європейському ринку. *Агросвіт*, 22, 19–30.
- Гаврилов, Г. Б. (2006). *Технология мембранных процессов переработки молочной сыворотки и создание продуктов с функциональными свойствами* [Монографія]. Издательство Россельхозакадемии.
- Гніцевич, В. А., Никифоров, Р. П., Федотова, Н. А., & Кравченко, Н. В. (2014). *Технологія харчових продуктів із заданими властивостями на основі вторинної молочної та рослинної сировини* [Монографія]. Донецький національний університет економіки і торгівлі.
- Грек, О. В., & Красуля, О. О. (2017). *Молокопереробка. Інновації*. Національний університет харчових технологій.
- Гринченко, Н. Г. (2018). *Наукове обґрунтування технологій напівфабрикатів на основі молочної сировини, одержаних шляхом реалізації потенціалу лактокальцію* [Дисертація доктора технічних наук, Харківський державний університет харчування та торгівлі].
- Дейниченко, Г. В., Гузенко, В. В., & Гафуров, О. В. (2015). Якість харчових рідин ультрафільтраційного концентрування. *Товари і ринки*, 2(20), 140–149.
- Дейниченко, Л. Г. (2018). Технологія і якість збитих десертів на основі молочно-білкового концентрату. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 24, 189–197.
- Дмитриков, В. П., Горбенко, О. В., & Антонов, А. В. (2019). Особливості переробки вторинної молочної сировини: екологічні інновації. *Екологія плюс*, 1(70), 7–11.
- Золотухіна, І. В. (2021). *Наукове обґрунтування технологій напівфабрикатів на основі цільового використання нутрієнтів білково-вуглеводної молочної сировини* [Дисертація доктора технічних наук, Харківський державний університет харчування та торгівлі].
- Золовська, О. В. (2013). *Розробка технологій молочно-рослинних десертів профілактичного призначення* [Дисертація кандидата технічних наук, Одеський національний технологічний університет].
- Кузнецов, В. В. & Липатов, Н. Н. (2005). *Справочник технолога молочного производства: Технология и рецептуры*. (Т. 6: Технология детских молочных продуктов). Гиорд.
- Мінорова, А. В. (2015). Дослідження зміни фізико-хімічного складу ретентату та пермеату під час ультрафільтрації молочної сироватки. *Продовольчі ресурси*, 4, 40–45.
- Мирончук, В. Г., & Змієвський, Ю. Г. (2013). *Мембранні процеси в технології комплексної переробки молочної сироватки* [Монографія]. Національний університет харчових технологій.
- Савченко, О. А., Грек, О. В., & Красуля, О. О. (2015). *Актуальні питання технології молочно-білкових концентратів: теорія і практика* [Монографія]. Компринт.
- Романчук, І. О. (2020). *Наукове обґрунтування та розроблення способів підвищення ресурсоефективності промислового перероблення молочної сировини* [Автореферат дисертації доктора технічних наук, Національний університет харчових технологій].

