МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІННОВАЦІЙНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Колективна монографія

За загальною редакцією канд. техн. наук, доцента Н. А. Нагурної

Черкаси – 2020

УДК 664.01:330.341.1](477)
І-66

Затверджено Вченою радою Черкаського державного технологічного університету, протокол № 16 від 01.07.2020 р.

Рецензенти:

Осипенко В. І., д-р техн. наук, професор

Мазуренко О. Г., д-р техн. наук, професор

Кизюн О. Г., канд. техн. наук, ст. наук. співробітник

І-66 **Інноваційні напрями розвитку харчових технологій :** колективна монографія [Електронний ресурс] / за загальн. ред. канд. техн. наук, доц. Н. А. Нагурної ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2020. – 154 с.

Розглянуті актуальні питання дають можливість ознайомитись із проблематикою перспективних інноваційних напрямів харчових технологій, зокрема – технологіями виробництва пива, спирту, молока та молочних продуктів, хліба й хлібобулочних виробів. Наводяться дослідження, присвячені стану використання інтелектуальних комп’ютерних технологій у прийнятті ефективних рішень для дослідження та керування технологічними процесами в харчових виробництвах, а також принципам здійснення державного регулювання безпечності та окремих показників якості харчових продуктів в Україні.

Для науковців, студентів, аспірантів та фахівців галузі.

УДК 664.01:330.341.1](477)

© Авторські тексти, 2020

Передмова

Харчова промисловість України розвивається на основі новітніх технологій, що впроваджуються як підприємствами первинної переробки зерна, городини, так і підприємствами подальшої глибокої переробки сировини на харчові продукти.

До основних інновацій, що використовуються в галузі для вирішення актуальних проблем сьогодення, слід віднести: мембранну технологію для розділення водно-спиртових та інших розчинів; фільтрування пива, води і молока на молекулярних фільтрах; іммобілізацію ферментів і мікроорганізмів з метою їх багаторазового використання; нові способи очищення стічних вод підприємств харчової промисловості в анаеробних і аеробних умовах з одержанням і використанням біогазу й активного мулу; технологічні способи проектування нових апаратів з комп'ютерним керуванням, які б цілком відповідали сучасним технологічним, екологічним, економічним і санітарно-гігієнічним вимогам; технологію застосування екологічно чистих і високоефективних концентрованих ферментних препаратів; нові рецептури і технології безалкогольних напоїв профілактичної дії та оздоровчих харчових продуктів; сучасні методи контролю якості сировини, напівфабрикатів і товарної продукції; нові раси дріжджів, які забезпечують високу якість основного продукту, збільшення продуктивності процесу; фізичні і хімічні методи обробки сировини, що дають можливість зменшити енергоємність продуктів і поліпшити їх якісні показники; використання нетрадиційних джерел енергії (сонця, вітру, термальних вод, біогазу, малих річок тощо).

Монографія «Інноваційні напрями розвитку харчових технологій» дає можливість ознайомитись із перспективними напрямами харчових технологій, зокрема з технологіями виробництва пива, спирту, молока та молочних продуктів, пшеничного хліба та булочних виробів.

У першому розділі монографії «Інноваційні підходи в харчових технологіях» розглянуто фізіологію смаку пива, яка тісно пов'язана з появою пива в Україні. Представлено нові рецептури дієтичного безглютенового та безбілкового хліба, що призначений для хворих на целіакію.

У другому розділі «Моделювання і оптимізація технологічних процесів» досліджено стан використання інтелектуальних комп'ютерних технологій у прийнятті ефективних рішень для дослідження та керування технологічними процесами в харчових виробництвах. Засобами математичного моделювання представлено розрахунки сушильно-

охолоджувальної установки у виробництві цукру, а також процесу утилізації газових викидів від коптильні та кавової жаровні.

Третій розділ «Сучасні аспекти здорового харчування» присвячений аналізу звичок українців до здорового харчування у клубах здорового способу життя м. Черкаси. Досліджено принципи здійснення державного регулювання безпечності та окремих показників якості харчових продуктів в Україні. Здійснено аналіз основних положень Закону України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів».

На підставі дослідження підтверджено важливість питань правового регулювання, обліку, контролю, маркетингу та менеджменту, стратегії розвитку галузі, екологічності та безпеки продуктів харчування, їх раціонального використання та збереження.

Запропоновано ряд рекомендацій, які стосуються важливих сторін для розгляду та визначення заходів, методів, технологій з метою покращення якості, врахування синергії дій та взаємообумовленості зв’язків у логістичних процесах, розроблення й впровадження інновацій щодо нормативно-правового регулювання дотримання вимог стосовно безпеки та якості харчових продуктів.

РОЗДІЛ 1

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ В ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

1.1 ФІЗІОЛОГІЯ СМАКІВ У ПИВІ

Нагурна Н. А., *канд. техн. наук, доцент кафедри харчових технологій,*
Осипенкова І. І., *канд. техн. наук, доцент кафедри харчових технологій,*
Чепурна О. Л., *ст. викладач кафедри харчових технологій*

Черкаський державний технологічний університет

На сучасних ринках конкуренція пива стає гострішою, що потребує розробки нових рецептур з додаванням різних інгредієнтів. Сучасні пивоварні використовують спеції, трави, цукор, фрукти та інші складники, які впливають на смак та аромат готового напою.

Завдяки розвитку молекулярної генетики науковці дослідили вплив метаболітів різних штамів пивних дріжджів на смак та аромат пива. Особливо актуальною ця проблема є при виробництві якісного пива та підборі пивного стилю за рахунок різних штамів дріжджів.

Розгляд попередніх публікацій, в яких започатковано розв’язання цієї проблеми, показав, що такі науковці, як В. А. Домарецький, А. Є. Мелетьєв, З. М. Романова, М. В. Карпутіна, Ренді Мошер, Вольфганг Кунце, Людвиг Нарцис досліджували особливості органолептичних та аналітичних показників пива для розширення асортименту напою. Результати їх досліджень доводять наявність безлічі смаків, що дає можливість зварити пиво, яке задовольнить будь-який із них, так само можна зварити пиво для певної події.

Проаналізуємо формування смаку і аромату пива залежно від раси дріжджів і утворених ними продуктів бродіння.

Пиво – це стародавній освіжаючий напій, відомий людям уже понад 9000 років. Виробництво пива – надзвичайно складний і досить тривалий біотехнологічний процес. На першому етапі зерно замочують, пророщують і піддають термічній обробці з метою перетворення його на солод, збагачений активними ферментами. Потім із подрібненого солоду в результаті ферментативних перетворень крохмалю та білків одержують пивне сусло, яке за допомогою дріжджів та їхніх ферментів зброджують на пиво [1].

Дріжджі – це одноклітинні гриби, які з давніх-давен культивують для використання у пекарстві і броварстві. У пивоварінні розрізняють дві основні групи дріжджів, що відповідають за зброджування лагерів та елів [1, 2, 3, 4]. Елеві дріжджі, чи дріжджі верхового бродіння, називають Saccharomyces cerevisiae. Генетичні ознаки свідчать, що Saccharomyces

pastoriaus, лагерні дріжджі, є їхніми близькими родичами. Навіть поверхове ознайомлення з елями засвідчує, що серед дріжджів верхового бродіння генетичне розмаїття надзвичайно широке [2]. Якщо порівнювати дріжджі Hefeweizen з американськими дріжджами, то американські ельові дріжджі більш «нейтральні», ніж дріжджі Hefeweizen, які можуть надавати пиву банановогo аромату або аромату гвоздики (духмяного перцю) [3, 4]. Штамами, які надають пиву різного смаку, є Saccharomyces cerevisiae, і відповідь полягає в тому, що дріжджі Hefeweizen виробляють більше метаболітів, і саме вони продукують ці аромати. Ферменти, що відповідають за утворення сполук банановогo смаку й аромату (а це ізоамілацетат та ізобутилацетат), а також гвоздичного аромату (4-вінілгваякол), які знаходяться в цьому штамі, відсутні в американських ельових дріжджах [2]. Підтвердження цього феномена можна знайти в каталозі родоводу того чи іншого штаму за "White Labs" [4].

Згідно з гіпотезами генетиків-дослідників протягом багатьох років штами відбирали за різними властивостями, тому багато з них вибирали штучно за ознаками, нав’язаними пивоварами. Реальність метаболізму полягає в тому, що організми, навіть мікроорганізми, є неймовірно складними. Існують десятки одночасних хімічних реакцій, які відбуваються в будь-якій клітині в певний момент її життєвого циклу. Ці реакції вивчає відносно нова дисципліна в молекулярній біології – метаболоміка. Вона присвячена вивченню і розумінню утворення «вторинних метаболітів» і точок, в яких у ряду хімічних реакцій, що можливі в клітині, виникають вузькі місця, завдяки яким накопичуються проміжні сполуки [3, 4, 5]. Кожного разу, коли виникають такі умови, проміжний продукт ризикує бути виділеним клітиною, особливо коли не вистачає кисню під час технологічного процесу.

При глобальному погляді на метаболізм дріжджів можна виділити три основні шляхи катаболізму, або руйнування:

- як відбувається метаболізм джерела вуглецю?
- як метаболізуються амінокислоти і білки?
- як метаболізується сірка, і які сполуки сірки утворюються?

Для більшого розуміння представимо короткий виклад фізіології дріжджів, поглинання цукру і виведення продуктів катаболізму (рисунок 1.1).

Дріжджі дуже чутливі до температурних умов, і навіть при невеликій зміні температури можуть зброджувати пиво інакше. Що вища температура, то швидше відбуваються всі хімічні процеси. І через те, що

дріжджі не завжди працюють ефективно, за високої температури деякі з цих проміжних продуктів просочуються з клітини в пиво [2, 3, 4].

За низької температури утворюється менше таких побічних продуктів, і з її підвищенням їхня кількість теж зростає. Це і пояснює основну відмінність між лагерами й елями. Лагери зброджують при температурі 4–7 ºС і витримують майже при 0 ºС, тому вони мають досить чистий профіль, без фруктових чи пряних ароматів [2, 3].

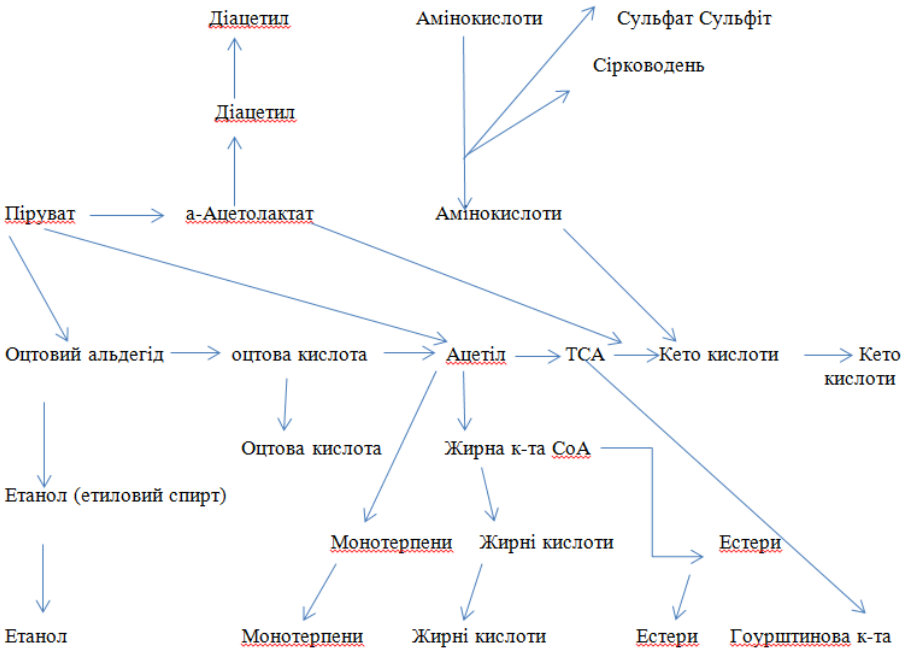


Рисунок 1.1 – Короткий виклад схеми фізіології дріжджів

В елях, що зазвичай бродять при температурі, вищій 13 ºС, відбувається активна діяльність дріжджів, які виробляють фруктові ефіри, пряні феноли, вищі спирти й інші речовини. Навіть за умови низьких температур дріжджі продукують діацетил. Цей усім відомий маслянистий запах дає речовина, що є одним із кроків складного ланцюга синтезу білків. Якщо первинні частинки мають помірний аромат, то діацетил – дуже маслянистий аромат. У теплому середовищі дріжджі поглинають діацетил і перетворюють його на речовину без запаху. Цей крок у процесі виробництва пива – кількаденне підвищення температури під час визрівання – називають «діацетиловою паузою». У виробництві лагерів цей прийом є досить поширеним, і подекуди його використовують навіть для елів.

Джерелом вуглецю для Saccharomyces є сусло, а конкретніше, це продукт розщеплення амінози ферментами амілази в суслі. Комбінація α- і β-амілази в солоді розщеплює крохмаль на глюкозу, мальтозу і

мальтотріозу для дріжджів під час бродіння. Ці неполімеризовані цукри є джерелом живлення для дріжджів і сировиною для накопичення нової біомаси, вироблення енергії і, нарешті, утворення етанолу та вуглекислотного газу. Існують два інші варіанти використання вуглецю клітиною дріжджів Saccharomyces: по-перше, це ріст клітин – вуглець має використовуватися як «будівельний матеріал» для заміни сотових компонентів і створення більшої кількості клітин; по-друге, синтез вуглецьвмісних сполук – таких як діацетил, гліцерин, ацетальдегід, оцтова кислота, монотерпени, жирні кислоти, естери, бурштинова кислота, вищі спирти, альдегіди і кетокислоти [3, 4, 6]. Деякі з найпоширеніших наведено в таблиці 1.1.

За даними науковців, сьогодні в пиві ідентифіковано від тисячі до двох тисяч різних ароматичних сполук. Розглянемо деякі з них.

Вищі спирти – іноді їх називають «сивушними спиртами». Це спирти, які містять більше двох атомів вуглецю (до складу етанолу входить два атоми вуглецю) і можуть бути спиртами з розгалуженим ланцюгом. Прикладом вищого спирту з розгалуженим ланцюгом є 3-метилбутанол-2 (вторинний ізоаміловий спирт). Ці спирти утворюються в процесі бродіння – деяка частина амінокислот втрачає карбоксильну групу у вигляді CO_2 і, заміщуючи групу NH_2 на гідроксил, перетворюється на спирт. Таким чином і утворюються спирти «сивушного масла». Деякі штами дріжджів виробляють більше цих проміжних продуктів за умов високих температур. Аромати цих спиртів варіюють від простого спиртового етилового спирту до квіткового, трояндового у 2-фенілетанолу [3].

Гліцерин (Пропантріол-1,2,3) – в'язка безбарвна солодка рідина, яка може використовуватись як джерело вуглецю багатьма різними мікроорганізмами. Гліцерин продукується дріжджами за умов осмотичного тиску, викликаного високим вмістом цукру в суслі. Деякі штами дріжджів, зокрема штами з високою гравітацією, виробляють більше гліцерину, і в такому випадку гліцерин може використовуватись як джерело вуглецю. Гліцерин впливає на консистенцію пива, підсилює в'яжучі відчуття [2, 3, 4].

Діацетил – це речовина з маслянистим ароматом, належить до групи, що містить споріднену речовину 2,3-пентандіон, і разом вони звуться «віцінальні дікетони».

Утворюється діацетил в результаті окиснення ацетолактату, тому треба підтримувати відповідний рівень кисню, щоб не продукувати його утворення. Діацетил виробляється різними штамами Saccharomyces і навіть за умов низьких температур. Saccharomyces можуть метаболізувати діацетил в сполуки, що не мають аромату. Це 2,3-бутандіол і ацетоїн.

Таблиця 1.1 – Сполуки, що синтезуються дріжджами Saccharomyces cerevisiae в пиві

Назва компонента	Вміст у пиві, $м^2/дм^3$	Поріг відчуття, $м^2/дм^3$	Ідентифікація аромату
1	2	3	4
Етилацетат	22,5–63,5	7,5	Фруктовий
Ізоамілацетат	0,1–3,4	0,03	Банановий
2-фенілетилацетат	0–18,5	0,25	Квітковий, трояндовий, медовий
Ізобутилацетат	0,01–1,6	1,6	Банановий, фруктовий
Гексилацетат	0–4,8	0,7	Солодкий запах парфумів
Етилбутират	0,01–1,8	0,02	Фруктовий, ананасовий
Етилкапроат	0,03–3,4	0,05	Зелених яблук
Етил октаноат	0,05–3,8	0,02	Солодкого мила
Етил деканоат	0–2,1	0,2	Квіткового мила
Пропанол	9,0–68,0	500,0	Гострий, несвіжий
Бутанол	0,5–8,5	150,0	Спиртовий, сивушний
Ізобутанол	9,0–174,0	40,0	Винний, ефірний
Ізоаміловий спирт	6,0–490,0	30,0	Сивушний, ефірний, фруктовий
Гексанол	0,3–12,0	4,0	Зеленої трави
2-фенілетанол	4,0–197,0	10,0	Квітковий, трояндовий
Оцтова кислота	100–1150	280,0	Запах оцту
Оцтовий альдегід	10,0–75,0	100,0	Горіховий, запах хересу, зеленого яблука
Діацетил	5,0–40,0	2,8	Маслянистий
Гліцерин	5000–14000	5000	Без запаху, слабкий солодкий
Ліналоол	0,0017–0,010	0,025	Запах троянди
Гераніол	0,001–0,044	30,0	Квітковий, схожий на запах троянди
Цитронелол	0,015–0,042	100,0	Цитрусовий

Закінчення таблиці 1.1

1	2	3	4
2-ацетил-1-пірролін (АСРУ)	Відсутні дані	0,0001	Мишачий
2-ацетилтетрагідропіридин	0,0048–0,10	0,0016	Мишачий
4-етилфенол	0,012–6,50	0,14	Медичний, кінський, скотного двору
4-етилгваякол	0,001–0,440	0,11	Фенольний, солодкий
4-вінілгваякол	0,0014–0,71	10,0	Гвоздичний, духмяного перцю, фенольний

Карбонові кислоти утворюються завдяки окисненню спирту киснем повітря в процесі життєдіяльності дріжджів та інших мікроорганізмів. Утворюються оцтова, бурштинова кислота і кетокислоти як побічні продукти. Оцтова кислота несе з собою високий смак і слабкий аромат оцту, який можна відчути тільки при концентрації понад 300 мг/дм^3 у пиві. Сукцинати – це солі бурштинової кислоти, що, як і сама бурштинова кислота, мають «гіркий», «солоний» і «гострий» смаки. За умов фізіологічної концентрації вони надають пиву глибини аромату, особливо в поєднанні з іншими кислотами й естерами, утворюється смак «умамі» у пиві [2].

Естери утворюються в основному в результаті метаболізму ліпідів і сполуки, яка має назву «атетил-КоА» – основної сполуки в метаболізмі вуглецю. Клас ферментів – алкоголь-ацетилтрансфераза (ААТ) – відповідає за синтез естерів. ААТ об’єднує спирт (наприклад етиловий) і ацетат-КоА з утворенням естеру.

Найпоширенішими естерами, які виробляють дріжджі, є атилацетат з фруктовим ароматом, ізоамілацетат із запахом банану, етилкапроат із запахом зелених яблук, ізобутилацетат з фруктовим ароматом і 2-фенілетилацетат із медовим і квітковим ароматами. Ці естери створюють відповідний смаково-ароматичний профіль пива [1–6].

Сірковмісні сполуки – це окремий клас сполук, які містяться в пиві в порогових концентраціях, і які, всі без винятку, є неприйнятними у пиві. Сірковмісні сполуки потрапляють у пиво або з вихідної сировини (вода, зерно), або є метаболічними продуктами життєдіяльності дріжджів. Так, упізнаваний, мінеральний смак рідкісного нині сорту «Дортмундське експортове» залежить від місцевої води з сумішшю сульфатів, карбонатів і солі [2, 3, 4], а диметилсульфід (ДМС) утворюється із с-метилметіоніну, що міститься в солоді, при кип’ятінні сусла при температурі, вищій 60 ^{0}С. Це дуже легка речовина, тому частково вона «виварюється» під час кипіння. Диметилсульфід має аромат вареної кукурудзи, капусти, овочів, а

у темних сортах пива нагадує томатний сік [2, 3, 4]. Сірководень є метаболічним продуктом життєдіяльності дріжджів, особливо лагерних штамів. Велика кількість сірководню може свідчити про бактеріальну інфекцію, особливо бактеріями Zymomonos [4].

Меркаптан є результатом розпаду дріжджів, поширений у лагерах, може бути ознакою бактеріального зараження [2]. В таблиці 1.2 наведено сірковмісні сполуки пива та їх характеристику.