- Тележенко, Л. М., Дідух, Г. В., & Капчан, В. І. (2017). Модифіковані сироваткові білкові концентрати як збагачувачі харчових продуктів. *Молодий вчений*, 5(45), 495–500.
- Храмцов, А. Г. (2012). *Феномен молочной сыворотки* [Монографія]. Профессия.
- Шалапугина, Э. П., & Шалапугина, Н. В. (2011). *Технология молока и молочных продуктов*. Дашков и К.
- Якубчак, О. М., Галабурда, М. А., Білик, Р. І., & Олійник, Л. В. (2010). *Молоко та молочні продукти (GMP. HACCP)* Біопром.
- Barukčić, I., Lisak, K., & Božanić, R. (2019). Valorisation of Whey and Buttermilk for Production of Functional Beverages – An Overview of Current Possibilities. *Food Technol Biotechnol*, 57(4), 448–460.
- Bhat, Z. F., & Bhat, H. (2011). Milk and Dairy Products as Functional Foods: A Review. *International Journal of Dairy Science*, 6(1), 1–12.
- Cheng, T., & Li, L. (2007). Gas-sparging Cross-flow Ultrafiltration in Flat-plate Membrane Module: Effects of Channel Height and Membrane Inclination. *Separation and Purification Technology*, 55, 50–55.
- Deynichenko, G., Guzenko, V., Udovenko, O., Omelchenko, O., & Melnik, O. (2016). Intensification of the Process of Ultrafiltration Concentration Skim Milk. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6/11, 84, 4–8.
- Deynichenko, G., Guzenko, V., Dmytrevskiy, D., Chervonyi, V., Omelchenko, O., Horielkov, D., Melnik, I., & Korolenko, O. (2020). Research Method of Reducing Polarization Layer at Ultrafiltration of Cottage Cheese Whey. *EUREKA: Life Sciences Scientific Journal*, 4, 8–14.
- Deynichenko, G., Zolotukhina, I., Dmytrevsky, D., Chervonyi, Horielkov, D., Guzenko, V., & Se-fikhanova, K. (2020). Study of the Water State and Phase Transitions of Liquid in Milk-protein Semi-finished Products Below 0 °C. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 32, 114–119.
- Ferrer, M., Alexander, M., & Corredig, M. (2014). Changes in the Physico-chemical Properties of Casein Micelles During Ultrafiltration Combined with Diafiltration. *Food Science and Technology*, 59(1), 173–180.
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., Boston, M. A., & McSweeney, P. L. (2017). Chemistry of Milk Constituents. In *Fundamentals of Cheese Science* (pp. 71–104). Springer.
- Guine, R., & Lemos, E. T. (2018). Development of New Dairy Products with Functional Ingredients. *Journal of Culinary Science & Technology*, 18(3), 159–176.
- Hu, K., & Dickson, J. M. (2015). *Membrane Processing for Dairy Ingredient Separation*. Wiley Blackwell.
- Kelly, P. (2011). Milk Protein Concentrate. In *Encyclopedia of Dairy Sciences* (pp. 848–854).
- Lobasenko, B., & Semenov, A. (2013). Intensification of Ultrafiltration Concentrating by the Separation of the Concentration Boundary Layer. *Foods and Raw Materials*, 1, 74–81.
- Renhe, I. R. T., Indris, L. M., & Corredig, M. (2018). Effect of Calcium Chelators on Heat Stability and Heat-Induced Changes of Milk Microfiltered Concentrates. *International Dairy Journal*, 82, 4–10.
- Visioli, F., & Strata, A. (2014). Milk, Dairy Products, and Their Functional Effects in Humans: A Narrative Review of Recent Evidence. *Advances in Nutrition*, 5(2), 131–143.
- Yildiz, F. (2016). *Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy Products*. CRC press.
- Zheng, X., Shi, X., & Wang, B. (2021). A Review on the General Cheese Processing Technology, Flavor Biochemical Pathways and the Influence of Yeasts in Cheese. *Front. Microbiol*, 12, 703284.

REFERENCES

- Avercheva, N. O. (2019). Pidvyshchennia yakosti moloka yak osnova konkurentospromozhnosti produktsii na yevropeiskomu rynku [Improving the Quality of Milk as a Basis for Product Competitiveness in the European Market]. *Agrosvit*, 22, 19–30 [in Ukrainian].