Таблиця 1.2 – Сірковмісні сполуки пива

Назва компонента	Вміст у пиві, мг/дм^3	Поріг відчуття, мг/дм^3	Ідентифікація аромату
Сірководень	Сліди – 80,0	10,0	Тухлі яйця
Меркаптан (метантіол)	1,9–18,7	1,1	Гнилий, смітниковий, стічні труби
Етанетіол (етил меркаптан)	1,9–18,7	1,1	Гнилий, смітниковий, стічні труби
Диметилсульфід	1,4–62,0	25,0	Аспарагус, кукурудза, меляса
Диетилсульфід	4,0–32,0	1,0	Варені овочі, часник
Диметилдисульфід	2,0	15,0	Варені кабачки, цибуля
Диетилдисульфід	Сліди – 85,0	4,0	Палена гума
3-метилтіо-1-пропанол	140–5000	500	Цвітна капуста, кабачки
Бензотіазол	11,0	50,0	Гума
Тіазол	0–34,0	38,0	Попкорн, арахіс
4-метилтіазол	0–11,0	55,0	Зелений фундук
2-фуранметанетіол	0–350 нг/дм^3	1,0 нг/дм^3	Обсмажена кава, гума
Тіопен-2-тіол	0–11,0	0,8	Палена гума
4-меркапто-4-метилпентан-2-он	0–30 нг/дм^3	3,0 нг/дм^3	Котяча сеча
3-меркаптогексан-1-ол	50–5000 нг/дм^3	60 нг/дм^3	Маракуйя, виноград
3-меркаптогексилацетат	1–100 нг/дм^3	4 нг/дм^3	Рислінг, маракуйя

Найвпливовішою групою сірковмісних сполук є ***тіоли*** (меркаптани), які мають у своїй більшості огидний запах. Основними тіолами аромату і смаку, які є метаболічним продуктом життєдіяльності дріжджів, є 4-меркапто-4-метилпентан-2-ол (4ММП), 3-меркаптогексан-1-ол (3МГ).

4-меркапто-4-метилпентан-2-ол (4ММП) відповідно до Пивної ароматичної спіралі відносять до категорії земельних та тваринних ароматів, підгрупи муксусних, він має запах котячої сечі. Поява цієї речовини зазвичай свідчить про те, що в пивоварному процесі щось пішло не так, переважно це ознака дикого чи зараженого бродіння [2, 3, 4, 7].

3-меркаптогексан-1-ол (3МГ) і 3-меркаптогексилацетат (3МГА) мають більш приємні фруктові аромати – ягідний (виноград) і тропічний (маракуйя) згідно з Атласом пивних смаків. Ці аромати зазвичай доречні в пиві, на відміну від 4-меркапто-4-метилпентан-2-олу (4ММП) [4, 7]. Вони запобігають утворенню несприятливих сполук тіолу (меркаптану) шляхом відбору штамів дріжджів. Відомо, що штам Saccharomyces bayanus виробляє значну кількість 4-меркапто-4-метилпентан-2-олу (4ММП), і саме цьому цей штам дріжджів рідко використовують у пивоварінні та виноробстві [3, 4]. Необхідно відзначити, що фурфурилтіол – це тіол, який продукують дріжджі Brettanomyces, що ростуть дуже повільно і вважаються притаманними для дубових поверхонь. Вони – важливі «гравці» в створенні ламбіків, сезонів і традиційних англійських витриманих елів. Фурфурилтіол має аромат обсмаженої кави і гуми, що характерно для солодових ароматів, підгрупи «палених» і муксусного аромату згідно з Атласом пивних смаків, ароматів та їх джерел [4]. Залежно від насиченості й умов цей тіол може бути як принадою, так і недоліком. Отже, під час технологічного процесу, щоб уникнути утворення фурфурилтіолу, необхідно підтримувати високу концентрацію азоту і білка в суслі [2, 3, 4, 6, 7].

Наведені смакові й ароматичні характеристики домішок пива доповнюють Пивну ароматичну спіраль, Атлас пивних смаків, ароматів та їх джерел [2, 4, 7, 8]. Ця спрощена схема впорядковує пивні пахощі від певних категорій до конкретних ароматів. Дегустаторам краще рухатися від загальних до більш детальних груп, коли вони намагаються визначити і викласти певні ароматичні відтінки у слова.

Це дає змогу розробляти нові сорти пива, які руйнують обмеження та рамки в пивоварінні, а порушення стереотипів про пиво є філософією крафтового пива.

Література

1. Домарецький В. А. Технологія солоду та пива: підручник. Київ: ІНКОС, 2004. 426 с.

2. Мелетьєв А. Є., Романова З. М., Карпутіна М. В. Підвищення біологічної цінності та покращення смаку пива. *Наукові праці НУХТ.* 2011. № 37–38. С. 73–76. URL: http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/ 547

3. Нарцисс Людвиг. Краткий курс пивоварения = Ludwig Narziβ. Abriβ der Bierbrauerei / при участии В. Бака; пер. с нем. А. А. Куреленкова. Санкт-Петербург: Профессия, 2007. С. 640.

4. Ренді Мошер. Смак пива. Інсайдерський путівник у світі найвидатнішого напою людства / пер. з англ. Лани Світанкової. Львів: Вид-во Старого Лева, 2018. С. 388.

5. Physiology of Flavors in Beer – Saccharomyces Species. A Ph. D. in Beer – A Study of Beer and Fermentation Science. 2015.01.09. URL: https://phdinbeer.com/2015/01/09the-physiology-of-blavors-in-beer-saccharomyces-species

6. Physiology of Flavors in Beer – Lactobacillus Species. A Ph. D. in Beer – A Study of Beer and Fermentation Science. 2015.04.13. URL: https://phdinbeer.com/2015/04/13-physiologi-of-blavors-in-beer-lactobacillus-species

7. Breaking the Beer Stereotype. Part 3: Beer Charts and Flavor Wheels. 2008.06.06. URL: https://inkybeer.com/2013/08/10/breaking-the-beer-stereotype-part-3-beer-charts-and-flavour-wheels

8. Breaking the Beer Stereotype. Part 3: Beer Charts and Flavor Wheels. 2013.08.10. URL: https://inkybeer.com/2013/08/10breaking-the-beer-stereotype-part-3-beer-charts-and-flavour-wheels/

1.2 НАУКОВІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНОГО СПОСОБУ СПРЯМОВАНОГО ЗБАГАЧЕННЯ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ МАГНІЄМ

Кочубей-Литвиненко О. В., *канд. техн. наук, доцент,*
директор Навчально-наукового інституту харчових технологій НУХТ

Національний університет харчових технологій

Молочна сироватка небагата на магній – в середньому вона містить його 10…12 мг/100 г сироватки [1]. До того ж, внаслідок мембранних методів оброблення й електродіалізу, що останнім часом набули широкого застосування під час перероблення сироватки, нарівні з необхідним видаленням одновалентних іонів спостерігається зниження його вмісту [2]. Оскільки магній відносять до життєво необхідних мікроелементів [3], він є необхідною складовою частиною всіх клітин і тканин, беручи участь разом з іонами інших елементів у збереженні іонної рівноваги рідких середовищ організму; входить до складу ферментів, пов’язаних з обміном фосфору і вуглеводів; активує фосфатазу плазми й кісток, бере участь у процесі

нервово-м’язової збудливості. За зниження концентрації магнію в крові спостерігаються симптоми збудження нервової системи, аж до судом. Дефіцит магнію характерний для вагітних, людей з високою фізичною активністю, дітей та людей, що перебувають у стресових ситуаціях [4]. Фізіологічна потреба для дорослих – 400 мг/добу, для дітей – від 55 до 400 мг/добу.

Окрім біологічної, важливою є технологічна роль магнію, який можна розглядати як чинник інтенсифікації процесів бродіння і ферментації [5–8], до того ж, сполуки магнію (MgO, $Mg(HCO_3)_2$, $MgCO_3$) відносять до харчових добавок, що попереджають злежування та грудкоутворення [9].

Зазначене вказує на актуальність збагачення молочної сироватки та продуктів її перероблення цим біоелементом.

Поповнення дефіциту мінеральних речовин у харчових продуктах і покращення функціонально-технологічних властивостей продовольчої сировини, як правило, відбуваються за рахунок внесення солей неорганічних кислот. Однак більшість відомих препаратів погано розчиняються у воді, мають неприємний гіркий смак, що може негативно вплинути на органолептичні властивості харчових продуктів і є неприпустимим відповідно до вимог збагачення харчових продуктів [3, 10]. До того ж, магній у неорганічних сполуках має низьку біологічну доступність, а, як відомо, до основних ознак біоелементів відносять саме їх високу засвоюваність та відповідну форму знаходження в організмі [3]. Тому актуальним є пошук нових способів та форм збагачення продовольчої сировини мінеральними речовинами.

Дослідження в галузі нанотехнологій доводять, що фактором впливу на підвищення біологічної активності мінеральних елементів є розмір частинок [11]. Сучасні наукові досягнення відкривають широкі перспективи для виробництва та використання нових форм нанопрепаратів біогенних металів, зокрема у вигляді гідратованих чи цитратованих наночастинок металів, отриманих внаслідок електрофізичних способів оброблення, а саме: ерозійно-вибухової нанотехнології та електроіскрового диспергування струмопровідних гранул металів [12–13].

Протягом останніх десяти років препарати біогенних металів, створені із залученням нанотехнологій, починають використовувати в медицині, ветеринарії, рослинництві, при виробництві косметичної та харчової продукції [14–17]. Водночас використання нанотехнологій і наноматеріалів у харчовій промисловості потребує вирішення низки медико-біологічних проблем [18].

Застосування водних колоїдних розчинів металів у технології молочних продуктів, особливо молочних концентратів, нераціональне з огляду на додаткове додавання води. Перспективним у цьому напрямі є вивчення доцільності збагачення молочної сироватки магнієм під час електроіскрового диспергування струмопровідних гранул металу безпосередньо в її середовищі. Оброблення молочної сироватки в такий спосіб забезпечить її збагачення цінними елементами, що здатні утворювати метало-лігандові комплекси з компонентами молочної сироватки, а це сприятиме підвищенню їх біологічної доступності та, власне, дасть можливість класифікувати їх як біоелементи [3–4].

На підставі зазначеного можна зробити висновок про перспективність дослідження диспергувального ефекту, що виникає під час реалізації електроіскрового оброблення струмопровідних гранул металів у середовищі молочної сироватки.

Розглянемо доцільність збагачення молочної сироватки магнієм внаслідок електрофізичного оброблення в розрядній камері із струмопровідним прошарком металу.

Електрофізичний спосіб оброблення молочної сироватки реалізовували на лабораторній установці, що складалася з генератора розрядних імпульсів, реакційної камери з магнієвою електродною системою та відповідним струмопровідним прошарком гранул; блока управління; вимірювальних і допоміжних приладів. Дослідження проводили за напруги 85 ± 5 В, ємності конденсатора 100 мкФ та тривалості оброблення від 30 до 180 ºС.

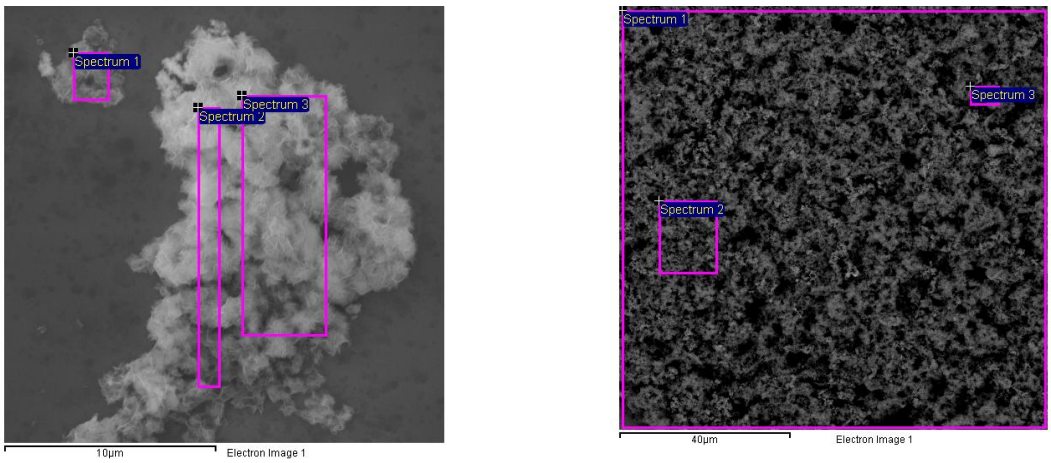
Встановлено, що результатом електроіскрового диспергування гранул магнію було отримання частинок у нано- та мікророзмірному діапазонах (від 50…70 нм до 5 мкм). Дисперсним аналізом частинок, проведеним на аналізаторі MalvernInstruments (Великобританія), визначено, що середній розмір частинок Mg становив 118 ± 5 нм.

У лабораторії аналітичної хімії та моніторингу токсичних речовин ДУ «Інститут медицини праці НАМН України» методом атомно-емісійної спектрометрії з індуктивно-зв’язаною плазмою (прилад Optima 210 DV) встановлено, що за умови електроіскрового оброблення вміст магнію у молочній сироватці збільшувався в середньому в 1,8…4,0 разу залежно від тривалості оброблення.

Електронно-мікроскопічні дослідження й ідентифікація елементного складу частинок магнію та їх агрегатів (рисунок 1.2, *а, б*) дали змогу зробити припущення про формування як оксидних, так і металевих фаз під час виникнення електроіскрових розрядів між електродами у рідині. Мікрофракція частинок Mg представлена переважно оксидною фазою

(рисунок 1.2, *а*, *б*), про що свідчить співвідношення металу та кисню у перерахунку на атомарний вміст. Зазначене співвідношення відповідає стехіометричному складу цих елементів в оксидних фазах MgO.

Елементний ваговий склад окремих частинок магнію та їх агрегатів (рисунок 1.2, *а*) вказує, що наявний кисень тільки частково відноситься до оксидної фази. Надлишок кисню, який не відповідає стехіометричному складу оксидної фази магнію, ймовірно, формує кисневмісну поверхню частинок. Це припущення підтверджується дослідженнями елементного вагового складу частинок інших металів, зокрема срібла, отриманих внаслідок електроіскрового диспергування гранул [13].



а)
Mg = 32,22 % мас.
O = 67,78 % мас.

б)
Mg = 43,46 % мас.
O = 56,54 % мас.

Рисунок 1.2 – Електронне зображення й елементний склад частинок магнію та їх агрегатів в надосадовій рідині (*а*) та осаді (*б*)

Слід відмітити практичне значення утворення оксиду магнію для технології сухих молочних продуктів, оскільки, як зазначалося, цей оксид відіграє роль антизлежувальної харчової добавки [9].

Експериментально доведено, що суха молочна сироватка (СМС), вироблена із сировини, обробленої комбінуванням нанофільтрації з електроіскровим обробленням, характеризувалася низьким ступенем злежування (до 2,2 %), визначеним за методикою [19] (рисунок 1.3), тоді як ступінь злежування сухої підсирної сироватки, виробленої за традиційною технологією, становив 24,6 %.

Ознаки самоущільнення частинок і злежування було виявлено й у дослідних зразках, виготовлених із залученням технології знесолення (електродіаліз, нанофільтрація). Так, за розміру пор сита 250 мкм ступінь злежування сухої сироватки, знесоленої електродіалізом, дорівнював

17,4 %, а нанофільтрацією – 16,1 %, що характеризує їх як продукти, схильні до утворення в продукті грудочок (рисунок 1.3).

Цікавим є факт, що за стійкістю до грудкоутворення новий продукт мав переваги навіть над сухою демінералізованою сироваткою, в яку згідно з рекомендаціями [9] з метою покращення стійкості до злежування було добавлено харчову антизлежувальну добавку (АЗД) – оксид кремнію SiO_2 (Е-551 Silicon dioxide amorphous) у кількості 1,0 % (рисунок 1.3).

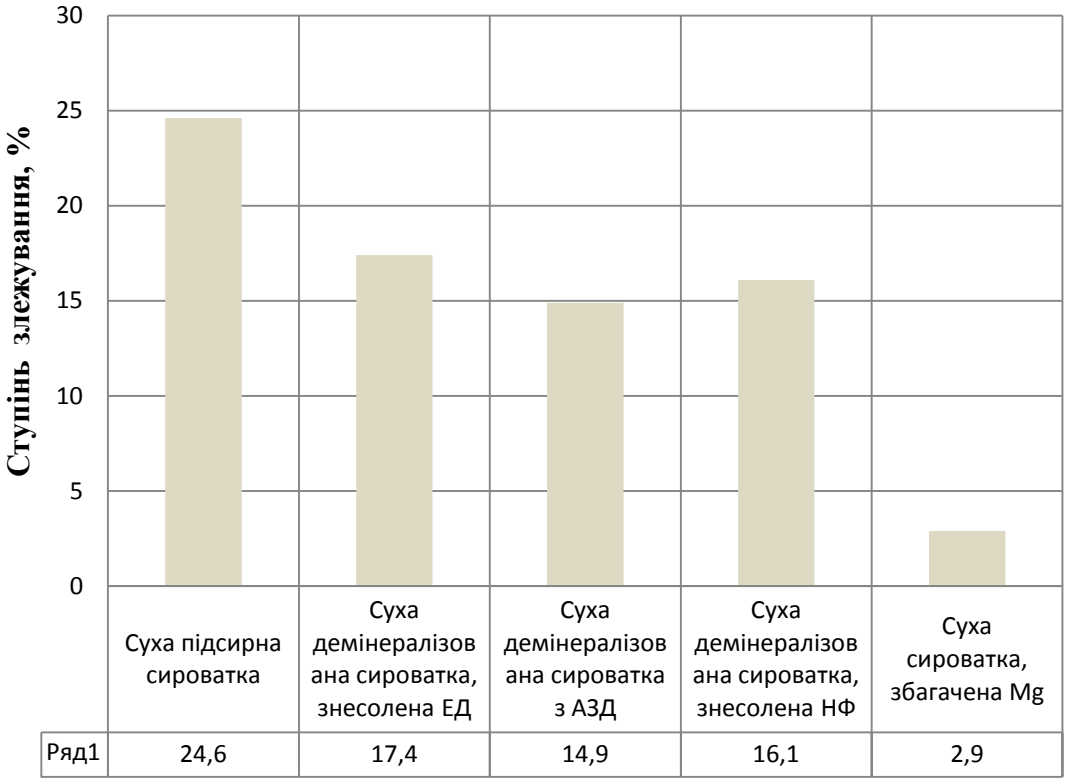


Рисунок 1.3 – Ступінь злежування дослідних зразків сухої молочної сироватки в порівняльному аспекті

Встановлено, що зразки сухої сироватки, збагаченої магнієм внаслідок електроіскрового оброблення сировини, характеризувалися низькою схильністю до грудкоутворення навіть через 18 місяців зберігання в герметичному пакованні за температури 18 ± 2 ºС і відносної вологості, не більшої 80 %. Так, ступінь злежування в дослідних зразках був меншим 5 %.

Зразки сухої сироватки, вироблені з використанням комбінування нанофільтрації з електроіскровим збагаченням мінеральними елементами, також вигідно відрізнялися від решти зразків відсутністю ознак неферментативного потемніння протягом 12 місяців зберігання за температури (18 ± 2) ºС і відносної вологості, не більшої 80 %, у той час як інші види сухої сироватки поступово втрачали білість, а саме: на

16,3 ум. од. для СМС, виготовленої без залучення технології знесолення; на 16,0 ум. од. для СМС, знесоленої електродіалізом; на 11,6 ум. од. – для СМС, знесоленої нанофільтрацією.

На рисунку 1.4 зображено візуальне підтвердження відсутності ознак злежування та неферментативного потемніння у дослідному зразку сухої сироватки, виробленої комбінуванням технології знесолення з електроіскровим збагаченням магнієм, під час неконтрольованих умов зберігання у відкритій тарі порівняно із сухою демінералізованою сироваткою, виробленою з аналогічної сировини, на одному підприємстві-виробникові, за однакового технологічного циклу, за винятком електроіскрового оброблення сировини.

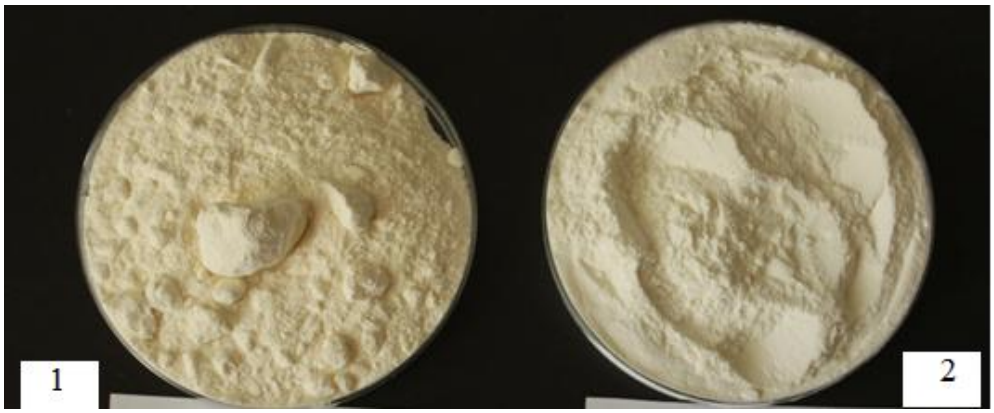


Рисунок 1.4 – Фотозображення дослідних зразків сухої сироватки через три місяці зберігання за ненормованих умов:
1 – Суха демінералізована сироватка
2 – Суха молочна сироватка, збагачена магнієм

Отже, вивчено доцільність електроіскрового оброблення молочної сироватки в реакційній камері зі струмопровідним прошарком магнію з метою її збагачення цінним мінеральним елементом.

Встановлено, що за умови електроіскрового оброблення вміст магнію у молочній сироватці збільшується в середньому в 1,8…4,0 разу залежно від тривалості оброблення, при цьому отримані частинки металу знаходяться в нано-та мікророзмірному діапазонах (від 50…70 нм до 5 мкм).

Комплексом досліджень підтверджено позитивний вплив електрофізичного збагачення сировини магнієм перед сушінням на показники якості сухої молочної сироватки, а саме: збагачення сухого продукту магнієм, відсутність ознак самоущільнення та злежування продукту під час зберігання та відсутність ознак неферментативного потемніння.

Література

1. Храмцов А. Г. Феномен молочной сыворотки. Санкт-Петербург: Профессия, 2011. 804 с.
2. Обработка молочного сырья мембранными методами / И. А. Евдокимов и др. *Молочная промышленность*. 2012. № 2. С. 34–37.
3. Скальный А. В., Рудаков И. А. Биоэлементы в медицине. Москва: ИД «Оникс 21 век»: Мир, 2004. 272 с.
4. Спиричев В. Б., Шатнюк Л. Н., Позняковский В. М. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология / под общ. ред. В. Б. Спиричева. 2-е изд. Новосибирск: Сиб. универ. изд-во, 2005. 548 с.
5. Walker G. M. The roles of magnesium in biotechnology. *Critical Reviews in Biotechnology*. 1994. Vol. 14 (4). P. 311–354.
6. Pironcheva G. L. The effect ot magnesium ions during beer fermentation. *Cytobios*. 1998. Vol. 94 (377). P. 135–139.
7. Беспоместных К. В. Изучение влияния состава питательной среды на изменение биохимических и морфологических свойств штаммов лактобацилл. *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 6.
8. Кантере В. М. Теоретические основы технологии микробиологических производств: учеб. пособие. Москва: Агропромиздат, 1990. 271 с.
9. Регламент європейського парламенту та ради (ЄС) № 1333/2008. URL: http://www.icqc.eu/userfiles/File/1333-2008-EC.pdf
10. Кукин М. Ю. Разработка технологий цитрата аммония железа, лактата магния и комплексних пищевых добавок и их применение в пищевых продуктах: автореф. … канд. техн. наук: спец. 05.18.07 «Биотехнология пищевых продуктов и биологических активних веществ» / С.-Пб нац. исслед. ун-т информ. технологий, механики и оптики. Санкт-Петербург, 2013. 22 с.
11. Нанотехнологии в биологии и медицине: кол. монография / под ред. чл.-корр. РАМН, проф. Е. В. Шляхто. 2009. URL: http://prostonauka.com/nano/soderzhanie
12. Спосіб отримання аквахелатів нанометалів «Ерозійно-вибухова нанотехнологія отримання аквахелатів металів»: пат. України на корисну модель № 29856. МПК (2006): B01J 13/00, B82B 3/00 / Косінов Н. В., Каплуненко В. Г. Опубл. 25.01.2008. Бюл. № 2.
13. Образование наноразмерной фракции металлов при электроискровой обработке гранул / К. Г. Лопатько и др. *Электронная обработка материалов*. 2013. № 49 (6). С. 80–85.
14. Ткаченко С. В. Передумови використання препаратів з твердою фазою в нанорозмірному стані у якості каталізаторів процесів харчових

виробництв. *Продовольчі ресурси. Серія: Технічні науки:* зб. наук. праць. 2015. С. 18–22.

15. Нанотехнології мікронутрієнтів: питання безпечності та біотичності наноматеріалів при виробництві харчових продуктів / А. М. Сердюк та ін. *Академія медичних наук України.* 2010. № 3. Т. 16. С. 467–471.

16. Дробот В. І. Бондаренко Ю. В., Каплуненко В. Г. Використання цитратів цинку та магнію, одержаних методом нанотехнології, у хлібопеченні. *Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти харчовій промисловості:* Міжнар. наук. конф., присвяч. 130-річчю НУХТ, (м. Київ, 13–17 жовт. 2014 р.). Київ: НУХТ, 2014. С. 60.

17. Коагуляційне очищення жомопресової води гелем алюмінію / А. І. Українець та ін. *Наукові праці НУХТ*. 2015. Т. 21. № 5. С. 237–243.

18. Трахтенберг І. М., Дмитруха Н. М. Принципи, методи і показники оцінки безпечності наночастинок металів. *Сучасні проблеми токсикології, харчової та хімічної безпеки*. 2016. № 4. С. 5–17.

19. Pisecky J. Handbook of milk powder manufacture. Copenhagen: Niro A/S. 1997. 261 p.

1.3 MILK PROTEIN PRODUCTS OF FUNCTIONAL USE

Ivashyna L. L., *Candidate of Technical Sciences,*
assistant professor of tourism and hotel and restaurant business department,
Starynets O. A.*, Candidate of Philological Sciences,*
assistant professor of tourism and hotel and restaurant business department

Cherkasy State Technological University

The health of the population is one of the main directions of the society development. Among the various environmental factors that influence the human organism there is nutrition organizing and supply with products with improved qualities and composition.

The body's need for proteins, fats, carbohydrates, macronutrients and micro-elements, vitamins supplements is satisfied by means of a person's daily consumption of a certain set of food products. This need depends on work conditions, the mode of activity, the age of a person, environmental conditions and other factors throughout a person's life.

The deficiency of iodine and other micro-elements is also a very important world problem. This problem in Ukraine is connected with the worsening of

ecological conditions of the environment. The problem of iodine deficiency in nutrition arose long ago and is still of immediate interest up to now.

Milk protein raw material is the source of a unique protein system represented by proteins of high nutritional value. Milk protein concentrates are widely spread in various branches of food industry, but their use in food production is quite limited and needs further development. A lot of researches are directed at the development of technologies of new types of products on the basis of milk protein concentrates with the use of iodine-containing additives to overcome the problem of iodine deficiency in nutrition. Numerous works of domestic and foreign scientists – A. G. Khramtsov, G. V. Deynichenko, T. I. Yudina, V. A. Hnitsevych et al. have been devoted to the study of functional properties of milk protein raw materials [1, 2].

Let's consider scientific substantiation and development of technologies of milk-protein puddings with iodinated additives.

Milk and dairy products are the most valuable among a large number of animal and plant food products.

It is a common knowledge that milk contains nearly the entire Mendeleev's table in the form of proteins, fats, carbohydrates, enzymes, hormones and immune bodies. In the milk processing most of these compounds transfer to protein-carbohydrate milk raw materials – skim milk, churn-milk, whey, which are attributed to the secondary resources of the dairy industry.

A distinctive feature of milk proteins is that their cleavage produces peptides and other components that are directly absorbed into the blood. Milk proteins are of great biological importance due to the high content of methionine which together with other components of milk (choline, inositol) belongs to the so-called lipotropic substances. Milk proteins according to their amino acid composition are equivalent to meat proteins. However, unlike the latter, they do not contain purine acids, the excess of which has a negative effect on the metabolism in the body. For this reason, one can consume milk proteins at any age in unlimited quantity.

Iodine deficiency disorder (IDD) is one of the most essential health care problems in 130 countries of the world. According to the World Health Organization more than a third of world's population lives in conditions of a particularly high risk of developing IDD, 740 million already have IDD manifestations (goiter) and 50 million people have discernible mental ineptitude because of iodine deficiency.

Iodine is one of the micronutrient elements necessary for a human. The main source of iodine is food products from plant, animal and sea raw materials. Iodine daily requirement is on an average 100–200 mcg.

In an organism of an adult human there is 20–50 mg of iodine and almost half of it is concentrated in the thyroid and the rest is in the liver and muscular tissue.

Iodine has a peculiar biological significance. It is the constructive part of molecules of thyroid hormones. Iodine deficiency in a food ration works towards the development of a number of thyroid diseases (diffuse goiter, nodular goiter, cysts, tumors) and causes serious changes in metabolic activity that result in reproductive function disorders (infertility, miscarriage, premature delivery, high infant mortality rate), physical underdevelopment and mental retardation, anemia and other.

Iodine can be found in many products of plant and animal origin: vegetables (potatoes – 0,8…2,8 mcg%, radish and lettuce – 8 mcg%, beans – 12,1 mcg%); fruit and berries (from 1 mcg% in apricots and pears to 8 mcg% in grapes); mushrooms (champignons – 18 mcg%); grain and some products of its processing (rice – 2,3 mcg%, patent wheat flour – 1,5 mcg%, unground buckwheat – 3,3 mcg%, millet – 4,5 mcg%, oat flakes «Hercules» – 6,0 mcg%); hen's eggs (20 mcg%); beef (7,2 mcg%); pork liver (13,1 mcg%).

Substantial source of organic iodine is seafood [6, 7]: sea fish (from 35 mcg% in sardine to 150 mcg% in walleye pollock, navaga, haddock, green cod and 160 mcg% in hake); prawns (110 mcg%); pinnipeds (130 mcg%); algae (dehydrated laminaria – 200…220 mg%) [6].

Milk facilitates the digestion of minerals, but comparing to other products the level of microelement content is low in milk and dairy products. Thus, iodine content in milk and dairy products is 7,7…15 mcg% [4, 5].

Among the wide range of milk products, the milk protein concentrated products are of interest. Milk protein concentrate from butter milk that is produced from raw milk by combined subsidence of casein and whey proteins has the biological value that is notably higher than lactic cheese as whey proteins has the advantage of casein fractions according to the indispensable amino acids content. The higher nutrition value of the butter milk concentrate is determined by the content of 20,8 % protein, 1,34 % fat, 0,16 % calcium, 0,24 % phosphorus and microelements and water soluble vitamins.

The assortment of food products that are cooked from the milk protein concentrates includes the production of spread cheese, meat, bakery products and confectionery, ice cream, various dairy products, baby food.

Researches over the past few years discovered the relevancy of product expansion and enhancement of the biological value of food products based on the complex use of milk raw products and derivatives of brown seaweeds.

Despite the fact that milk protein products have small amount of iodine content comparing with other food products, milk protein facilitates iodine

assimilation by human organism. Combining milk proteins with seaweeds facilitates the delivery of the stable iodine to the organism on one side and supports the elimination of strontium and cesium radio nuclides.

Scientists worked out the technologies of milk protein mince with the use of iodinated additive Golden Cystoseira.

But the range of products with iodinated additives in Ukraine is limited and doesn't correspond to the needs of today.

On the basis of a number of previous researches and taking into account the data from scientific and technical literature the technologies of producing the milk protein baked puddings with iodinated additives were worked out. In developed technologies it is provided by the use of milk protein concentrate from the butter milk as the main component and introduction of iodinated additives – dehydrated laminaria, Golden Cystoseira, eelgrass – to the content of milk protein baked puddings.

As the designed milk protein baked puddings are new products that are planned for use at commercial facilities as well as at restaurant facilities, their nutrition value and functional and technological characteristics have been studied.

It has been discovered that studied products exceed the control sample by protein content by 21,15...24,0 %. The protein of worked out baked puddings is more balanced as for amino acid content and doesn't contain limiting amino acids. The part of indispensable amino acids in proteins of worked out products comprises 15,68…23,64 %. By the content of mineral elements and vitamins the worked out products also exceed the control sample.

Organoleptic properties of milk protein products include exterior appearance, consistence, colour, taste and smell. These properties mainly form the consumer's idea about the product quality.

Organoleptical properties of milk protein baked puddings with iodinated additives are given in Table 1.3. According to organoleptical properties baked puddings that have been worked out meet the requirements and are to a high standard that gives a possibility of their wide use at the production on food industry enterprises and in restaurant facilities.

The result of the research has specified the existence of a persistent world problem of protein and organic iodine deficiency in human diets. It is possible to solve the existing problem by means of using the nutritional potential of protein carbonhydrate milk raw materials and products of seaweed processing.

Table 1.3 – Organoleptical properties of milk protein baked puddings with iodinated additives

Characteristic feature	Characteristics of baked puddings with		
	dehydrated laminaria	Golden Cystoseira	eelgrass
The form and appearance	Products of square or right-angled form, smooth surface without splits		
Consistence	Indiscrete mass, mellow and rich		
The colour of surface	Golden, without burn parts		
The colour of inside	White-yellow	White-yellow with brownish sprinklings of poppy seeds and Golden Cystoseira	White-yellow with greenish sprinklings of eelgrass
Taste	Milk protein, sweet, typical of milk protein products		
Smell	Pleasant, typical of milk protein products		

So, it is worth to work out new milk protein products enriched with seaweed additives. As the source of iodine it is reasonable to use the seaweeds that are produced on the territory of Ukraine, particularly potential in the technologies of milk protein products of different purpose is the usage of functional additives from Golden Cystoseira and eelgrass.

References

1. Храмцов А. Г. Новации молочной сыворотки. Санкт-Петербург: Профессия, 2016. 490 с.
2. Гніцевич В., Юдіна Т., Дейниченко Г. Технологія та біологічна цінність молочно-білкових копреципітатів. *Товари і ринки*. 2016. № 2. С. 148–157.
3. Сердюк А. М., Корзун В. Н. Соціально-гігієнічна проблема йоддефіцитних захворювань. *Гігієнічна наука та практика на рубежі століть:* матеріали XIV з'їзду гігієністів України, (м. Дніпропетровськ, 19–21 трав. 2004 р.). Дніпропетровськ, 2004. Т. 2. С. 397–400.
4. Андрейчук В. П. Органический йод и питание человека. *Пищевая промышленность.* 2004. № 10. С. 90–92.
5. Дейниченко Г. В., Івашина Л. Л., Колісниченко Т. О. Технологія молочно-білкових запіканок з використанням йодвміщуючих водоростевих добавок: монографія. Київ: ВД «Кондор», 2017. 124 с.
6. Химический состав пищевых продуктов. Книга 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / под ред. И. М. Скурихина. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Агропромиздат, 1987. 360 с.

7. Химический состав российских пищевых продуктов: справочник / под ред. И. М. Скурихина. Москва: ДеЛипринт, 2002. 244 с.

1.4 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВОДНО-ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ТА ОЦУКРЮВАННЯ КРОХМАЛЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЕТИЛОВОГО СПИРТУ

Нагурна Н. А., *канд. техн. наук, доцент кафедри харчових технологій,*
Терлецький А. С., *магістрант кафедри харчових технологій*

Черкаський державний технологічний університет

Одним із найбільш енергоємних процесів у переробних галузях агропромислового комплексу є виробництво спирту з крохмалевмісної сировини та його складова частина – водно-теплова обробка й оцукрювання крохмалю до зброджуваних цукрів.

Серед пріоритетних напрямів розвитку спиртової галузі на перше місце нині висуваються розробки зі створення енерго- та ресурсозберігаючих технологій отримання етанолу із зерна. Для отримання і зброджування оцукреного зернового сусла необхідно крохмаль та інші компоненти сировини перевести в розчинений стан. Вибір режимів і технологічних параметрів отримання оцукреного сусла при розробці нових технологій отримання етанолу базується на економічних та апаратурно-технологічних аспектах виробництва і багато в чому визначається властивостями сировини, що переробляється [1].

У спиртовому виробництві існують два способи отримання сусла: розварювання сировини під тиском і механіко-ферментативна обробка.

Широко застосовуваний на вітчизняних спиртових заводах механіко-ферментативний спосіб переробки крохмалевмісної сировини, незважаючи на його переваги перед традиційним способом з розварюванням, не дає можливості повністю вирішити проблему ресурсозбереження: максимально знизити енерговитрати за стадіями виробництва і повною мірою використовувати власні сировинні ресурси, зокрема природні біокаталізатори, що особливо важливо при переробці такої зернової культури, як жито, що характеризується високою активністю амілаз, протеаз і ферментів геміцелюлазного комплексу.

У зарубіжній практиці широко застосовується так званий спосіб «холодного затирання», при якому температура на стадії водно-теплової обробки не перевищує 60–70 ºС. Цей режим дає змогу максимально

використовувати власну ферментну систему зерна для гідролізу полімерів сировини. Дотепер у вітчизняній практиці цей спосіб не застосовують через ряд причин [2].

По-перше, спосіб «холодного затирання» висуває підвищені вимоги до вихідних мікробіологічних характеристик сировини. Застосовуване на спиртових підприємствах України фуражне зерно зазвичай характеризується підвищеним мікробіологічним обсіменінням. Відомо, що основна маса мікроорганізмів концентрується на поверхні зерна (епіфітна мікрофлора).

По-друге, спосіб «холодного затирання» передбачає використання певного помелу. Він має характеризуватися однорідністю і більшим ступенем подрібнення, ніж у традиційних схемах переробки сировини. Отримання такого помелу на вітчизняних спиртових підприємствах пов'язане з труднощами. Дрібний рівномірний помел на наявному на заводах дробильному обладнанні можна отримати тільки при високих енерговитратах, а це з економічної точки зору неефективно.

По-третє, з літературних даних відомо [3], що певні анатомічні частини зернівки містять такі компоненти, як клітковина, геміцелюлози, певні фракції білків, погіршують технологічний процес отримання оцукренного сусла.

Один із можливих способів вирішення цих проблем – включення в апаратурно-технологічну схему спиртового заводу спеціальної стадії попередньої обробки зерна – лущення [4], разом з двоступінчастою схемою подрібнення (молоткова дробарка + абразивний подрібнювач) і підбір оптимального мультиензимного комплексу ферментних препаратів для розрідження і оцукрювання усіх компонентів житньої сировини.

Мета роботи – проаналізувати вплив стадії лущення на подальшу переробку зерна жита та визначити оптимальні ферментні препарати, які необхідно застосовувати на стадіях розрідження й оцукрювання житнього сусла для удосконалення технології водно-теплової обробки та оцукрювання у виробництві етилового спирту.

Лущення зерна приводить до поліпшення мікробіологічних показників сировини [5]. Показник КМАФАнМ при використанні МПА знижується в середньому удвічі при дослідженні проб лущеного зерна проти нелущеного. Дослідження фракції лушпиння підтверджує, що в поверхневих шарах зернівки зосереджена переважна частина мікроорганізмів сировини. Максимальну кількість усіх досліджених мікроорганізмів виявлено в пробах лушпиння, відповідних 5 % зняттю. Збільшення відсотка зняття лушпиння з 5 до 10–20 % несуттєво підвищує, особливо за змістом бактеріальної мікрофлори, мікробіологічні

характеристики сировини, а отже, з технологічної точки зору, повне зняття всіх периферійних частин зернівки до алейронового шару в цьому аспекті проводити недоцільно, представлені дані наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Мікробіологічні показники сировини

Середовище	КМАФАнМ, КУО/г						
	Нелущене зерно	Лущене зерно (ступінь лущення, %)			Фракція лушпиння (відсоток зняття, %)		
		5	10	20	5	10	20
МПА	790	400	340	350	СР	1920	1620
СА	1312	640	460	300	СР	2880	1730

Лущення зерна жита покращує і його біохімічні показники. Підвищується доступність крохмалю до ферментативного гідролізу під дією як власних ферментів сировини, так і мікробних амілаз. Вміст декстринів у пробах, отриманих із лущеного жита, перевищує їх значення для проб, де як сировину використовували нелущене жито. Так, у зразках із лущеного жита, в яких гідроліз крохмалю проходив під дією власних амілаз, вміст декстринів зростає в середньому порівняно з пробами, отриманими з нелущеного жита, на 20–25 %. Гідроліз крохмалю сировини під дією зернових і мікробних амілаз має аналогічний характер, вміст декстринів зростає на 10–25 %.

Окрім того, застосування в комплексі лущильної машини разом із молотковою дробаркою та абразивним подрібнювачем дає можливість отримати понадтонкий помел жита, який характеризується 100 % проходом крізь сито з діаметром отворів 0,8 мм [6].

Отримання житнього сусла за методом «холодного затирання» проводили з використанням трьох ферментних препаратів розріджувальної дії.

Процес виробництва сусла при внесенні ферментного препарату Термаміл 120L (норма внесення – 0,2 од. АС/г умовного крохмалю) і ферментного препарату Амілаза НТ 4000 G (норма внесення – 2,0 од. АС/г умовного крохмалю) проводили при природному значенні pH середовища (на рівні 6,0–6,5); при використанні ферментного препарату Амілаза НТ 4000 N (норма внесення – 2,0 од. АС/г умовного крохмалю) проводили підкислення замісу до pH 4,0–4,5 (рівня, оптимального для дії цього ферменту).

Порівняльну характеристику показників якості сусла на рефрактометрі залежно від використаного ферментного препарату розріджувальної дії подано в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Порівняльна характеристика показників якості сусла

Показник якості	Термаміл 120L	Амілаза НТ 4000 G	Амілаза НТ 4000 N
Сухі речовини, %	16,5	16,1	15,8
Розчинні речовини, %	8,7	9,9	8,5
Загальні редукуючі вуглеводи, %	12,9	12,5	10,8

Серед досліджених ферментних препаратів кращі показники мало сусло, отримане з використанням ферментного препарату Термаміл 120L. Цей ферментний препарат містить термостабільну α-амілазу, оптимум дії якої відповідає процесу отримання сусла за способом «холодного затирання». Виявлений ефект при використанні Термаміл 120L може бути пов'язаний: по-перше, з тим, що цей препарат виробники рекомендують використовувати в схемах механіко-ферментативної обробки, в яких крохмаль сировини меншою мірою, ніж у схемах з розварюванням, готується до ферментативного впливу; по-друге, Термаміл 120L є кальцій незалежним ферментним препаратом і в разі нестачі цього іона у воді ефективніше проводить процес гідролізу крохмалю порівняно з ферментами, які вимагають певного вмісту іонів кальцію в середовищі; по-третє, можна припустити, що він робить більший синергетичний ефект на дію власних амілолітичних ферментів жита.

Для отримання нормативних показників оцукреного сусла і бражки, поряд з основними ферментними препаратами – α-амілазою і глюкоамілазою, в дослідженні застосовували ферментний препарат, що забезпечує гідроліз некрохмальних високомолекулярних полімерів зерна – Віскоферм.

Через високий вміст гуми і слизових речовин перероблювані маси стають важкоперекачуваними, тому для зниження в'язкості ферментний препарат Віскоферм вводили відразу після розріджувального ферменту Термамілу 120L.

Далі проводили підбір оптимального дозування Віскоферму. В розварену масу вносили препарат в дозах 0; 1; 1,25; 1,5; 1,75 од./г крохмалю і проводили обробку протягом 30 хв. Результати досліджень зображено на рисунках 1.5 і 1.6.

З отриманих даних видно, що найнижчий вміст редукуючого цукру – 10,41 г і найвищу в'язкість – 145 мПа·с має сусло, при отриманні якого не використовували Віскоферм. Зі збільшенням кількості внесеного препарату в'язкість знижувалася. Це обумовлено дією препарату на ендосперм жита, що складається з β-глюканів і пентозанів.