- Barukčić, I., Lisak, K., & Božanić, R. (2019). Valorisation of Whey and Buttermilk for Production of Functional Beverages – An Overview of Current Possibilities. *Food Technol Biotechnol*, 57(4), 448–460 [in English].
- Bhat, Z. F., & Bhat, H. (2011). Milk and Dairy Products as Functional Foods: A Review. *International Journal of Dairy Science*, 6(1), 1–12 [in English].
- Cheng, T., & Li, L. (2007). Gas-sparging Cross-flow Ultrafiltration in Flat-plate Membrane Module: Effects of Channel Height and Membrane Inclination. *Separation and Purification Technology*, 55, 50–55 [in English].
- Deinychenko, H. V., Huzenko, V. V., & Hafurov, O. V. (2015). Yakist kharchovykh ridyn ultrafiltratsiinoho kontsentruvannia [Quality of Food Liquids of Ultrafiltration Concentration]. *Commodities and Markets*, 2(20), 140–149 [in Ukrainian].
- Deinychenko, L. H. (2018). Tekhnolohiia i yakist zbytykh desertiv na osnovi molochno-bilkovoho kontsentratu [Technology and Quality of Whipped Desserts Based on Milk-Protein Concentrate]. *Scientific works of the National University of Food Technologies*, 24, 189–197 [in Ukrainian].
- Deynichenko, G., Zolotukhina, I., Dmytrevsky, D., Chervonyi, Horielkov, D., Guzenko, V., & Sefikhanova, K. (2020). Study of the Water State and Phase Transitions of Liquid in Milk-protein Semi-finished Products Below 0 °C. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 32, 114–119 [in English].
- Deynichenko, G., Guzenko, V., Dmytrevskiy, D., Chervonyi, V., Omelchenko, O., Horielkov, D., Melnik, I., & Korolenko, O. (2020). Research Method of Reducing Polarization Layer at Ultrafiltration of Cottage Cheese Whey. *EUREKA: Life Sciences Scientific Journal*, 4, 8–14 [in English].
- Deynichenko, G., Guzenko, V., Udovenko, O., Omelchenko, O., & Melnik, O. (2016). Intensification of the Process of Ultrafiltration Concentration Skim Milk. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6/11, 84, 4–8 [in English].
- Dmytrykov, V. P., Horbenko, O. V., & Antonov, A. V. (2019). Osoblyvosti pererobky vtorynnoi molochnoi syrovyny: ekolohichni innovatsii [Features of Processing of Secondary Dairy Raw Materials: Ecological Innovations]. *Ekolohiia plus*, 1(70), 7–11 [in Ukrainian].
- Ferrer, M., Alexander, M., & Corredig, M. (2014). Changes in the Physico-chemical Properties of Casein Micelles During Ultrafiltration Combined with Diafiltration. *Food Science and Technology*, 59(1), 173–180 [in English].
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., Boston, M. A., & McSweeney, P. L. (2017). Chemistry of Milk Constituents. In *Fundamentals of Cheese Science* (pp. 71–104). Springer [in English].
- Gavrilov, G. B. (2006). *Tekhnologiya membrannykh protsessov pererobki molochnoi syrovotki i sozdanie produktov s funktsional'nymi svoistvami [Technology of Membrane Processes of Whey Processing and Creation of Products With Functional Properties]* [Monograph]. Izdatel'stvo Rossel'khozakademii [in Russian].
- Guine, R., & Lemos, E. T. (2018). Development of New Dairy Products with Functional Ingredients. *Journal of Culinary Science & Technology*, 18(3), 159–176 [in English].
- Hnitsevych, V. A., Nykyforov, R. P., Fedotova, N. A., & Kravchenko, N. V. (2014). *Tekhnolohiia kharchovykh produktiv iz zadanyimi vlastyviatamy na osnovi vtorynnoi molochnoi ta roslynnoi syrovyny [Technology of Food Products with Specified Properties on the Basis of Secondary Dairy and Vegetable Raw Materials]* [Monograph]. Donetsk National University of Economics and Trade [in Ukrainian].
- Hrek, O. V., & Krasulia, O. O. (2017). *Molokopererobka. Innovatsii [Milk Processing. Innovation]*. National University of Food Technology [in Ukrainian].
- Hrynchenko, N. H. (2018). *Naukove obgruntuvannia tekhnolohii napivfabrykativ na osnovi molochnoi syrovyny, oderzhanykh shliakhom realizatsii potentsialu laktokaltsiiu [Scientific Substantiation of Technologies of Semi-Finished Products on the Basis of Raw Milk, Obtained by Realizing the Potential of Lactocalcium]* [Doctoral dissertation, Kharkiv State University of Nutrition and Trade] [in Ukrainian].
- Hu, K., & Dickson, J. M. (2015). *Membrane Processing for Dairy Ingredient Separation*. Wiley Blackwell [in English].