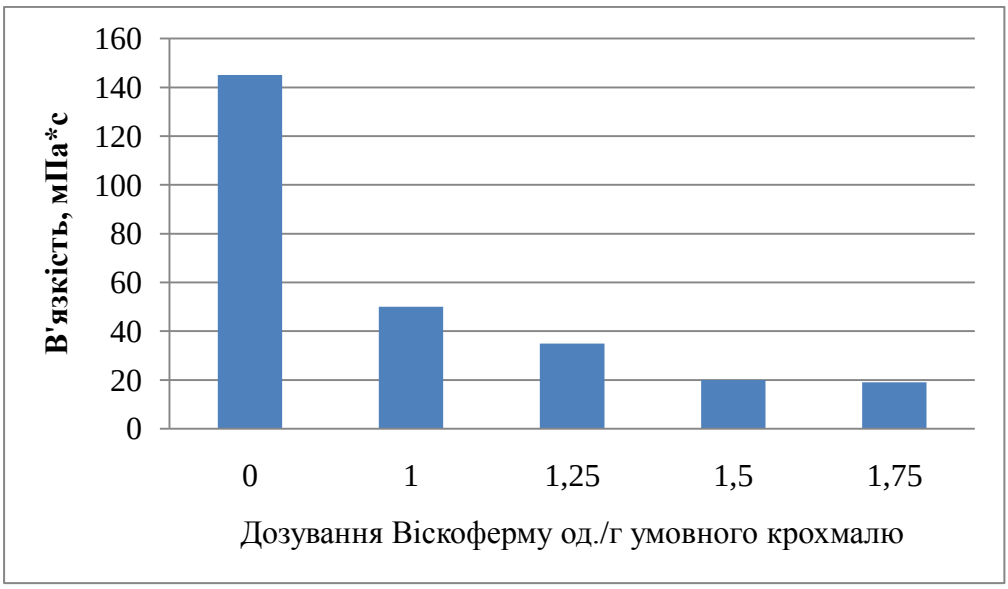


Рисунок 1.5 – Вплив дозування препарату Віскоферм на в’язкість замісу

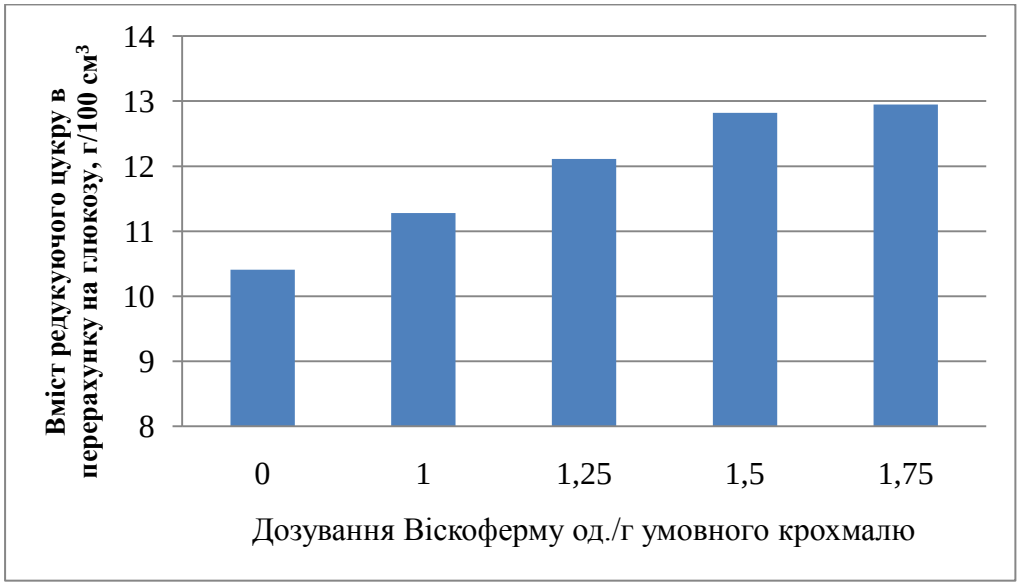


Рисунок 1.6 – Вплив дозування препарату Віскоферм на накопичення редукуючих цукрів у суслі

Дані, зображені на рисунку 1.6, підтверджують позитивну дію препарату Віскоферм на процес деструкції полісахаридів зерна жита.

Результати показують, що при збільшенні дозування Віскоферму поліпшуються якісні показники сусла.

При збільшенні дозування Віскоферму більше 1,5 од./г умовного крохмалю показники сусла істотно не змінювались. Цей факт можна пояснити тим, що при дозуванні препарату в кількості 1,5 од./г умовного

крохмалю основна кількість крохмалю вже розщепилася і внесення більшої кількості ферментного препарату є недоцільним.

На наступному етапі дослідження порівнювали основні показники якості бражки, варіюючи дозування оцукрювальних ферментних препаратів від 2 до 8 од. ГлА/г умовного крохмалю. При температурі 58–60 ºС проводили оцукрювання протягом 3,5 год, використовували Сан Супер 240L та Сахзайм, потім додавали протеолітичний ферментний препарат Протеазу GC – 106 з розрахунку 0,15 од. ПС/г сировини і ще витримували 0,5 години.

При температурі 28–30 ºС проводили зброджування протягом 48–72 год з використанням дріжджів раси XII. Вносили 15 млн/см^3 дріжджів. Вплив досліджуваних факторів на зброджування концентрованого сусла контролювали за концентрацією спирту, вмістом незброджених вуглеводів, вмістом нерозчиненого крохмалю. Аналіз показників якості бражки залежно від дозування оцукрювальних ферментних препаратів подано в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Показники якості бражки залежно від дозування оцукрювальних ферментних препаратів

Фермент	Вміст сухих речовин сусла	Дозування ферментного препарату, од. ГлА/г у.к.	Розчинні незброджені вуглеводи, г/100 см^3	Нерозчинний крохмаль, г/100 см^3	Концентрація спирту, %
Сан-Супер 240L + Протеаза GC – 106	16–18 %	7,5	0,31	0,185	7,53
	20–24 %	2	0,45	0,180	7,84
		4	0,4	0,120	7,94
		6	0,35	0,030	8,57
		7	0,34	0,101	8,31
		8	0,3	0,099	8,22
Сахзайм + Протеаза GC – 106	16–18 %	7,5	0,32	0,190	7,13
	20–24 %	2	0,49	0,189	7,36
		4	0,42	0,130	7,35
		6	0,38	0,035	7,77
		7	0,39	0,122	7,55
		8	0,33	0,100	7,39

При використанні як оцукрювального ферментного препарату Сан-Супер 240L (рисунок 1.7) знизилася кількість розчинених незброджених вуглеводів з 0,45 до 0,3 г/100 см^3, кількість нерозчиненого крохмалю – з 0,185 до 0,03 г/100 см^3, а концентрація спирту підвищилася з 7,53 до 8,57 % об.

Використання препарату Сан-Супер 240L в комплексі з Протеазою GC – 106 дає сусло з максимальною концентрацією етанолу. Так, при використанні ферментного препарату Сан-Супер 240L при дозуванні 6 од. ОС/г умовного крохмалю (з подальшим додаванням протеолітичного ферментного препарату – Протеази GC – 106 з розрахунку 0,15 од. ПС/г сировини в обох випадках) концентрація спирту становитиме 8,57 % об., тоді як при використанні ферментного препарату Сахзайм при тому ж дозуванні вміст спирту становив 7,77 % об. Тому препарат Сан-Супер 240L у комплексі з Протеазою GC – 106 обраний як кращий.

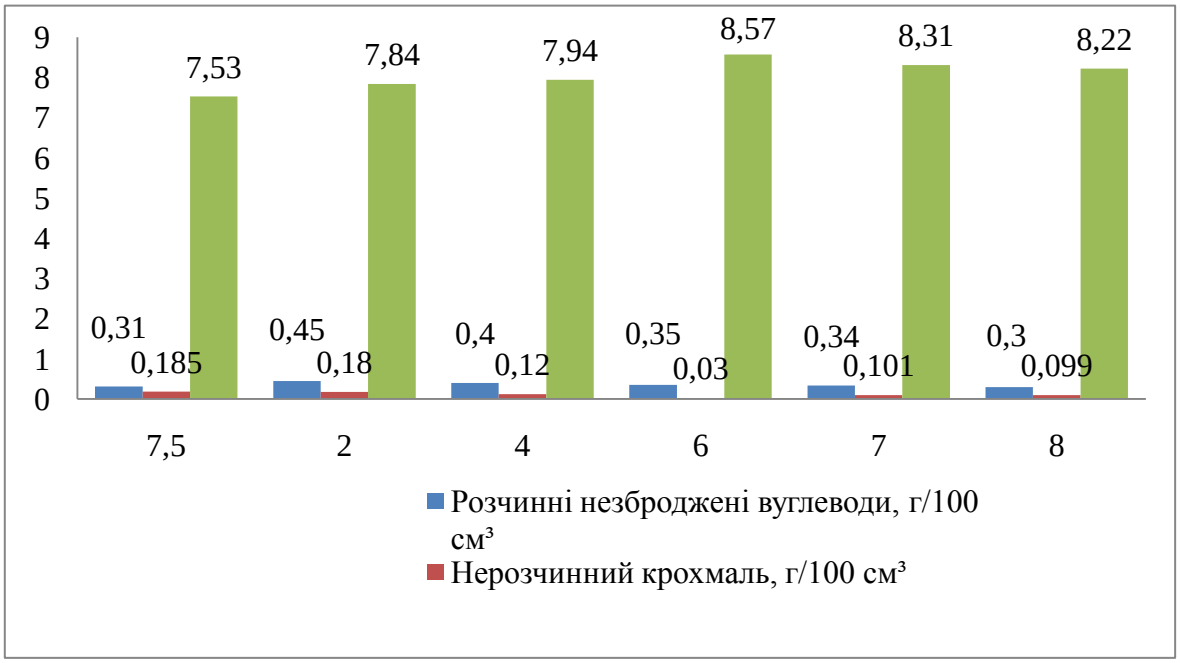


Рисунок 1.7 – Залежність розчинених незброджених вуглеводів від дозування оцукрювального ферментного препарату Сан-Супер 240L + Протеаза

Отже, при застосуванні низькотемпературної схеми обробки житньої сировини оптимальним є дуже дрібний помел жита, який характеризується 100 % проходом крізь сито з діаметром отворів 0,8 мм. Цей помел дає можливість перевести важкорозчинні компоненти жита в розчинний стан при подальшій гідроферментативній обробці. Цього результату можна досягти, застосовуючи в комплексі лущильну машину разом з двоступінчастою схемою подрібнення. Застосовані в комплексі ферментні препарати амілолітичної (Термаміл 120L), цитолітичної (Віскоферм), глюкоамілазної (Сан-Супер 240L) та протеолітичної (Протеаза GC-106) дії дають можливість удосконалити технологію водно-теплової обробки та оцукрювання, отримати сусло з покращеними якісними показниками та збільшеною концентрацією спирту в бражці.

Література

1. Шиян П. Л., Сосницький В. В., Олійнічук С. Т. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика. Київ: ВД «Асканія», 2009. С. 424.
2. Громов С. И. Особенности низкотемпературной переработки зернового сырья на спиртовых заводах. *Ликероводочное производство и виноделие.* 2005. № 4. С. 4–6.
3. Крикунова Л. Н., Поляков В. А., Андриенко Т. В. Современные подходы в оценке технологических свойств основного сырья спиртовой отрасли. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2006. № 10. С. 37–41.
4. Крикунова Л. Н., Рябова С. М., Журба О. С. Шелушение зерна в технологии этанола. *Производство спирта и ликероводочных изделий*. 2012. № 1. С. 14–16.
5. Рябова С. М., Шабурова Л. Н., Витол И. С. Способ повышения микробиологических характеристик сырья в спиртовом производстве. *Производство спирта и ликероводочных изделий*. 2013. № 2. С. 11–12.
6. Технологія спирту: підручник для студ. вищих навч. закл. / В. О. Маринченко та ін.; під ред. В. О. Маринченка. Вінниця: Поділля–2000, 2003. 496 с.

1.5 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЕФЕКТ ВИКОРИСТАННЯ МАЛЬТОДЕКСТРИНУ У ВИРОБНИЦТВІ БУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

Білик О. А., *канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технології хлібобулочних і кондитерських виробів*

Національний університет харчових технологій

Капрельянц Л. В., *д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри біохімії, мікробіології та фізіології харчування*

Одеська національна академія харчових технологій

Бондар В. І., *канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики та холодильної техніки*
Бурченко Л. М., *асистент кафедри технології хлібобулочних і кондитерських виробів*

Національний університет харчових технологій

Хлібобулочні вироби у харчуванні людини займають досить суттєве місце як за джерелом незамінних нутрієнтів, так і для відновлення енергетичних витрат організму. Основною вадою хлібобулочних виробів є

їх швидке черствіння, яке обумовлюється складними процесами, що відбуваються у високополімерних речовинах м'якушки хліба і призводять до погіршення її структурно-механічних властивостей. М'якушка набуває жорсткості, втрачає пружність та еластичність, знижується її здатність поглинати воду. Скоринка хліба з хрусткої стає м'якою, еластичною. Одночасно зі зміною структурно-механічних властивостей скоринки і м'якушки змінюються смак і аромат, з'являється специфічний запах черствого хліба. У процесі черствіння відбуваються зміни у мікроструктурі м'якушки хліба [1].

Процес черствіння вивчається вже більше ста років, але й на сьогодні сутність його і механізм не досить ясні. Вважається, що черствіння пов'язане зі старінням клейстеризованого крохмалю і денатурованих білків, а також зміною форм зв'язку води в черствому хлібі. Під час випікання зерна крохмалю частково клейстеризуються, зв'язують вільну воду тіста і воду, що виділяється внаслідок коагуляції білків. При цьому крохмаль частково переходить з кристалічного стану в аморфний, зерна його набухають, збільшуються в об'ємі [2].

При зберіганні хліба відбувається зворотний процес. Клейстеризований крохмаль з аморфного стану частково переходить у кристалічний. Відбувається ретроградація крохмалю. Поняття «ретроградація крохмалю» було вперше запропоноване в 1902 р. Л. Лінде як перехід крохмалю з аморфного стану в кристалічний при його старінні. Повернення крохмалю в кристалічний стан було підтверджене І. Р. Катцем (1910 – 1930 рр.) за допомогою рентгенографії [3].

Ретроградацію крохмалю в процесі черствіння можна пояснити змінами стану складових крохмалю – амілози та амілопектину, їх оборотною агрегацією. На цей час нема єдиної думки про механізм цих змін. Одним із поширених пояснень процесу черствіння є наступне. При старінні розгалужені ланцюги молекули амілопектину притягуються, утворюють асоціати. Поряд з цим відбувається також агрегація лінійних ланцюгів молекул амілози внаслідок можливого утворення між ними водневих зв'язків по гідроксильних групах. При цьому утворюються агрегати у вигляді сітчастої структури. Це обумовлює зменшення об'єму крохмальних зерен, збільшення їх твердості, внаслідок чого м'якушка хліба стає твердою і крихкою [4, 5].

Для подовження свіжості хлібобулочних виробів виробникам необхідно вносити додаткову нетрадиційну сировину, харчові добавки, комплексні хлібопекарські поліпшувачі. Однією з основних властивостей цих поліпшуючих інгредієнтів є вологоутримуюча властивість [6]. Найбільш розповсюдженою харчовою добавкою, яка використовується

у харчовій промисловості і має вологоутримуючу здатність, є мальтодестрин [7].

У зв’язку з викладеним вище актуальним є дослідження можливості використання мальтодекстрину для розроблення комплексного хлібопекарського поліпшувача, в якому основним наповнювачем буде біла фармакопейна глина. Актуальним є також дослідження впливу розробленого комплексного хлібопекарського поліпшувача на закономірності формування структурно-механічних властивостей тіста та подовження свіжості хлібобулочних виробів у разі його використання.

Мальтодекстрин являє собою багатокомпонентну суміш D-глюкози, мальтози, мальтотріози і полісахаридів. За зовнішнім виглядом це порошок білого кольору з нейтральним або трохи солодкуватим смаком. Отримують мальтодекстрин шляхом часткового гідролізу крохмалю кислотами або гідролітичними ферментами з подальшим очищенням, концентрацією і сушінням. Ступінь гідролізу крохмалю визначає вуглеводний склад, який забезпечує різноманітність функціональних властивостей мальтодекстринів, і характеризується показником DE – «декстрозний еквівалент» [8]. Декстрозний еквівалент – відносна величина, що визначає відновлювальну здатність мальтодекстрину. Використання залежить від технологічних властивостей мальтодекстринів і безпосередньо від величини DE.

Мальтодекстрин характеризується низькою солодкістю, високою в’язкістю, швидкою розчинністю, високою вологоємністю. Його додають у продукти з метою поліпшення їх консистенції, використовують для збереження і перенесення властивостей смакових та ароматизуючих добавок (як інтенсифікатор смаку). Мальтодекстрин покращує і полегшує процес розчинення білків, гальмує процес природної зміни кольору. Залежно від ступеня деполімеризації він може виступати як формоутворювач або як розпушувач [9].

Мальтодекстрин завдяки низькій гігроскопічності обумовлює більшу в’язкість тіста і робить хлібобулочні вироби вологішими. Він добре утримує вологу і зменшує швидкість ретроградації крохмалю, тим самим подовжує свіжість хлібобулочних виробів [10, 11]. Мальтодекстрин змінює пластичність тіста внаслідок збільшення утримання вологи і гальмування взаємодії клейковини та крохмалю. Тобто, ретроградація крохмалю буде відбуватися повільніше за рахунок підвищення ступеня утримання вологи, що сприяє пластифікації водою тривимірних сіток, утворених крохмалем і клейковиною [11].

Автори встановили, що мальтодекстрин у технології хлібобулочних

виробів має такі самі технологічні властивості, як і патока з низьким декстрозним еквівалентом. Декстрини патоки мають високу в'язкість, значні гідратаційні та слабкі антикристалізаційні властивості [12]. З літературного джерела [13] встановлено, що використання мальтозної патоки з низьким декстрозним еквівалентом у кількості 5 % до маси борошна покращує якість хлібобулочних виробів з пшеничного борошна та подовжує їх свіжість.

Мальтодекстрин краще зброджується дріжджами, що, в свою чергу, приводить до покращення газоутворення і збільшення об'єму хлібобулочних виробів [10]. Тому цю харчову добавку доцільно використовувати у виробництві хлібобулочних виробів для подовження їх свіжості.

Розглянемо встановлення оптимального дозування мальтодекстрину сухого в рецептурі булочних виробів та швидкість процесу черствіння.

У роботі використовували мальтодекстрин сухий з дозуванням 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 % до маси борошна. Булочні вироби виготовляли з пшеничного борошна вищого сорту за рецептурою: борошно пшеничне вищого сорту – 100 кг; дріжджі пресовані хлібопекарські – 1,5 кг; сіль кухонна харчова – 1,3 кг; цукор білий кристалічний – 2,0 кг; маргарин столовий – 2,5 кг.

Методи досліджень – органолептичні, фізико-хімічні, загальноприйняті та спеціальні, виконані з використанням сучасних приладів та інформаційних технологій.

Для досліджень біохімічних, фізико-хімічних показників змін у тісті під час технологічного процесу та якісних показників хлібобулочних виробів проводили лабораторні випікання. Тісто готували безопарним способом з масовою часткою вологи тіста 43,0 %. Замішували тісто в двошвидкісній тістомісильній машині: змішування – 4 хв, замішування – 6 хв. Відлежування тіста становило 20 хв. Формували тістові заготовки вручну. Вистоювання проводили у термостаті при температурі (35±2) ºС і відносній вологості (75±2) % до готовності. Вироби випікали в шафовій печі за температури 200…220 ºС.

Якість тіста оцінювали за фізико-хімічними та реологічними показниками після замішування та після завершення бродіння за загальноприйнятими методиками [14].

Якість виробів оцінювали за фізико-хімічними (питомий об'єм, формостійкість, структурно-механічні властивості м'якушки) та органолептичними показниками (зовнішній вигляд, стан поверхні скоринки, колір скоринки, структура пористості, запах, смак, розжовувальність).

Тривалість збереження виробами свіжості досліджували за зміною

структурно-механічних властивостей м'якушки. Визначали її загальну деформацію після 4 та 72 год зберігання на пенетрометрі АП 4/1. Ступінь черствіння виробів досліджували також за його кришкуватістю та набуханням м'якушки хліба. Чим черствіший хліб, тим менше набухає м'якушка. Ступінь черствіння виражають величиною питомого набухання в $см^3$ набухлої маси на 1 г сухої речовини досліджуваного зразка [15].

Для визначення характеристик об'єктів дослідження використовували чинну нормативну документацію. Результати експериментальних досліджень піддавалися статистичній обробці за допомогою стандартних пакетів програм Microsoft Office.

Для дослідження використовували мальтодекстрин китайського виробництва. З метою визначення технологічної ефективності застосування мальтодекстрину у виробництві хлібобулочних виробів були проведені дослідження його впливу на технологічний процес та якість булочних виробів.

Під час проведення дослідження випікали булочні вироби з внесенням мальтодекстрину в кількості 0,2, 0,4, 0,6 та 0,8 % до маси борошна. Результати досліджень наведено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Вплив мальтодекстрину сухого на показники якості тіста та готових виробів

Показники	Контроль (без добавок)	Дозування мальтодекстрину, % до маси борошна			
		0,2	0,4	0,6	0,8
Тісто					
Масова частка вологи, %	43,0				
Титрована кислотність, град					
початкова	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
кінцева	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Тривалість відлежування, хв	20				
Тривалість вистоювання, хв	50				
Питомий об'єм тіста, $см^3$	145	155	160	165	165
Розпливання кульки тіста, мм	120	123	127	132	136
Газоутворення за період відлежування та вистоювання, $см^3$/100 г	917	921	924	929	932

Закінчення таблиці 1.7

Готові вироби					
Питомий об'єм, $см^3/100$ г	282	286	290	295	295
Пористість, %	76	76	77	78	79
Кислотність, град	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Формостійкість, H/D	0,32	0,37	0,38	0,41	0,33
Стан поверхні	Гладка без тріщин та підривів				
Колір скоринки	Рівномірна, золотисто-жовта, блискуча				Рівномірна, золотиста, блискуча
Колір м'якушки	Світла				
Еластичність м'якушки	Пружна, еластична				
Структура пористості	Середня, нерівномірна, тонкостінна		Крупнопориста, нерівномірна, тонкостінна		
Смак і аромат	Властивий виробам, без стороннього присмаку				
Розжовувальність	Добра				
Комплексний показник якості	88,7	90,2	92,8	94,7	94,1

Встановлено, що мальтодекстрин у різному дозуванні не впливає на кислотність тіста та готових виробів. Виявлено, що він має позитивний вплив на процес бродіння тіста, про що свідчить більше накопичення діоксиду вуглецю як на стадії бродіння, так і під час його вистоювання.

При дослідженні якості готових виробів за рахунок підвищення газоутворення також встановлено збільшення питомого об'єму хлібобулочних виробів. Так, у зразку з 0,2 % до маси борошна питомий об'єм збільшився на 1,4 %, порівняно з контролем, у зразку з 0,4 % – на 2,76 %, у зразках з 0,6 та 0,8 % до маси борошна – на 4,41 %. Встановлено, що покращується формостійкість та пористість виробів. За комплексним показником якості оптимальним дозуванням мальтодекстрину є 0,6 % до маси борошна.

Черствіння хліба, насамперед, пов'язане з процесами зміни стану крохмалю та білка під час зберігання. Так, крохмаль з аморфного стану переходить у кристалічний, тобто відбувається ретроградація крохмалю, яка пов'язана з агрегацією молекул амілопектину та амілози.

Важливу роль у цьому процесі відіграє старіння денатурованої у процесі випікання клейковини, яка віддає вологу і, як наслідок, знижується її гідратаційна здатність, що призводить до ущільнення структури м'якушки [1].

В хлібобулочних виробах відбувається внутрішня міграція вологи, рушійною силою якої є градієнт відносної вологості між різними частинами продукту. Контраст між м'якушкою і хрусткою скоринкою – це результат процесів під час випікання, коли поверхня піддається впливу вищих температур, ніж м'якушка. В результаті створюється градієнт відносної вологи і вміст вологи між скоринкою і м'якушкою, який і обумовлює перерозподіл вологи в продукті. Це є причиною пом'якшення скоринки і черствіння м'якушки та утворення товщого підскоринкового шару. Тому доцільно було дослідити вплив мальтодекстрину на площу утворення підскоринкового шару.

Результати досліджень свідчать (рисунок 1.8), що у процесі зберігання за умови використання мальтодекстрину підскоринковий шар через 72 год зберігання менший, порівняно з підскоринковим шаром контрольного виробу.

1 2 3 4 5

а

1 2 3 4 5

б

Рисунок 1.8 – Утворення підскоринкового шару в процесі зберігання хлібобулочних виробів після 72 год зберігання:
а) після 4 год зберігання; *б*) після 72 год зберігання;
1 – контроль (без добавок); 2 – 0,2 % до маси борошна мальтодекстрину;
3 – 0,4 % до маси борошна мальтодекстрину; 4 – 0,6 % до маси борошна мальтодекстрину; 5 – 0,8 % до маси борошна мальтодекстрину

Із втратою свіжості відбуваються фізико-хімічні зміни м'якушки – зростає опір стисненню, знижується пружність. Тому тривалість збереження виробами свіжості досліджували за зміною структурно-механічних властивостей м'якушки. Визначали її загальну деформацію через 4 та 72 години зберігання на пенетрометрі АП 4/1, кришкуватість, набухання. Про ступінь черствіння робили висновок за визначенням загальної деформації м'якушки (таблиця 1.8).

Таблиця 1.8 – Зміна структурно-механічних властивостей м’якушки батону «Дорожнього»

Показники	Контроль (без добавок)	Зразки булочних виробів з сухим мальтодекстрином			
		0,2	0,4	0,6	0,8
Деформація м’якушки, од. приладу *через 4 години:*					
Загальна	87	96	94	98	97
через 72 години:					
Загальна	24	38	42	43	45
Ступінь збереження свіжості, %	27,6	39,6	44,7	43,9	46,4

Як свідчать наведені дані, внесення мальтодекстрину позитивно впливає на збереження свіжості виробами. Порівнюючи з контролем, чим більше дозування, тим краще зберігається свіжість: на 12,0…18,8 %.

Також ступінь черствіння досліджували за кришкуватістю м’якушки через 4 та 72 години. Результати досліджень кришкуватості м’якушки зображено на рисунку 1.9.

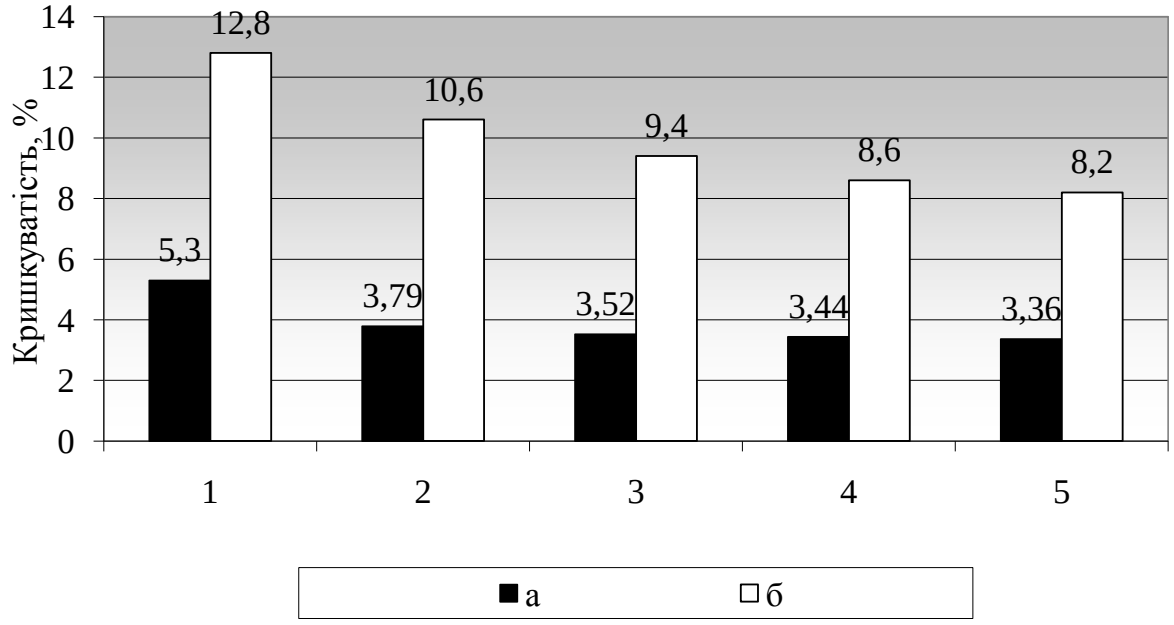


Рисунок 1.9 – Вплив мальтодекстрину на кришкуватість м’якушки, %:
а) через 4 год; *б*) через 72 год;
1 – контроль (без добавок); 2 – 0,2 % до маси борошна мальтодекстрину;
3 – 0,4 % до маси борошна мальтодекстрину; 4 – 0,6 % до маси борошна мальтодекстрину; 5 – 0,8 % до маси борошна мальтодекстрину

Під час зберігання кришкуватість виробів збільшується в усіх зразках. Аналіз результатів показав, що, порівняно з контролем, значення

кришкуватості у разі зберігання 72 год, за умови використання мальтодекстрину менше. Так, кришкуватість зменшується порівняно з контролем на 2,0…4,6. За отриманими даними можемо зробити висновок, що найбільший ступінь збереження свіжості має зразок 4.

Дослідження свіжості здійснювали за набухання м'якушки під час зберігання.

Під час зберігання хлібобулочних виробів водопоглинальна здатність м'якушки зменшується. Зменшення гідрофільності м'якушки впливає на здатність її до набухання і поглинання води, а також здатність колоїдів та інших речовин м'якушки переходити у водний розчин.

В наших дослідженнях визначали кількість води, яку поглинає м'якушка у відсотках на сухі речовини виробу (водопоглинальна здатність м'якушки). Визначення проводили через 4 та 72 год після випікання. Результати досліджень зображено на рисунку 1.10.

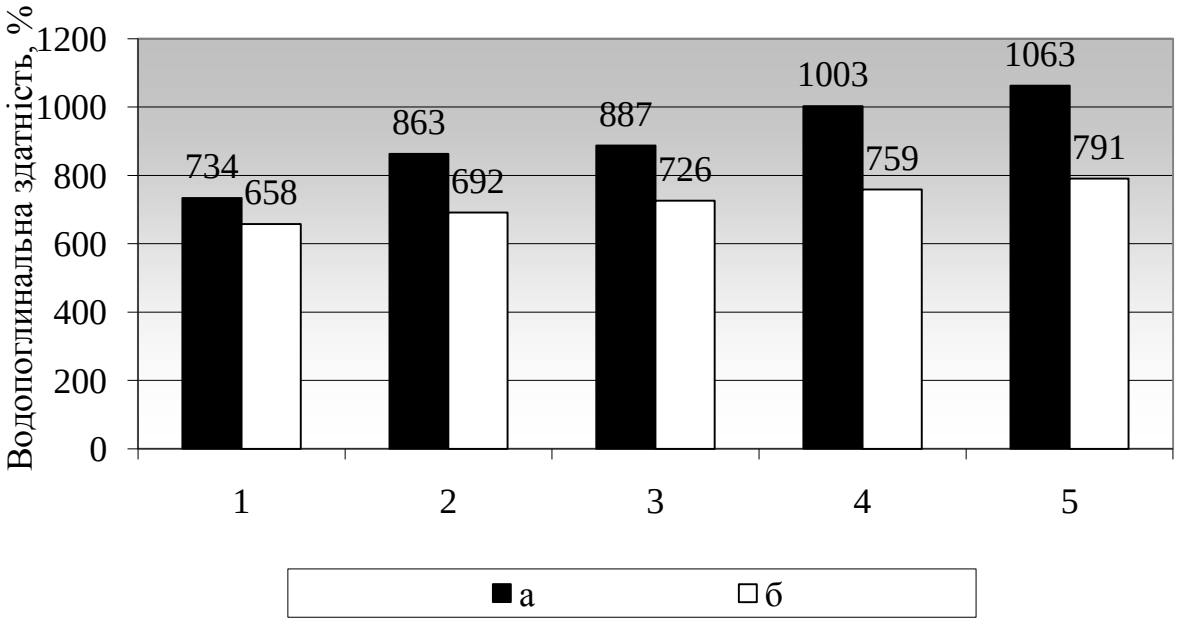


Рисунок 1.10 – Вплив мальтодекстрину на водопоглинальну здатність м'якушки, %: *а*) через 4 год; *б*) через 72 год;
1 – контроль (без добавок); 2 – 0,2 % до маси борошна мальтодекстрину; 3 – 0,4 % до маси борошна мальтодекстрину; 4 – 0,6 % до маси борошна мальтодекстрину; 5 – 0,8 % до маси борошна мальтодекстрину

У міру збільшення кришкуватості набухливість м'якушки хліба під час зберігання зменшується. Це пов'язано зі зниженням здатності колоїдних речовин поглинати воду за рахунок ущільнення структури крохмалю і білків у процесі їх старіння. Проте це зменшення є суттєвим у контрольному зразку за такого самого терміну зберігання. Зв'язування води м'якушкою виробів з мальтодекстрином також зменшується в процесі

зберігання, але це зменшення за три доби менше порівняно з контролем, що свідчить про уповільнення старіння гідроколоїдів виробів.

Отже, проведені дослідження встановили, що додавання у тісто мальтодекстрину приводить до отримання хліба не тільки більшого об'єму, але й з більш м'якою, легко стискуваною м'якушкою. Також встановлено, що м'якушка такого хліба повільніше втрачає «м'якість» при подальшому зберіганні, що є показником сповільнення черствіння. Відзначається також, що булочні вироби з додаванням фосфатидних концентратів довше зберігають хрустку та блискучу скоринку. Збільшення об'єму хлібобулочних виробів можна пояснити збільшенням газоутримуючої здатності тіста на стадії вистоювання та початкового періоду випікання.

З досліджуваних зразків для булочних виробів найкращим є зразок з 0,6 % до маси борошна, оскільки він має найбільший комплексний показник якості. Встановлено, що при дозуванні мальтодекстрину у кількості 0,8 % до маси борошна спостерігається зниження формостійкості хлібобулочних виробів і темніший колір скоринки.

Література

1. Дробот В. І. Технологія хлібопекарського виробництва. Київ: Логос, 2002. 365 с.
2. Козьмина Н. П., Ильинская Т. Н. Современные аспекты черствения хлеба. *Обзор*. Москва, 1973. 26 с.
3. Горячева А. Ф. Кузьминский А. Ф. Сохранение свежести хлеба. Москва: Лег. и пищ. пром-сть, 1983. 239 с.
4. Стабильность и срок годности. Хлебобулочные и кондитерские изделия / Д. Килкаст, П. Субраманиам (ред.-сост.); пер. с англ. под науч. ред. канд. техн. наук, доц. Ю. Г. Базарновой. Санкт-Петербург: ИД «Профессия», 2012. 444 с.
5. Kim S. K., D'Appolonia. Effect of pentosans on the retrogradation of wheat Starch Geld. *Cereal Chemistry*. 1977. 51. No. 1. P. 150–160.
6. Improvers and ingredients for prolonging the freshness of bakery products: monograph / O. Bilyk, O. Kochubei-Lytvynenko, Yu. Bondarenko, E. Khalikova. Warsaw: Publisher, 2018. 40 p.
7. Матвеева И. В., Белявская И. Г. Пищевые добавки и хлебопекарные улучшители в производстве мучних изделий. Москва: Телер, 1998. 99 с.
8. Грабовська О. В. Харчові добавки. Харчування здорової та хворої людини. Донецьк, 2013. 215 с.
9. Мальтодекстрины. Возможности использования / Р. А. Павлов и др. *Техника и технология пищевых производств:* тез. докл. VIII Междунар. науч. конф. студ. и ассист. Могилев, 2012. С. 44.

10. Полумбрик М. О. Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини. Київ: Академперіодика, 2011. 487 с.
11. Food stabilisers, thickeners and gelling agents / A. Imesin (ed.). Wiley-Blackweel: Oxford, 2010. 368 p.
12. Харчові добавки і цукристі речовини у технології хлібобулочних виробів: монографія / Дробот В. І. та ін. Київ: НУХТ, 2017. 256 с.
13. Алексеева М. М., Пашкова Е. Ю. Влияние патоки мальтозной на качество хлеба из смеси муки пшеничной хлебопекарной высшего и первого сортов. *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2014. № 4. С. 93–96.
14. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів: навч. посіб. / за ред. В. І. Дробот. Київ: НУХТ, 2015. 902 с.
15. Лебеденко Т. Є., Пшенишнюк Г. Ф., Соколова Н. Ю. Технологія хлібопекарського виробництва. Практикум: навч. посіб. Одеса: Освіта України, 2014. 392 с.

1.6 ВПЛИВ СТУПЕНЯ ПОДРІБНЕННЯ НАСІННЯ ЛЬОНУ НА ЯКІСТЬ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

Андронович Г. М., *викладач кафедри харчових технологій*

Черкаський державний технологічний університет

Бондаренко Ю. В., *канд. техн. наук, доцент кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів*

Національний університет харчових технологій

Вітчизняний ринок хлібобулочних виробів представлений досить різноманітним асортиментом, але аналіз хімічного складу цих продуктів свідчить про необхідність його коригування [1].

Одним із пріоритетних напрямів розширення асортименту хлібобулочних виробів з метою надання їм функціональних властивостей є удосконалення рецептур традиційних виробів включенням до їх складу нетрадиційних видів сировини [2].

Використання продуктів рослинного походження у виробництві хлібобулочних виробів є актуальним напрямом, якому присвячені роботи таких вітчизняних і зарубіжних вчених, як: В. І. Дробот, А. М. Дорохович, Л. І. Карнаушенко, Г. М. Лисюк, О. В. Цигульова, J. Harrison, B. Kargacin та ін.

При розробленні хлібобулочних виробів, збагачених фізіологічно-активними речовинами нетрадиційних видів сировини, популярністю

користуються олійні культури, зокрема насіння льону та продукти його переробки [3–5].

Зацікавленість науковців насінням льону як сировиною для збагачення хлібобулочних виробів зумовлена вмістом у ньому фізіологічно активних компонентів: білка, жиру, багатого на α-ліноленову кислоту, розчинних і нерозчинних харчових волокон і лігнанів [6]. Саме вони роблять значний позитивний вплив на організм людини. Так, наприклад, вченими [7] було встановлено, що щоденне споживання пацієнтами з підвищеним артеріальним тиском 30 г цілого насіння льону у складі хлібобулочного виробу сприяло зниженню артеріального тиску. В США та Канаді на рівні міністерств охорони здоров'я сформовано рекомендації щодо обов'язкового щоденного вживання насіння льону з їжею [8].

Унікальний хімічний склад обумовлює широке використання насіння льону та продуктів його переробки у розробленні нових рецептур хлібобулочних виробів, що мають оздоровчі властивості. Так, науковцями було досліджено можливість використання у виготовленні хліба лляних оболонок [9], шроту насіння льону [10], сирого та смаженого насіння льону [11], лляного борошна [12].

В НУХТ було встановлено, що для максимального збагачення хліба функціональними інгредієнтами насіння льону білого у подрібненому стані його можна вносити в кількості до 20 % до маси борошна [13].

Розгляннемо встановлення впливу ступеня подрібнення насіння льону на якість тіста та готових виробів.

Для проведення дослідження у роботі використовували насіння льону золотого торгової марки ТОВ «Біорозторопша» (Україна). Насіння льону золотого було внесено в реєстр сортів рослин України у 2005 р. Характерною його ознакою є жовтий колір насіння, в насінні міститься 49,0–51,0 % олії з високим вмістом ліноленової кислоти (понад 70 %).

Для борошна важливим показником його якості, що впливає на формування якості готових виробів, є крупність. Тому дослідили вплив різного ступеня подрібнення насіння льону на якість пшеничного хліба. Насіння льону подрібнювали на лабораторному млині та просіювали через дротяні сита. У роботі використовували подрібнене насіння льону (ПНЛ), що пройшло через дротяне сито з розміром чарунок 1,0 мм, 0,8 мм та 0,67 мм. Для легшого сприйняття назвемо умовно ці зразки подрібненого насіння льону за крупністю – крупне, середнє та дрібне.

Для отриманих зразків подрібненого насіння льону було визначено показник водопоглинальної здатності. Встановлено (таблиця 1.9), що подрібнене насіння льону має вищу водопоглинальну здатність, ніж пшеничне борошно через вміст харчових волокон і слизів. Причому зі зменшенням розміру частинок водопоглинальна здатність подрібненого

насіння льону підвищується внаслідок збільшення площі частинок і активнішої взаємодії з водою. Цей фактор враховували під час розрахунку кількості води, потрібної для замісу тіста.

Таблиця 1.9 – Водопоглинальна здатність, %

Вид сировини	ВПЗ, %
Борошно пшеничне в/с	193,0
Подрібнене насіння льону – крупне	218,3
Подрібнене насіння льону – середнє	227,6
Подрібнене насіння льону – дрібне	235,9

Для встановлення впливу крупності подрібненого насіння льону на якість хліба проводили пробне лабораторне випікання за його дозування 20 % до маси борошна. Контрольним був зразок тіста без додання подрібненого насіння льону.

Тісто готували безопарним способом. Замішували тісто в двошвидкісній тістомісильній машині Escher (Італія). Оброблення тіста здійснювали вручну, вистоювання тістових заготовок проводили у термостаті за температури (38 ± 2) ºС і відносної вологості (78 ± 2) % до готовності. Вироби випікали у шафовій печі Sveba-Dahlen за температури 220…240 ºС.

Встановлено (таблиця 1.10), що використання подрібненого насіння льону різної крупності незначно знижує питомий об’єм готових виробів, однак відзначено, що у разі використання зразка, дрібного за крупністю, вироби мали м’якушку, що втрачала пружність і була нееластичною.

Таблиця 1.10 – Показники технологічного процесу та якості виробів

Показник	Контроль	Внесено подрібненого насіння льону, 20 % до маси борошна за крупністю		
		крупного	середнього	дрібного
Тісто				
Масова частка вологи, %	42,3	42,5	42,8	42,9
Тривалість бродіння, хв	120			
Тривалість вистоювання, хв	54	52	52	50
Хліб				
Питомий об’єм, $см^3/г$	2,51	2,48	2,47	2,45
Кислотність, град	2,0	2,1	2,1	2,2
Формостійкість H/D	0,54	0,53	0,52	0,51
Стан поверхні	Гладка без тріщин і підривів			
Колір скоринки	Золотистий			
Колір м’якушки	Світлий	Світло-жовтий		
Еластичність м’якушки	Пружна, еластична		Менш еластична	Нееластична

Таким чином, для збагачення пшеничного хліба фізіологічно-функціональними інгредієнтами подрібненим насінням льону білого його доцільно подрібнювати до крупної або середньої крупності.