- Kelly, P. (2011). Milk Protein Concentrate. In *Encyclopedia of Dairy Sciences* (pp. 848–854) [in English].
- Khrantsov, A. G. (2012). *Fenomen molochnoi syvorotki [Whey Phenomenon]* [Monograph]. Profesiya [in Russian].
- Kuznetsov, V. V., & Lipatov, N. N. (2005). *Spravochnik tekhnologa molochnogo proizvodstva: Tekhnologiya i retseptury [Handbook of Dairy Production Technologists: Technology and Recipes]* (Vol. 6: Tekhnologiya detskih molochnykh produktov [Technology of Children's Dairy Products]). Giord [in Russian].
- Lobasenko, B., & Semenov, A. (2013). Intensification of Ultrafiltration Concentrating by the Separation of the Concentration Boundary Layer. *Foods and Raw Materials*, 1, 74–81 [in English].
- Minorova, A. V. (2015). Doslidzhennia zminy fizyko-khimichnoho skladu retentatu ta permeatu pid chas ultrafiltratsii molochnoi syrovatky [Investigation of Changes in Physicochemical Composition of Retentate and Permeate During Whey Ultrafiltration]. *Food resources*, 4, 40–45 [in Ukrainian].
- Myronchuk, V. H., & Zmiievskiy, Yu. H. (2013). *Membranni protsesy v tekhnologii kompleksnoi pererobky molochnoi syrovatky [Membrane Processes in the Technology of Complex Processing of Whey]* [Monograph]. National University of Food Technology [in Ukrainian].
- Renhe, I. R. T., Indris, L. M., & Corredig, M. (2018). Effect of Calcium Chelators on Heat Stability and Heat-Induced Changes of Milk Microfiltered Concentrates. *International Dairy Journal*, 82, 4–10 [in English].
- Romanchuk, I. O. (2020). *Naukove obgruntuvannia ta rozroblennia sposobiv pidvyshchennia resurso-efektyvnosti promysloвого pereroblennia molochnoi syrovyny [Scientific Substantiation and Development of Ways to Increase the Resource Efficiency of Industrial Processing of Raw Milk]* [Abstract of the dissertation, National University of Food Technologies] [in Ukrainian].
- Savchenko, O. A., Hrek, O. V., & Krasulia, O. O. (2015). *Aktualni pytannia tekhnologii molochno-bilkovykh kontsentrativ: teoriia i praktyka [Current Issues of Milk Protein Concentrate Technology: Theory and Practice]* [Monograph]. Kompriynt [in Ukrainian].
- Shalapugina, E. P., & Shalapugina, N. V. (2011). *Tekhnologiya moloka i molochnykh produktov [Technology of Milk and Dairy Products]*. Dashkov i K [in Russian].
- Telezhenko, L. M., Didukh, H. V., & Kapchan, V. I. (2017). Modyfikovani syrovatkovi bilkovi kontsentraty yak zbahachuvachi kharchovykh produktiv [Modified Whey Protein Concentrates as Food Fortifiers]. *Molodyi vchenyi*, 5(45), 495–500 [in Ukrainian].
- Visioli, F., & Strata, A. (2014). Milk, Dairy Products, and Their Functional Effects in Humans: A Narrative Review of Recent Evidence. *Advances in Nutrition*, 5(2), 131–143 [in English].
- Yakubchak, O. M., Halaburda, M. A., Bilyk, R. I., & Oliinyk, L. V. (2010). *Moloko ta molochni produkty (GMP. HACCP) [Milk and Dairy Products (GMP. NASSR)]*. Bioprom [in Ukrainian].
- Yildiz, F. (2016). *Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy Products*. CRC press [in English].
- Zheng, X., Shi, X., & Wang, B. (2021). A Review on the General Cheese Processing Technology, Flavor Biochemical Pathways and the Influence of Yeasts in Cheese. *Front. Microbiol*, 12, 703284 [in English].
- Zolotukhina, I. V. (2021). *Naukove obgruntuvannia tekhnologii napivfabrykativ na osnovi tsilovoho vykorystannia nutriientiv bilkovo-vuhlevodnoi molochnoi syrovyny [Scientific Substantiation of Technologies of Semi-finished Products on the Basis of Target Use of Nutrients of Protein-carbohydrate Dairy Raw Materials]* [Doctoral dissertation, Kharkiv State University of Nutrition and Trade] [in Ukrainian].
- Zolovska, O. V. (2013). *Rozrobka tekhnologii molochno-roslynnykh desertiv profilaktychnoho pryznachennia [Development of Technologies for Dairy and Vegetable Desserts for Preventive Purposes]* [Doctoral dissertation, Odessa National Technological University] [in Ukrainian].