Серед процесів, що відбуваються під час дозрівання тіста, головна роль належить процесам спиртового та молочнокислого бродіння. Процеси бродіння супроводжуються утворенням спирту, діоксиду вуглецю, летких органічних кислот, що забезпечує розпушення тіста.

Інтенсивність бродіння тіста визначали за кількістю діоксиду вуглецю, що виділяється під час бродіння тіста і вистоювання тістових заготовок.

Встановлено (рисунок 1.11), що порівняно з контрольним зразком у разі внесення подрібненого насіння льону спостерігається зменшення виділення діоксиду вуглецю на 5, 7 та 11 % відповідно для зразків додаванням льону крупного, середнього та дрібного помелу.

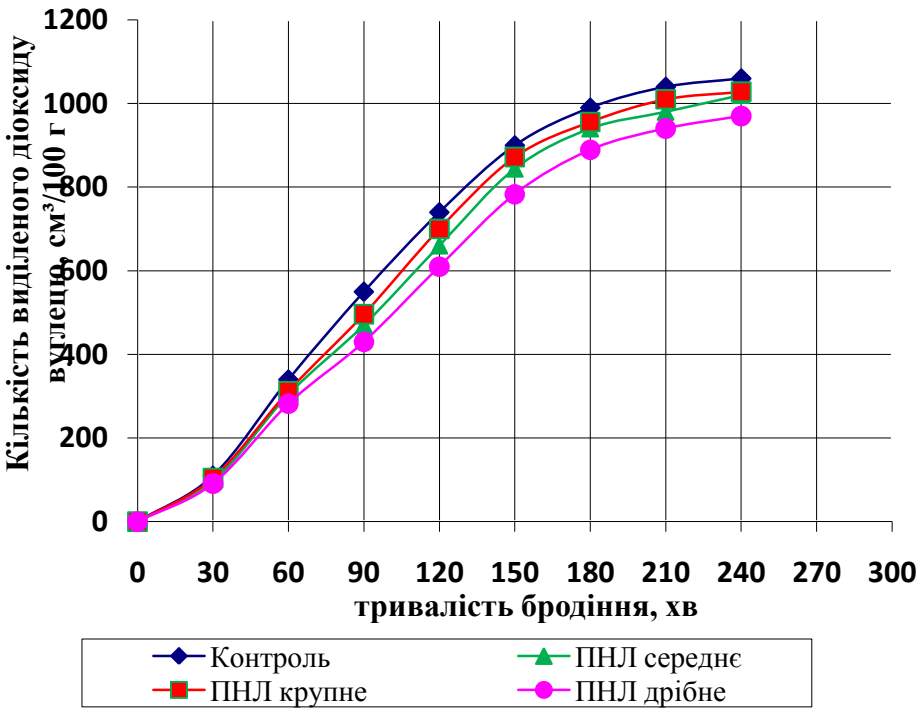


Рисунок 1.11 – Загальне газоутворення у тісті: контрольний зразок без льону, зразки з 20 % насіння льону дрібного, середнього та крупного помелу

Аналіз динаміки газоутворення показав (рисунок 1.12), що у разі додавання льону крупного та середнього помелу спостерігаємо характер виділення діоксиду вуглецю, як і в контрольному зразку, однак у момент досягнення першого піку у цих зразках спостерігається більш інтенсивне виділення діоксиду вуглецю, ніж у контролі. Напевне, це пов’язано зі збагаченням рідкої фази тіста водорозчинними білковими речовинами, вітамінами, мінеральними речовинами, які вносяться з подрібненим льоном і сприяють інтенсифікації бродіння дріжджів.

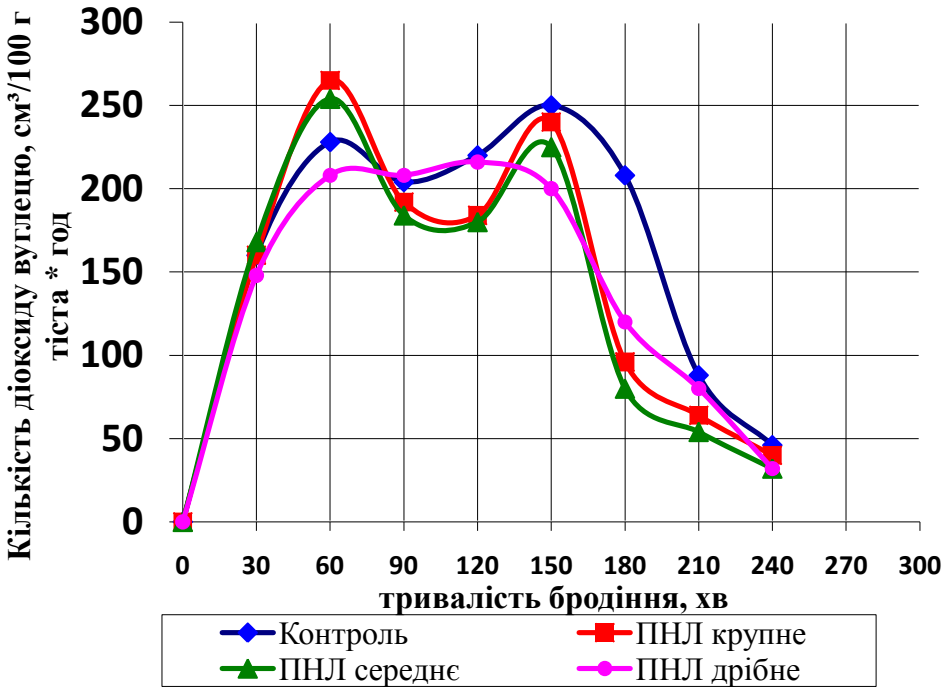


Рисунок 1.12 – Динаміка газоутворення у тісті: контрольний зразок без льону, зразки з 20 % подрібненого насіння льону дрібного, середнього та крупного помелу

Однак у подальшому під час перебудови дріжджів на зброджування мальтози та під час досягнення другого піку в цих зразках спостерігається нижча інтенсивність виділення діоксиду вуглецю, що, напевне, зумовлено зниженням активності дріжджів через огортання їх олією, яка потрапляє у середовище разом із льоном, та слизями, які утворюються внаслідок набухання розчинних харчових волокон льону. Зі збільшеням ступеня подрібнення насіння льону, ймовірно, в середовище потрапляє більше цих речовин, що зумовлює більше зниження інтенсивності бродіння у зразку з льоном середнього помелу, ніж у зразку з льоном крупного помелу.

У зразку з подрібненим насінням льону дрібного помелу характер динаміки виділення діоксиду вуглецю відрізняється, він є одностадійним, при цьому інтенсивність виділення діоксиду вуглецю значно нижча, ніж у контрольному зразку та дослідних з льоном крупного та середнього подрібнення.

Напевне, у разі внесення льону дрібного помелу через більше пошкодження клітин насіння більша кількість поживних речовин переходить у рідку фазу тіста, що дає змогу дріжджам не перебудовуватися на зброджування мальтози. Однак додавання льону дрібного помелу не сприяє інтенсифікації бродіння за рахунок того, що при такому помелі пошкоджується більша кількість клітин і вивільняється більше олії, яка

огортає дріжджові клітини, знижуючи їх бродильну активність.

Для підтвердження отриманих даних дослідили вплив подрібненого насіння льону на зимазну та мальтазну активність дріжджів, які визначали за методикою визначення підіймальної сили дріжджів, де перший підйом відповідав зимазній активності, а другий та третій – мальтазній.

Отримані результати (таблиця 1.11) доводять, що у разі зниження крупності подрібненого насіння льону спостерігається зниження підіймальної сили дріжджів через зниження мальтазної активності дріжджів.

Таблиця 1.11 – Вплив подрібненого насіння льону на підіймальну силу дріжджів

Зразок	Перший підйом, хв	Другий підйом, хв	Третій підйом, хв
Контроль	50	33	25
Тісто з подрібненим насінням льону – крупним	50	34	27
Тісто з подрібненим насінням льону – середнім	50	36	29
Тісто з подрібненим насінням льону – дрібним	57	40	34

В’язкість тіста можна характеризувати здатністю його до розпливання, оскільки розпливання зумовлюється зміщенням шарів тіста внаслідок внутрішнього тертя системи під дією деформації, що накопичується в тісті під час бродіння.

Дослідили вплив подрібненого насіння льону різної крупності на розпливання кульки тіста та встановили (рисунок 1.13), що додавання подрібненого насіння льону збільшує розпливання кульки тіста, порівняно з контролем, через 60 хв бродіння тим більше, чим менша його крупність.

Напевне, це зумовлено впливом олії, яка з подрібненого насіння льону потрапляє у тістову систему та пластифікує її. Однак, починачи зі 120-ї хвилини, незалежно від ступеня помелу, розпливання всіх дослідних зразків було практично однаковим; ймовірно, в цьому випадку відіграють певну роль слизі насіння льону, які, набухаючи, загущують тістову систему.

Газоутримувальну здатність тіста з додаванням подрібненого насіння льону досліджувати за зміною питомого об’єму тіста (рисунок 1.14).

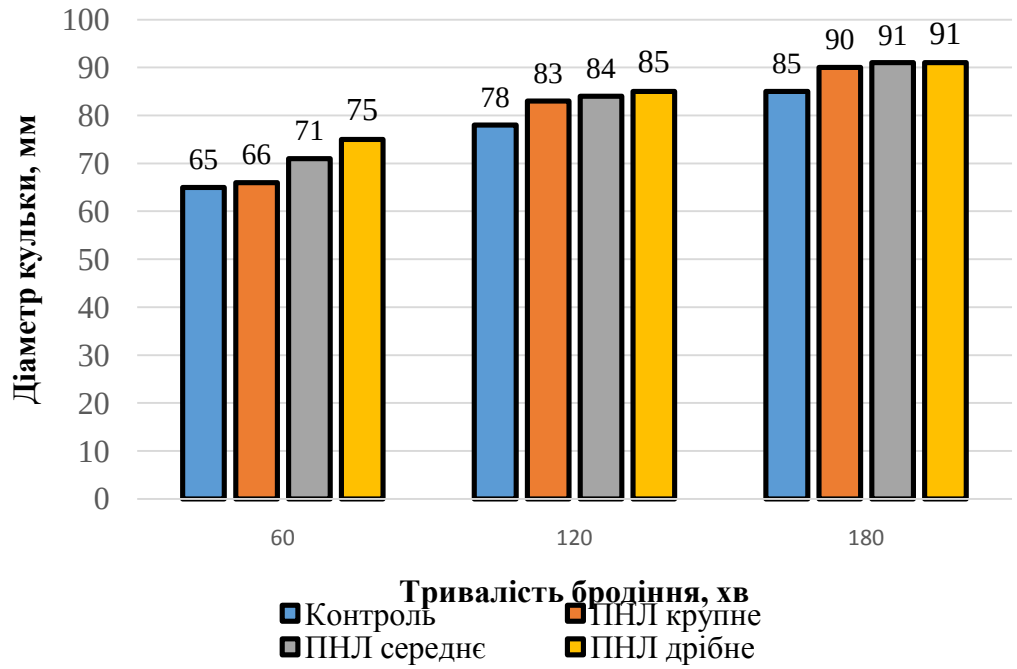


Рисунок 1.13 – Розпливання кульки тіста

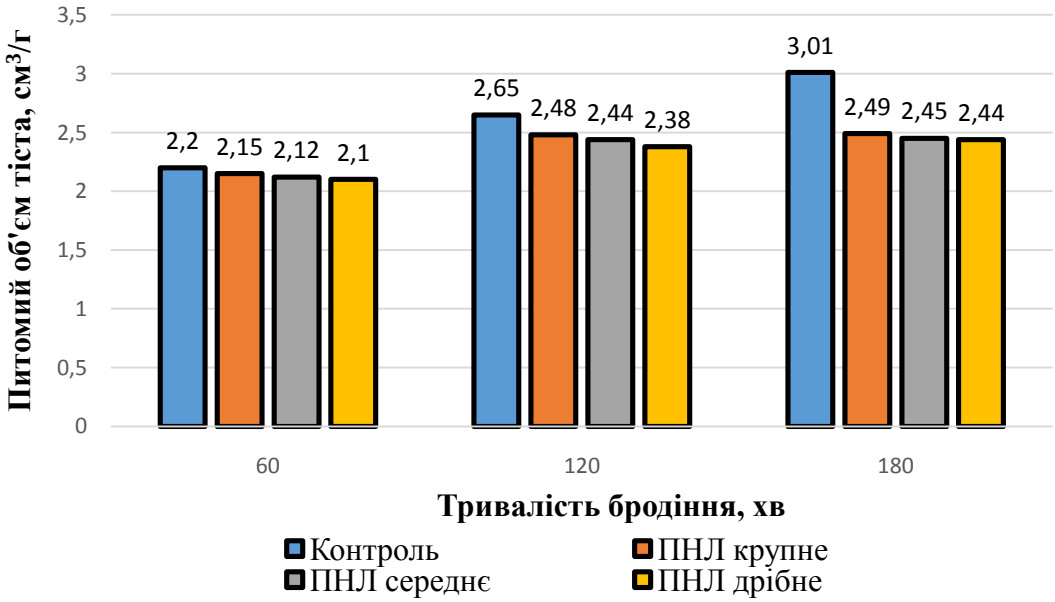


Рисунок 1.14 – Питомий об’єм тіста

Аналіз результатів свідчить про зниження газоутримувальної здатності тіста з додаванням подрібненого насіння льону. При цьому відзначено, що через 60 хв бродіння, порівняно з контролем, питомий об’єм дослідних зразків знижується несуттєво, але через 120 та 180 хв ця різниця зростає, особливо на 180-й хвилині бродіння.

Поряд із цим, між зразками з різною крупністю подрібненого льону відчутної різниці не спостерігається. Зниження газоутримувальної

здатності зразків із льоном, напевно, пов’язано з порушенням цілісності клейковинного каркасу через включення часточок льону та вплив олії і слизів льону.

Встановлено, що для збагачення пшеничного хліба фізіологічно-функціональними інгредієнтами – подрібненим насінням льону золотого – його доцільно подрібнювати до крупності частинок, які проходять через сита з розміром чарунок 1,0 або 0,8 мм. Збільшення ступеня подрібнення насіння льону зумовлює погіршення структурно-механічних властивостей м’якушки готових виробів.

Встановлено, що тривалість бродіння зразків тіста з використанням подрібненого насіння льону має ставновити 120 хв, що дасть можливість забезпечити максимальне виділення діоксиду вуглецю на етапі вистоювання тістових заготовок, при цьому буде забезпечуватися достатня газоутримувальна здатність тіста та менше його розпливання. Ці рекомендації дозволять отримати вироби з подрібненим насінням льону хорошої якості.

Література

1. Пшенишнюк Г. Ф., Макарова О. В., Иванова А. С. Технология хлеба на основе целого зерна пшеницы. *Харчова наука і технологія.* 2009. № 1. С. 75–79.

2. Макарова О. В., Пшенишнюк Г. Ф., Иванова А. С. Пищевая ценность хлебных изделий на основе зерновых смесей. *Наукові праці ОНАХТ*. 2014. № 46, т. 1. С. 133–137.

3. Васильева Ю. В., Борисова А. Е., Шлеленко Л. А. Использование муки из семян подсолнечника в производстве хлебобулочных изделий геродиетического назначения. *Хлебопечение России.* 2010. № 6. С. 29–32.

4. Studying the effect of sesame flour on the technological properties of dough and bread quality / O. Bilyk, Yu. Bondarenko, A. Hryshchenko et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. No. 3/11 (93). P. 6–16.

5. Шалтумаев Т. Ш., Могильный М. П., Сигарева М. А. Использование продуктов переработки семян льна для производства изделий повышенной пищевой ценности. *Известия вузов. Пищевая технология*. 2015. № 5–6. С. 42–45.

6. Ganorkar P. M., Jain R. K. Flaxseed – a nutritional punch. *International Food Research Journal*. 2013. No. 20 (2). P. 519–525.

7. Potent antihypertensive action of dietary flaxseed in hypertensive patients / D. Rodriguez-Leyva, W. Weighell, A. L. Edel et al. *Hypertension* 2013. No. 62. P. 1081–1089.

8. Дремучев Г. Ф., Поландова Р. Д., Бессонова Н. Г. Технология получения хлеба с добавкой льняного семени. *Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования:* доклад первого междунар. симпозиума. Пущино, 2005. С. 634–644.

9. Antioxidant, nutritional and functional characteristics of wheat bread enriched with ground flaxseed hulls / Łukasz Sęczyk, Michał Świeca, Dariusz Dziki, Andrzej Anders, Urszula Gawlik-Dziki. *Food Chemistry.* 1 January 2017. Vol. 214. P. 32–38.

10. Дробот В. І., Іжевська О. П., Бондаренко Ю. В. Шрот насіння льону в технології хлібобулочних виробів. *Харчова наука і технологія.* 2016. Т. 10, № 3. С. 76–81.

11. Marpalle Pandurang, Sonawane Sachin K., SubhashArya Shalini. Effect of flaxseed flour addition on physicochemical and sensory properties of functional bread. *LWT – Food Science and Technology.* October 2014. Vol. 58. Iss. 2. P. 614–619.

12. Pourabedin M., Aarabi A., Rahbaran S. Effect of flaxseed flour on rheological properties, staling and total phenol of Iranian toast. *Journal of Cereal Science.* July 2017. Vol. 76. P. 173–178.

13. Використання подрібненого насіння білого льону у виробництві хлібобулочних виробів / Андронович Г. М. та ін. *Харчова промисловість*. 2018. № 24. С. 32–39.

1.7 РІЗНІ ВИДИ КРОХМАЛЮ В ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗБІЛКОВОГО ТА БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛІБА

Грищенко А. М., *канд. техн. наук, доцент кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів*

Національний університет харчових технологій

Безглютенові продукти призначені для хворих на целіакію, генетично обумовлене захворювання, що проявляється алергічними реакціями на проламіни, які входять до складу білків злакових культур. Подразнюючу дію на тонкий кишечник людини викликають гліадин пшениці, секалін і гордеїн жита і вівса. Серед зернових культур небезпечні також жито, спельта, ячмінь, тритикале, камут.

Важливим показником якості є контроль вмісту глютену в сировині та готовій продукції. Відповідно до стандарту Codex Alimentarius до продуктів з низьким вмістом глютену можуть бути віднесені лише ті, в яких кількість глютену не перевищує 20 мг/кг сухих речовин продукту. Відомо, що білок клейковини складається з гліадину і глютенину, які в

пропорційній кількості входять до її складу. Оскільки токсичну дію на організм людини проявляє гліадин, в продукті фактично контролюється вміст саме цього білка.

Небезпечними вважаються генетично модифіковані рослини, які містять гени пшениці. Рішення проблеми харчування хворих полягає у виготовленні дієтичної продукції з безглютенової сировини або з сировини, що пройшла спеціальну обробку. На упаковку дієтичних безглютенових продуктів наносять спеціальне маркування – перекреслений колосок. Безбілковий дієтичний хліб, призначений для хворих на фенілкетонурію, виготовляють з крохмалю. Вміст білка в такому хлібі згідно з нормативною документацією не перевищує 2,2 г/100 г продукту. На відміну без безбілкового хліба, безглютеновий може містити значну кількість безглютенових видів борошна, проте основною сировиною в більшості випадків залишається крохмаль.

Хлібобулочні та кондитерські вироби іноземного виробництва містять у своєму складі різні види сировини (таблиця 1.12), зокрема різні види крохмалю: тапіоковий, кукурудзяний та картопляний, пшеничний, інколи рисовий.

Таблиця 1.12 – Сировина, що використовується в технології безглютенових хлібобулочних виробів

Сировина	Різновиди сировини
Крохмаль	пшеничний, картопляний, кукурудзяний, тапіоковий, рисовий
Борошно	рисове, кукурудзяне, гречане, амарантове, соєве, соргове
Добавки-структуроутворювачі	камедь гуара, камедь ксантану, камедь рожкового дерева, модифікований крохмаль, гідроксипропілметилцелюлоза
Жири	масло вершкове, олія соняшникова, ріпакова олія, маргарин
Розпушувачі	дріжджі хлібопекарські, сода харчова, глюконо-дельта-лактон
Додаткова сировина	цукор, глюкозний сироп, сіль, яєчні продукти, молоко сухе, емульгатори, насіння льону, насіння маку, насіння кунжуту, харчові волокна

За результатами досліджень науковців, хліб, виготовлений лише з одного безглютенового борошна, часто має погано розпушену м’якушку, малий об’єм. Особливо такий результат спостерігається для безглютенового хліба з гречаного борошна. Тому в усіх рецептурах використовують крохмаль, що забезпечує утворення кращої структури пористості, кращого об’єму виробів.

Зважаючи на відсутність у складі безглютенової сировини клейковини, виникає необхідність використання різних добавок структуроутворюючої дії.

Одним із важливих завдань є подовження свіжості безбілкового хліба. Забезпечити це можна шляхом використання нових видів сировини або застосування технологічних прийомів. При цьому слід враховувати вміст білка в сировині і його максимально можливу кількість, яку може бути внесено в рецептуру, враховуючи вимоги до вмісту білка в готовому виробі. Тому перевагу слід надавати сировині з низьким вмістом білка. Попередніми дослідженнями встановлено доцільність використання суміші картопляного і кукурудзяного крохмалю в технології безбілкового хліба.

Розглянемо дослідження впливу тапіокового крохмалю на якість безглютенового та безбілкового хліба.

В роботі досліджували безбілковий хліб з кукурудзяного, картопляного і тапіокового крохмалю. З метою встановлення показників якості безбілкового хліба з різних видів крохмалю проводили пробні лабораторні випікання та оцінювали якість готових виробів згідно з загальноприйнятими методиками. Тісто готували вологістю 51 %. Для забезпечення необхідних структурно-механічних властивостей безбілкового тіста використовували гуарову і ксантанову камедь (у співвідношенні 70:30), для розпушення тістових заготовок використовували дріжджі хлібопекарські пресовані.

Встановлено, що хліб з різних видів крохмалю значно різниться за об’ємом, забарвленням скоринки і станом м’якушки. Хліб, виготовлений з крохмалю, характеризується низькими органолептичними показниками якості: скоринка такого хліба бліда, смак і запах слабко виражені. Причиною цього є низький вміст білка в сировині, через що в процесі випікання практично не утворюються меланоїдини. Колір скоринки в хлібі з кукурудзяного крохмалю має жовтий відтінок, оскільки в цьому крохмалі міститься невелика кількість білків і пігментів, які адсорбувалися на поверхні крохмальних зерен під час його виробництва.

Найбільший об’єм (рисунок 1.15) був у хліба з картопляного крохмалю, найменший – з тапіокового. Структура пористості м’якушки в хлібі з картопляного крохмалю рівномірна, середня за розмірами пор, у кукурудзяному – дрібна, рівномірна. У хлібі з тапіокового крохмалю м’якушка погано розпушена, липка і волога на дотик, що обумовлено меншим, порівняно з картопляним і кукурудзяним крохмалем, розміром крохмальних зерен і низькою температурою клейстеризації тапіокового крохмалю.

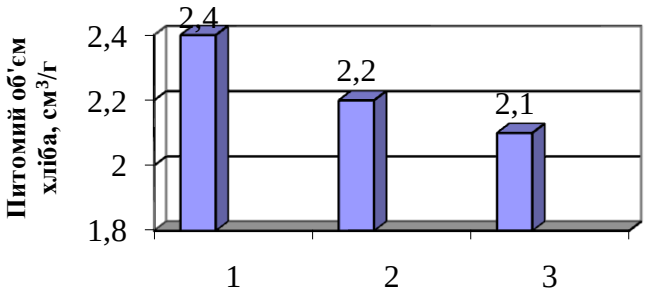


Рисунок 1.15 – Питомий об’єм безбілкового хліба, $см^3/г$, з крохмалю:
1) кукурудзяного, 2) картопляного, 3) тапіокового

Таким чином, тапіоковий крохмаль не може бути використаний в рецептурі у великій кількості. Зважаючи на рецептурний склад сумішей та виробів закордонного виробництва, постала задача з’ясувати оптимальне дозування такого крохмалю в рецептурі та його вплив на якість виробів. Дослідження проводили, використовуючи суміш картопляного та кукурудзяного крохмалю (20:80), в якій частину кукурудзяного крохмалю замінювали тапіоковим (таблиця 1.13).

Таблиця 1.13 – Показники технологічного процесу і якість хліба з різних видів крохмалю

Показник	Крохмаль	
	кукурудзяний: картопляний (80:20)	кукурудзяний: картопляний: тапіоковий (75:20:5)
Тісто		
Масова частка вологи, %	51,0%	51,1%
Кислотність, початкова, град.	1,0	1,0
Тривалість вистоювання, хв.	59	60
Хліб		
Питомий об’єм, $см^3/г$	2,3	2,2
Деформація м’якушки хліба, од. пенетрометра через: 3 год. 24 год.	 70 22	 73 28
Збереження свіжості, %, через 24 год.	31,4	38,4
Кислотність, град.	0,8	0,8
Стан поверхні	Гладка, без тріщин	
Колір м’якушки	Білий з кремовим відтінком	
Структура пористості	Дрібна тонкостінна	Середня, тонкостінна

Провели лабораторні випікання хліба з суміші кукурудзяного і картопляного крохмалю з додаванням тапіокового крохмалю в кількості

5–30 % замість маси кукурудзяного. Тісто готували безопарним способом без бродіння з використанням дріжджів хлібопекарських пресованих для розпушення тістових заготовок. Результати досліджень, за оптимального дозування тапіокового крохмалю, наведено в таблиці 1.13.

Встановили, що тапіоковий крохмаль не впливає на параметри технологічного процесу: кислотність, вологість тіста і тривалість вистоювання тістових заготовок не змінюються. Встановлено, що при додаванні тапіокового крохмалю в кількості 5–10 % від загальної маси крохмалю безбілковий хліб має кращі органолептичні показники, а саме: кращу еластичність м'якушки і меншу кришкуватість. Такий ефект досягається завдяки більш глибокій клейстеризації тапіокового крохмалю під час випікання, можливо, завдяки утворенню декстринів. Очевидно, декстрини утримують вологу, а надмірна їх кількість (за збільшеного дозування тапіокового крохмалю) спричиняє утворення липкої м'якушки.

Внаслідок глибокої клейстеризації тапіокового крохмалю спостерігається стримування процесу черствіння, про що свідчать дослідження структурно-механічних властивостей м'якушки в процесі зберігання. Об'єм готових виробів при цьому зменшується незначно. Як показали дослідження, найкраща якість виробів спостерігається за дозування тапіокового крохмалю в кількості 5 %.

Таким чином, встановлено доцільність використання в технології безбілкового хліба тапіокового крохмалю в кількості 5 % замість маси картопляного або кукурудзяного, що сприяє поліпшенню органолептичних показників якості виробів і затримуванню процесів черствіння. Така суміш може бути використана для виробництва безглютенового хліба з додаванням різних видів безглютенового борошна.

Література

1. Codex Standard for Gluten-Free Foods. URL: http://www.codexalimentarius.net

2. Report of the 25th session of the Codex committee on nutrition and foods for special dietary uses. URL: ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting

3. Sancher H. D., Oletta C. A., Torre A. M. Optimization of gluten-free bread prepared from cornstarch, rise flour and cassava starch. *Food Science.* 2002. Vol. 67. No. 1. P. 416–419.

4. Грищенко А. М., Фоменко В. В., Дробот В. І. Дослідження кристалічної структури крохмалю в безбілковому хлібі. *Новітні технології оздоровчих продуктів харчування XXI століття*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., (21 жовт. 2010 р.). Харків: ХДУХТ, 2010. С. 249–250.

5. Дробот В. І., Грищенко А. М. Розробка нових видів безбілкових хлібобулочних. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій.* 2010. Т. 1. Вип. 38. С. 164–167.

6. Катасси К. 20 вопросов и ответов о целиакии Dr. Schär. Київ: Солвей, 2009. 54 с.

7. Михоник Л. А., Грищенко А. М., Дробот В. І. Использование муки крупяных культур в производстве безглютенового хлеба. *Хлебопёк*. 2013. № 1. С. 52–53.

8. Шнейдер Д., Казеннова Н. Безбелковые и безглютеновые смеси для выпечки. *Хлебопродукты*. 2009. № 2. С. 38–39.

1.8 ПЛОДОВО-ЯГІДНІ БЕЗАЛКОГОЛЬНІ НАПОЇ ПІДВИЩЕНОЇ БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ

Бондарчук З. В., *канд. техн. наук, доцент кафедри харчових технологій,*
Куриленко Ю. М., *викладач кафедри харчових технологій*

Черкаський державний технологічний університет

Стійка тенденція до зростання виробництва і споживання напоїв на натуральній основі відзначається в усьому світі і в Україні зокрема. Основною сировиною для створення такої продукції є плоди, ягоди, овочі, чай, пряно-ароматична рослинна сировина. Використання того чи іншого виду сировини дає можливість створювати функціональні напої цільового призначення – тонізуючі, релаксуючі, заспокійливі, профілактичні, загальнозміцнюючі, підвищеної біологічної цінності, спецпризначення тощо [1].

Напої як важлива складова загальної схеми харчування визнані найперспективнішою харчовою системою для збагачення організму людини такими мікронутрієнтами, як вітаміни, мінеральні речовини, антиоксиданти, органічні кислоти та інші біологічно активні речовини (БАР), нестача яких призводить до порушення імунного статусу, зниження резистентності до інфекцій та підвищення ризику виникнення захворювань для населення нинішньої цивілізації.

Перспективи формування вітчизняного ринку напоїв, які відповідають вимогам підвищеної користі для здоров’я населення, залежать від рівня ефективності використання природних джерел біологічно активних речовин, розробки нових композицій інгредієнтів, технологічного вдосконалення виробництва, підвищення споживчих якостей за рахунок поліпшення смаку.

Питання вибору природних рослинних джерел біологічно активних речовин, максимального збереження їх при переробці, обґрунтування найбільш перспективних технологій концентрованих напівфабрикатів для напоїв, забезпечення високих показників якості одержаної продукції при зберіганні займають ключові позиції в розробці нових технологій. Створення напоїв з підвищеною біологічною цінністю за рахунок харчових рослинних біокомплексів з антиоксидантними й адаптогенними властивостями є актуальним завданням.

У результаті вивчення літературних джерел встановлено, що яблуко, малина та шавлія лікарська є найбільш перспективними об'єктами для створення безалкогольного напою з метою підвищення біологічної цінності готового напою. Вибір яблучного соку як основи нового напою обумовлений його доступністю та невисокою вартістю. Малина – цінне джерело біологічно активних речовин. В її складі містяться такі речовини, як фолієва і саліцилова кислоти, мідь, вітаміни А, B_2, С, Е, РР. Саліцилова кислота, виділена з ягід малини, засвоюється організмом легше, ніж синтезована. Використання пряно-ароматичної сировини (шавлії лікарської) дає змогу створити синергічний ефект, який забезпечує повніше сприйняття аромату напоїв, крім того, екстракти з листя шавлії лікарської виявляють антимікробну дію.

Орієнтуючись на літературні джерела та багатий вміст цінних компонентів, було досліджено плоди малини на предмет використання у безалкогольних напоях. Малина європейська, або малина звичайна (*Rubusidaeus*) – кущ родини розових (*Rosaceae*) 1…2 м заввишки з річними вегетуючими пагонами і здерев'янілими дворічними стеблами, які утворюють квітконосні гони. У малині містяться пектини, які допомагають виводити з організму через кишечник різні шкідливі речовини, у тому числі холестерин, і радіоактивні елементи, тому малину рекомендують людям, що працюють на заводах. Кумарини, що містяться у малині, покращують згортання крові та знижують рівень протромбіну. Антоціани зміцнюють капіляри і зменшують схильність до склерозу. Фітостерини зменшують вірогідність розвитку атеросклерозу. Міститься в складі малини і калій, який сприяє поліпшенню стану людей з хворим серцем, так само калій має сечогінну дію. У малині є йод, який стимулює лікування бронхітів, викликаючи відхаркування.

Малина містить багато міді, а мідь входить до складу багатьох антидепресантів, тому малину потрібно їсти тим людям, у яких робота пов'язана з великим нервовим напруженням. За рахунок того, що малина містить вітаміни А, Е, РР і С, підвищується тонус і покращується самопочуття людини [2].

Шавлія лікарська (*Salvia L.*) – найчисленніший рід рослин родини губоцвітих – містить ефірну олію (до 2,5 %), до складу якої входять цинеол, пінен, туйон, борнеол, а також інші терпенові сполуки, фенольні речовини – флавоноїди (похідні лютеоліна та апігеніна), дубильні речовини, похідні гідроксикоричних кислот (розмаринова, кофейна, хлорогенова), цукри і полісахариди, вітаміни групи В і РР, тритерпенові сапоніни – похідні урсолової та олеанової кислот. Екстракти шавлії містять похідні гідроксикоричної кислоти, кумарини, флавоноїди, поліфенольні сполуки, хлорофіли та терпеноїди. Екстракт з листя шавлії лікарської виявляє антимікробну активність відносно грампозитивних та грамнегативних бактерій і грибів.

Особливість екстрактів із лікарських рослин полягає в тому, що їх біологічно-активні речовини знаходяться у певному співвідношенні, що сприяє оптимальному впливу на організм людини. Деякі складові компоненти рослинних екстрактів за хімічною структурою подібні до фізіологічно активних речовин організму (гормонів, вітамінів, ферментів тощо). Тому такі природні ліки більш активно включаються в біохімічні процеси людського організму разом із соками [3].

Екстрагування рослинного матеріалу, що має клітинну структуру, є складним фізико-хімічним процесом, на перебіг якого впливає ряд чинників, таких як: природа екстрагенту, ступінь подрібнення рослинного матеріалу, температура і тривалість процесу, різниця концентрацій речовин у системі та гідродинамічні умови, анатомічна будова рослинного матеріалу, співвідношення сировина–екстрагент.

Для вилучення з шавлії лікарської біологічно активних речовин проводили екстрагування рослинної сировини мацерацією (настоюванням). Для проведення досліджень висушену сировину подрібнювали в ступці, бо при цьому збільшується поверхня частинок сировини і контакту твердої та рідкої фаз при екстрагуванні і спостерігається ефективніший перехід екстрактивних речовин у розчин. Як екстрагент використовували воду, яка безпечна та доступна, дає змогу переходити в розчин таким смакоароматичним сполукам, як полісахариди, пігменти, циклічні спирти, органічні кислоти, а також антиоксидантам – біофлавоноїдам, дубильним речовинам, мікроелементам, вітамінам [4].

На швидкість переходу екстрактивних речовин в екстракт впливає температура екстрагенту. Для лікарських цілей при застосуванні очищеної води для екстрактів застосовують кімнатну температуру і тривале настоювання в рідкій фазі. При низькій температурі суттєво знижується вихід БАР із сировини і збільшується тривалість самого процесу, а при

температурі, вищій 60 ºС, відбувається руйнування, в першу чергу, вітамінів, а також, враховуючи додаткові енергетичні витрати, доцільно здійснювати екстрагування за температури, не вищої 60 ºС.

Параметри екстрагування варіювали в межах: гідромодуль – 1:10, температура – від 40 до 80 ºС, тривалість процесу – від 40 до 80 хв. Вміст екстрактивних речовин (ЕР) визначали кожні 15 хв. Процес вважали завершеним, коли вміст ЕР не змінювався впродовж 15–30 хв. Екстракти охолоджували до кімнатної температури та відфільтровували. Зберігали у герметично закритих скляних ємкостях за температури +4 ºС.

Отримані результати з визначення екстрактивних речовин у водних витяжках за різної тривалості та температури процесу екстрагування зображено на рисунку 1.16.

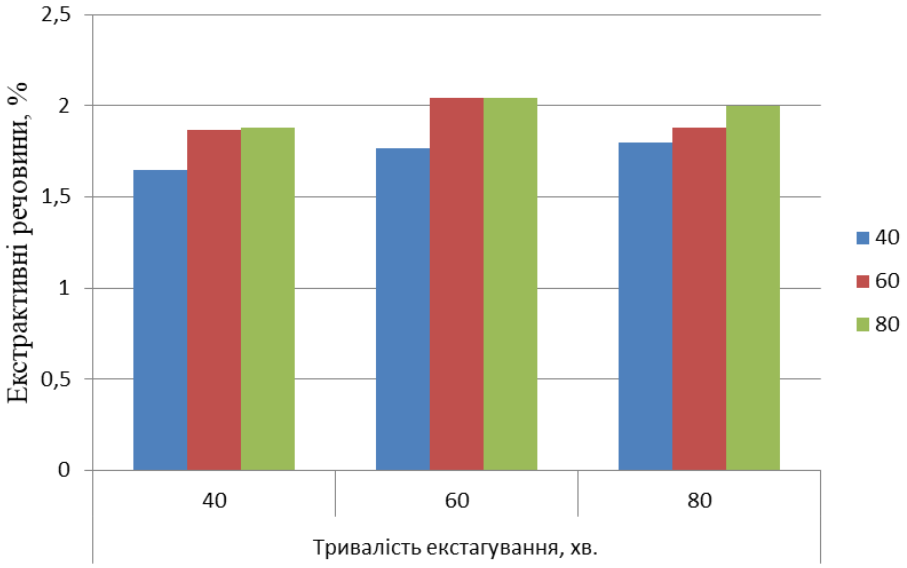


Рисунок 1.16 – Вміст екстрактивних речовин залежно від параметрів екстрагування

Встановлено, що оптимальний режим екстрагування – 60 хв за температури 60 ºС. При цьому вміст екстрактивних речовин становив 2,04 %. При збільшенні тривалості екстрагування спостерігалося збільшення екстрактивних речовин.

Отриманий екстракт шавлії був використаний для приготування плодово-ягідних безалкогольних напоїв. Для визначення кількості введення екстракту в безалкогольний напій було проведено оцінювання якості за органолептичними показниками. В основі безалкогольного напою йде яблучний сік, малиновий сік, водний екстракт шавлії, вода, цукор (таблиця 1.14).

Таблиця 1.14 – Рецептури зразків напою з екстрактом шавлії

Компоненти	Співвідношення компонентів у зразках, %			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Яблучний сік	50	50	50	50
Малиновий сік	15	20	15	20
Екстракт шавлії	0,5	0,5	1,5	1,5
Цукровий сироп	34,5	29,5	33,5	28,5

В яблучному та малиновому соках визначали органолептичні показники та вміст сухих речовин і кислотність, що подано у таблиці 1.15.

За органолептичними показниками сік з малини був непрозорим, червоного кольору, кисло-солодким на смак.

Таблиця 1.15 – Фізико-хімічні показники соків

Сік	Вміст сухих речовин, %	Активна кислотність, од. pH
Яблучний	12,6	3,7
Малиновий	17,8	2,8

З наведених даних видно, що найбільшою кислотністю та найвищим вмістом сухих речовин характеризувався сік з малини, він відповідно мав і більш насичений колір, смак і аромат. Чим більша кислотність соків, тим краще проявляється їх бактерицидна дія, відбувається руйнування хвороботворних мікроорганізмів, збільшується термін зберігання продукту.

Біологічна роль вітаміну С пов’язана з його здатністю окиснюватися і відновлюватися. Вітамін С бере участь у перетворенні гормонів кортикостероїдів, що регулюють різні фізіологічні процеси. У таблиці 1.16 наведено дані вмісту вітаміну С у досліджуваних соках.

Таблиця 1.16 – Вміст вітаміну С в плодово-ягідних соках

Сік	Вітамін С, мг %
Яблучний	157
Малиновий	10

Найбільший вміст вітаміну С встановлено в соку з яблука; добова потреба у вітаміні С становить 70 мг, отже, для задоволення добової потреби необхідно вживати 45 мл цього соку в день.

Було визначено, що введення екстракту у кількості 1,5 % від загального об’єму є найбільш оптимальним за органолептичними показниками. Органолептичний профіль напою зображено на рисунку 1.17.

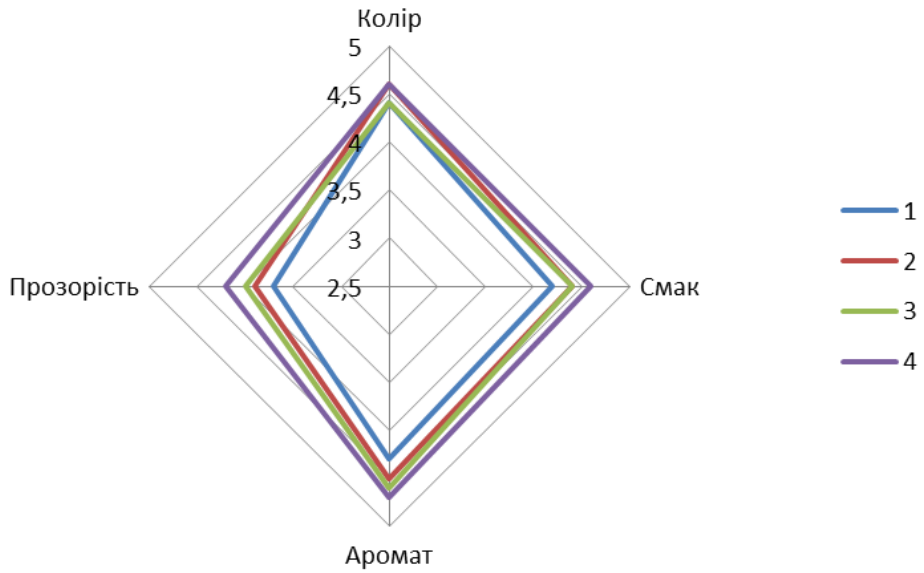


Рисунок 1.17 – Органолептичний профіль безалкогольного напою з екстрактом шавлії

Внесення малинового соку та екстракту шавлії у співвідношеннях 20 % і 1,5 % значно покращує органолептичні показники напою, зокрема смак був гармонійним, яблучно-малиновим, солодким з легкою кислинкою, аромат – приємним з нотками шавлії.

Гармонійне поєднання яблучного та малинового соків з водним екстрактом шавлії надає напою «Літній ранок» своєрідний приємний смак і аромат.

Напій, що розробляється, готують за загальноприйнятою технологією безалкогольних напоїв. Вода, що надходить, проходить підготовку, яка складається з кількох етапів: очищення від грубих домішок, пом'якшення, знезаражування. Рослинну сировину, а саме листя шавлії, після інспектування подрібнюють до частинок розміром 2–10 мм і направляють на екстрагування. Сировину заливають водою з розрахунку 1 дал на 1 кг та екстрагують при постійному перемішуванні протягом 5 год за температури 50–55 ºС. Отримані екстракти відфільтровують, охолоджують до 20–24 ºС та направляють на виробництво.

Цукровий сироп для виробництва безалкогольних напоїв готується гарячим способом. Цукровий пісок за допомогою шнека надходить у змішувач, де змішується з водою, попередньо нагрітою в накопичувальній ємності, до температури 60–70 ºС. З бункера-змішувача розчинений цукор надходить у ємність для варіння цукрового сиропу, обладнану мішалкою і паровою сорочкою, де нагрівається до температури пастеризації 90–95 ºС і витримується 30 хв з метою підвищення стійкості та мікробіологічної чистоти сиропу. Після цього цукровий сироп фільтрується через фільтр, охолоджується через теплообмінник і перекачується в купажну ємність.