UDC 637.14: 542.816]:602.17

Hryhorii Deynychenko,
Doctor of Technical Sciences,
State Biotechnology University,
Kharkiv, Ukraine,
deynychenkogv@ukr.net
[http:// orcid.org/0000-0003-3615-8339](http://orcid.org/0000-0003-3615-8339)

Vasyl Huzenko,
PhD in Technical Sciences,
State Biotechnology University,
Kharkiv, Ukraine,
zasada.avas.3@gmail.com
[http:// orcid.org/0000-0001-8407-2404](http://orcid.org/0000-0001-8407-2404)

Dmytro Dmytrevskyi,
PhD in Technical Sciences,
State Biotechnology University,
Kharkiv, Ukraine,
dmitrevskyidv@gmail.com
[http:// orcid.org/0000-0003-1330-7514](http://orcid.org/0000-0003-1330-7514)

Inna Zolotukhina,
Doctor of Technical Sciences,
State Biotechnology University,
Kharkiv, Ukraine,
zolotce5@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1900-2682>

Volodymyr Perekrest,
Assistant,
Donetsk National University of Economics and Trade
named after Mykhailo Tuhon-Baranovskyi,
Kryvyi Rih, Ukraine,
perekrest@donnuet.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0003-1753-0721>

WASTE-FREE TECHNOLOGIES IMPLEMENTATION FOR SECONDARY DAIRY RAW MATERIALS PROCESSING

Topicality. The dairy industry as a branch, characterized by a high level of waste generation, is the object of widespread baromembrane processes use. At the same time, scientists continue to work on the introduction of new dairy products types, new ways of raw materials processing, improving the quality and competitiveness of products.

According to “The concept of state policy in the field of healthy nutrition of the population in Ukraine”, one of the ways to solve this problem is to ensure the necessary production of raw materials and food products, in particular protein, available to all population segments, to search and improve modern technologies in producing high quality food products and ways of achieving their long-term biosafety. Expanding the range of protein foods, increasing their biological value, as well as creating a new generation of products that follow the requirements of healthy nutrition, is an urgent task of modern society. One of the possible ways to solve this problem is the targeted usage of nutrients in secondary dairy raw materials, which is fully ensured by their concentration due to the baromembrane processing of raw materials. **The aim of the article** is an analytical study of the main directions of waste-free processing of secondary dairy raw into food products

using membrane separation methods, in order to further creation of advanced technologies for the production of concentrated dairy semi-finished products. **Research methods:** analytical, standard conventional physicochemical, biochemical, calometric, as well as methods of experiment planning and mathematical processing of experimental data using modern computer programmes. **Research results.** The analysis of studies in the dependence of concentration factor of secondary dairy raw materials membrane processing (skimmed milk, buttermilk and curd whey) on the duration of the process is presented. The chemical composition of the products with the secondary milk raw materials ultrafiltration concentration is analyzed: retentates and permeates. A schematic diagram of the complex processing of skimmed milk and buttermilk into finished food products with the ultrafiltration process participation is presented. An improved scheme for the processing of whey into functional products using membrane technologies is presented. The scheme of non-waste technologies of whole milk processing with complex usage of secondary milk raw materials (waste) into industrial use is elaborated. **Conclusions and discussion.** The usage of membrane ways for raw milk processing, in particular, secondary, allows to introduce waste-free technologies of its processing for further implementation both at restaurant enterprises, and at other manufactures of food industry, that solves an important task of society development. The research results of the change in the concentration factor from the duration of the membrane processing the secondary dairy raw materials indicate the effectiveness of the bubbling method use during ultrafiltration concentration of skimmed milk, buttermilk and whey from sour cheese. Studies of the qualitative characteristics of the products with ultrafiltration concentration of secondary dairy raw materials confirm the growth of protein, fat and solids content, and the preservation of the native qualities of raw milk. The results of preliminary researches of the membrane processing methods for secondary dairy raw materials made it possible to elaborate the schemes for technologies in waste-free processing both definite types of presented products, and the general technology for whole milk processing.

Keywords: waste-free technologies, secondary dairy raw materials, membrane processing, food industry, food production.