Цукровий сироп, попередньо підготовлені соки, рослинний екстракт у певних співвідношеннях, передбачених рецептурою, подають на змішування у купажний апарат. Після ретельного перемішування купажний розчин витримують протягом 20–30 хв для вирівнювання показників і подають на фільтрування крізь мілке сито, піддають короткочасній пастеризації у пластинчатому пастеризаторі за температури 90 ºС протягом 40 с та охолоджують до температури 18–20 ºС. Готовий купажний розчин подають у синхронно-змішувальну установку, де відбувається змішування з водою.

Готовий напій охолоджують у пластичному теплообміннику до температури 3–5 ºС і подають на розлив.

Напій, виготовлений за розробленою технологією, має збалансовані приємні органолептичні показники. Смак приємний, гармонійний, яблучно-малиновий, солодкий з легкою кислинкою, аромат малиновий, відчувається гармонійне поєднання з нотками шавлії. Зовнішній вигляд – світло-малинового кольору, без блиску, непрозорий за рахунок використаної сировини.

Фізико-хімічні показники напою «Літній ранок» наведено у таблиці 1.17.

Таблиця 1.17 – Фізико-хімічні показники напою

Показник	Значення
Вміст сухих речовин, %	9,2
pH	4,1
Вміст вітаміну С, мг/100 г	6,464
Антиоксидантна активність, мВ/100 г	210,1

Плодово-ягідний безалкогольний напій «Літній ранок» має кисле значення pH, що буде сприяти пригніченню росту мікроорганізмів та кращому зберіганню напою. Напій з додаванням водних екстрактів рослинної сировини має позитивне значення відновлювальної здатності (210,1), що дає можливість говорити про антиоксидантні властивості напою і позиціонувати його як біологічно цінний.

При аналізі біологічної цінності продуктів визначають повний хімічний склад – вміст білків, ліпідів, вуглеводів, вітамінів, мінеральних речовин, органічних кислот. Слід розуміти, що вміст поживних речовин у добовому раціоні має бути збалансованим і відповідати потребам організму. Нестача або надлишок нутрієнтів призводить до порушення обміну речовин і захворювань. Для оцінювання збалансованості хімічного складу харчового продукту його порівнюють з формулою збалансованого харчування – норми середньодобового споживання основних харчових

речовин. При цьому, в першу чергу, звертають увагу на зміст есенціальних факторів харчування, до яких відносять незамінні амінокислоти, поліненасичені жирні кислоти, вітаміни і мінеральні речовини.

Література

1. Сучасний стан та перспективи ринку напоїв в Україні. URL: https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/2549/1/20160428-29_TEZY_V3_P179.pdf (дата звернення: 25.03.2019).
2. Малина звичайна. URL: http://uk.wikipedia.org/wiki/Малина_Звичайна
3. Екстракція рослинної сировини / Ю. І. Сидоров та ін. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2008. 336 с
4. Технологія безалкогольних напоїв: підручник / В. Л. Прибильський та ін.; за ред. д-ра техн. наук, проф. В. Л. Прибильського. Київ: НУХТ, 2014. 312 с.

РОЗДІЛ 2

МОДЕЛЮВАННЯ І ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

2.1 ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕТОДІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСАМИ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Бугаєва Л. М., *канд. техн. наук, доцент кафедри кібернетики хіміко-технологічних процесів,*
Безносик Ю. О., *канд. техн. наук, доцент кафедри кібернетики хіміко-технологічних процесів*

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

У харчовій промисловості цільові продукти мають досягти деякого балансу за визначеними властивостями, до яких входять дуже відмінні за своєю природою чинники: санітарні норми, сенсорні та технологічні властивості. Такі властивості, як свіжість фруктів та овочів, солодкість або солоність продукту, масові втрати сиру в процесі його виготовлення, ступінь обжарювання зерен кави можуть суттєво різнитися. Крім того, харчовим виробництвам доводиться працювати з різноманітною мінливою сировиною, яка в процесі обробки має стати продуктом, що задовольняє заданим стандартам. Тобто згідно з класифікацією системного аналізу, поданою в роботі [1], технологічні системи в харчовій промисловості можуть бути віднесені, щвидше, до слабо формалізованих систем. Звичайно, для прийняття рішень з ефективного керування будь-яким технологічним процесом було б добре спершу побудувати модель самого процесу, а вже після отримання результатів моделювання знайти релевантний регулятор або керуючий пристрій. На жаль, побудувати аналітичні моделі в харчових технологіях не завжди можливо, в першу чергу, за наявності нечіткості сенсорних властивостей. У таких випадках найбільш застосованими можуть бути методи інтелектуального аналізу даних та нечіткі системи виведення [2, 3].

Завдяки природній нечіткості визначення багатьох параметрів технічних задач вже наприкінці XX ст. почали застосовуватися на практиці методи нечіткої логіки, що були розроблені Лотфрі Заде ще в 1965 р. [4]. У харчовій промисловості застосування апарату нечіткої логіки також знайшло своє втілення, що можна бачити з досить повного огляду, зробленого ще у 2006 р. в роботі [5].

Слід зауважити, що, оскільки наш світ стає все більш цифровим, то в будь-якій сфері діяльності накопичуються великі обсяги даних, які містять у собі приховані закономірності того чи іншого процесу. Для виявлення цих закономірностей розроблено багато методів та засобів так званого апарату інтелектуального аналізу даних (*DM – Data Mining*) [2, 3].

Досить повний огляд традиційних та інтелектуальних методів моделювання харчових процесів було зроблено в 2007 р. в роботі [3]. Однак розвиток комп'ютерних технологій стрімко йде вперед. В останні роки на новому етапі розвитку IT-технологій став популярним напрям, що отримав назву *Data Science* (наука про дані), який також повною мірою починає застосовуватися в прийнятті рішень для ефективного керування харчовими процесами.

Розглянемо, як інтелектуальні методи та засоби можуть бути застосовані для забезпечення ефективного керування харчовими процесами.

Повертаючись знову до нечіткої логіки, слід зауважити, що основною її перевагою є те, що при її застосуванні немає потреби у створенні аналітичної моделі процесу. Головною складовою нечіткої системи є сукупність правил, що становить базу знань (БЗ) процесу. Сформовані правила БЗ відображають зв'язок між вхідними та вихідними змінними процесу. За наявної інформації правила можуть генеруватися системою за набором даних (метод Сугено) або вводитися вручну, якщо застосовується механізм нечіткого виведення Мамдані. Можливості інтеграції апарату нечітких множин з досвідом експертів (операторів) для ефективного керування харчовими процесами розглянуто в публікаціях [6–10].

На цей час існує багато програмних засобів, які здійснюють механізм нечіткого виведення. Як показав досвід використання нечіткої логіки у навчальних дисциплінах, магістерських та інших наукових дослідженнях на кафедрі кібернетики хіміко-технологічних процесів КПІ ім. Ігоря Сікорського, досить простим та ефективним програмним середовищем є пакет *Fuzzy Logic* програми *Matlab*.

Однак, незважаючи на популярність нечіткого виведення для прийняття рішень у харчових процесах, слід звернути увагу й на інші методи інтелектуального аналізу даних (*Data Mining – DM*). Можна бачити прикладні роботи, де застосовуються нейронні мережі [6]. Слід відзначити повноту при наявній простоті викладення основних методів моделювання для харчових технологій у книзі [3], де читачу надано досить повний огляд традиційних та інтелектуальних методів моделювання харчових процесів. Показано, як *DM* використовує такі інтелектуальні засоби, як нейронні мережі, генетичні алгоритми, дерева рішень та ін. Там можна знайти багато прикладів використання практично найбільш застосовуваних методів інтелектуального аналізу в харчових технологіях. Недарма ця книга йде під «грифом» *handbook*, тобто призначена для повсякденного використання. Тому її можна рекомендувати дослідникам харчових технологій, перед якими стоїть задача ефективної реалізації та керування

процесом. Слід також відзначити, що в цій книзі як один із сучасних підходів для створення інтелектуальних систем розглядаються байєсівські мережі.

Досить несподівано, що складний для усвідомлення ефективності застосування апарат байєсівських мереж отримав значне поширення для прийняття рішень при розробленні харчових технологій. Можна бачити значну кількість досліджень у харчовій індустрії, що використовують саме цей апарат [11–13]. Вибір байєсівських мереж для виведення порівняно з іншими інтелектуальними системами може бути обумовлений рядом причин. Логічний висновок у байєсівських мережах є таким, що добре трактується з обчислювальної точки зору, оскільки теорія, що лежить в його основі, має аксіоматичне обґрунтування, відпрацьоване протягом останніх десятиліть, тоді як системи, що базуються на теорії нечітких множин, не мають строгого математичного обґрунтування і в більшості випадків використовують евристичні знання. Психологічно простіше виконувати суб'єктивне імовірнісне оцінювання причинно-наслідкових зв'язків. Метод «*noisy or gate*» забезпечує ефективне обчислення умовної імовірності. Важливе припущення в байєсівській мережі – це умовна незалежність випадкових змінних, що відповідають вершинам графа. Тлумачення умовної незалежності виглядає наступним чином: дві змінні *A* і *B* вважаються умовно незалежними при заданій третій вершині *C*, якщо при відомому значенні *C* значення *B* не збільшує інформативність про значення *A*. Синтез мережі здійснюється на основі апріорної інформації. При цьому значення змінних можуть бути як фізичними (що ґрунтуються на даних), так і байєсівськими (суб'єктивними, що базуються на індивідуальному досвіді). У мінімальному варіанті працездатна байєсівська мережа може бути побудована з використанням тільки апріорної інформації (експертних очікувань).

Для синтезу такої мережі необхідно виконати наступні кроки:

- сформулювати проблему в термінах імовірності значень цільових змінних;
- вибрати понятійний простір задачі, визначити змінні, що мають відношення до цільових змінних, описати можливі значення цих змінних;
- вибрати на основі досвіду і наявної інформації апріорні імовірності значень змінних;
- описати відносини «причина–наслідок» (як непрямі, так і прямі) у вигляді орієнтованих ребер графа, якщо в вершинах розміщено змінні задачі;

- для кожного вузла графа, що має вхідні ребра, необхідно вказати оцінки імовірностей різних значень змінної цього вузла залежно від комбінації значень змінних-предків на графі.

Ця процедура аналогічна діям інженера із знань при побудові експертної системи (ЕС) у будь-якій предметній області. Відносини залежності, апріорна й умовна імовірність відповідають фактам і правилам у базі знань ЕС. Побудована таким чином апріорна байєсівська мережа формально готова до використання. Подальше поліпшення якості прогнозування може бути досягнуто шляхом навчання байєсівської мережі на наявних експериментальних даних. Навчання традиційно розділяється на дві складові – вибір ефективної топології мережі, включаючи додавання нових вузлів, відповідних прихованим змінним, і налаштування параметрів умовних розподілів для значень змінних у вузлах. В наш час існує багато програмних засобів для реалізації байєсівських мереж різних типів.

Стрімкий розвиток комп'ютерних технологій, що все більше втілюють парадигму штучного інтелекту, потребує відповідних знань та спеціалістів у галузі ІТ-технологій, що здатні впроваджувати ці знання і технології у вирішення конкретних проблем. Харчові процеси, як і будь-які інші технологічні процеси, мають використовувати всі ці новітні підходи.

Отже, управління властивостями харчової продукції безпосередньо на етапі її виготовлення з метою контролю цих властивостей є нелегкою задачею. Нині багато виробничих процесів харчової промисловості значною мірою покладаються на майстерність і досвід оператора, якого навряд чи зможе замінити жодна система в найближчому майбутньому. Тому можна підсумувати, що поєднання навичок оператора, досвіду експертів та можливостей комп'ютерних систем задля ефективного керування процесами харчового виробництва є актуальною проблемою.

Література

1. Бугаєва Л. М., Бойко Т. В., Безносик Ю. О. Системний аналіз хіміко-технологічних комплексів. Київ: Інтерсервіс, 2017. 254 с.
2. Bethold M., Hand D. J. Intelligent data analysis. Berlin: Springer, Heidelberg, NewYork, 1999.
3. Food and bioprocess modeling techniques / Shyam S. Sablani at al. (eds.). CRC Press, Taylor and Francis Group. 2007. 592 p.
4. Zadeh L. Fuzzy sets. *Information and Control*. 1965. No. 8. P. 338–353.
5. Perrot N., Ioannoub I., Allaisc I. Fuzzy concepts applied to food product quality control: a review. *Fuzzy Sets and Systems*. 2006. Vol. 157. P. 1145–1154.

6. Kupongsak S., Tan J. Application of fuzzy set and neural network techniques in determining food process control set points. *Fuzzy Sets and Systems*. 2006. Vol. 157. P. 1169–1178.
7. Perrot N., Baudrit C. Intelligent quality control systems in food processing based on fuzzy logic. Chapter 9. *Robotics and Automation in the Food Industry. Current and Future Technologies*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. 2013. P. 200–225.
8. Байченко А. А., Байченко Л. А., Арет В. А. Применение нечеткой логики в управлении предприятием пищевой промышленности. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент*. 2014. № 3. С. 35–69.
9. Decision support system design using the operator skill to control cheese ripening –application of the fuzzy symbolic approach / N. Perrot, L. Agioux, I. Ioannou et al. *Journal of Food Engineering*. 2004. Vol. 64. P. 321–333.
10. A neuro-fuzzy computational approach for multicriteria optimisation of the quality of espresso coffee by pod based on the extraction time, temperature and blend / L. Russo, D. Albanese, I. C. Siettos et al. *International Journal of Food Science and Technology*. 2012. No. 47. P. 837–846.
11. A dynamic Bayesian network to represent a ripening process of a soft mould cheese / C. Baudrit, P. Wuillemin, M. Sicard, N. Perrot. *KES'08: 12th Int. Conf. on Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems*. Springer-Verlag, 2008. Part II. P. 265–272.
12. Weidl G., Madsenb A. L., Israelson S. Applications of object-oriented Bayesian networks for condition monitoring, root cause analysis and decision support on operation of complex continuous processes. *Computers and Chemical Engineering*. 2005. P. 29.
13. Weidl G., Madsen A. L., Dahlquist E. Applications of objectoriented Bayesian networks for causal analysis of process disturbances. *Proceedings from 44th Scandinavian conference on simulation and modeling* (Sept. 18–19, 2003). P. 41–49.

2.2. ОЩАДЛИВЕ ВИРОБНИЦТВО ЯК МЕХАНІЗМ ПОКРАЩЕННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ

Портянко Т. М., *канд. техн. наук, доцент кафедри безпеки життєдіяльності*

Черкаський державний технологічний університет

Розглядаючи ситуацію та проблеми, що склалися на сьогодні в соціальній сфері країни, аналізуючи ті кризові явища, що є характерними

для нашої держави, не можна забувати про їх тісний взаємозв'язок і взаємообумовленість з економічною стороною життя. Економічні явища є тим базисом, який визначає стан і розвиток усіх інших явищ і процесів: соціальних, культурних, побутових, політичних тощо. Основним показником ефективності економічної та соціальної політики держави є високий рівень життя населення. Для забезпечення прийнятного рівня якості життя населення, а в подальшому й забезпечення його зростання, перш за все, необхідне належне економічне підґрунтя. Останніми роками у багатьох країнах світу активно досліджується японська система управління підприємством, адже швидкий та успішний розвиток економіки цієї країни дав їй можливість посісти лідируюче місце у світі. Інтерес до японських методів управління зумовлений тим, що підприємства Японії стали лідерами у виробництві та збуті найрізноманітніших товарів: від складних електронних виробів до виробів побутового призначення. В той же час в Україні ощадливим виробництвом займаються тільки одиниці компаній.

Основоположниками концепції ощадливого виробництва є Д. Вумек і Д. Джонс, Д. Рус. Подальшого розвитку концепція набула у роботах Д. Крафчика, Ю. Адлера, Д. Манна, М. Імаіза, Д. Лайкера, Д. Майєра, Т. Калити та інших. Варто зазначити, що відчувається брак вітчизняних публікацій щодо практичного застосування ощадливого виробництва на українських підприємствах, а в основному розглядається лише теоретична частина цієї проблеми. Тільки наприкінці 2016 р. в Україні був створений Лін Інститут Україна, який приєднався до Lean Global Network, що є найбільшою та найавторитетнішою в світі мережею лін-практиків, яка була заснована професорами Джеймсом Вумеком та Деніелом Джонсом у 2007 р. і на сьогодні включає понад 30 інститутів, що поширюють лін-мислення у різних країнах світу.

Ознайомимося з однією з популярних концепцій у сфері оптимізації бізнес-процесів за рахунок максимальної орієнтації на інтереси та потреби клієнта (ринку) і врахування мотивації кожного працівника.

На сьогодні головна мета держави – підвищення рівня та якості життя громадян, а найважливішою передумовою для її досягнення є високий рівень економічного зростання. Для цього потрібні розробка і впровадження в практику раціонально побудованого трудового процесу, який би забезпечував задану якість продукції і високу продуктивність праці, створення умов для збереження здоров'я працюючих, збільшення періоду їхньої трудової діяльності, зростання культурного рівня. Щоб повноцінно інтегруватися в європейський економічний простір, успішно конкурувати і перемагати на світовому ринку, нам потрібно буквально створити нове економічне диво. На сьогодні, в умовах жорсткої

конкуренції на ринку, для вітчизняних підприємств особливо актуальною є проблема підвищення їх конкурентоспроможності шляхом зменшення всіх видів втрат, покращення якості процесів на підприємстві, застосування нових технологій і концепцій управління, тобто вдосконалення бізнес-процесів організації з метою задоволеності зростаючих потреб споживачів. До того ж, крім високого рівня конкуренції, підприємства все частіше стикаються з кризами, якщо не світовими, то внутрішніми. За цих умов скорочення кількості запасів, розміру партій, терміну виконання замовлення стають для керівників першочерговими проблемами. Управлінці постійно стурбовані тим, щоб ефективність роботи підприємства зростала, невпинно шукають шляхи зниження витрат і збільшення кількості продукції, що випускається. Одним із способів досягнення бажаних результатів є впровадження методів ощадливого виробництва, враховуючи, що впровадження цих методів та інструментів не потребує значних фінансових витрат. Навіть часткове впровадження деяких інструментів приводить до позитивних результатів за короткі терміни.

Ідеї ощадливого виробництва висловлював ще Генрі Форд, але бізнес не сприйняв їх, оскільки вони значно випереджали час. Родоначальником теорії ощадливого виробництва є Тайіті Оно. Приступивши в 1943 р. до роботи в Toyota Motor Corporation, він збирав і аналізував досвід світових лідерів у цій галузі, щоб взяти все краще для створення власної системи. Вона з'явилася в середині 50-х років і отримала назву «Виробнича система Toyota», або Toyota Production System (TPS). На Заході її стали називати lean production, lean manufacturing, lean. Тайіті Оно був не самотнім у своєму прагненні створити ідеальну методику організації роботи компанії, в цьому йому допомагав Сигео Синго. Теорія ощадливого виробництва стала всесвітньо визнаною теорією після виходу книги Womack & Jones "The machine that changed the world" («Машина, яка змінила світ») [1]. Термін «ощадливе виробництво» був введений Ю. Адлером як переклад оригінального поняття "lean", "lean production", "lean manufacturing", запропонованого Д. Крафчиком для позначення базових принципів організації виробництва в японській корпорації Тойота. Зародився цей термін у процесі глобального дослідження світового автомобільного ринку в рамках Міжнародної програми «Автомобілі» (International Motor Vehicle Program, IMVP) Массачусетського технологічного інституту, на чолі якого стали Д. Вумек, Д. Джонс і Д. Рос [1]. Автори цього дослідження використовують термін "lean" для позначення переходу до нової економічної епохи, яка почалася в Японії. Епоха, що розглядається

в цьому дослідженні, визначається як «час масового виробництва», а нова – це «час ощадливого виробництва», що має особливості, серед яких виділяють такі [1]:

- Командна робота.
- Інтенсивний відкритий обмін інформацією.
- Ефективне використання ресурсів та виключення втрат.
- Безперервне вдосконалення.

Ця система спирається, перш за все, на систему організації виробництва, розроблену японським автомобільним гігантом – фірмою Toyota.

Англійське слово “lean” у дослівному перекладі означає «худий, пісний, убогий, бідний». Д. Крафчик, пропонуючи термін “lean production”, мав на увазі ту обставину, що в цьому новому типі виробництва немає нічого зайвого, тим більше, що серед ідіом, пов’язаних зі словом “lean”, є, зокрема, і така: здатний до важкої і ефективної роботи (“lean and mean”).

Ощадливе виробництво (англ. lean production або lean manufacturing) – це концепція, яка ґрунтується на прагненні підприємства ліквідувати всі види втрат за допомогою залучення у процес управління кожного працівника та максимальної орієнтації на споживача, що передбачає виробляти стільки продукції, скільки вимагає ринок. На стадії початкового становлення концепція ощадливого виробництва знаходила застосування в основному в дискретному виробництві, зокрема в автомобілебудуванні. Наступним етапом її розвитку стала адаптація до умов виробництва з безперервним циклом. Згодом методи ощадливого виробництва почали використовуватися практично в усіх сферах діяльності, включаючи охорону здоров’я, сферу послуг, комунальне господарство та торгівлю.

Теорія ощадливого виробництва дає змогу на практиці покращити діяльність підприємств, оскільки останні зосереджують свої зусилля на усуненні деяких або й усіх надмірних витрат, скоротити терміни створення продукції, уникнути перевиробництва, врегулювати поставку.

Автори книги з ощадливого виробництва Д. Вумек і Д. Джонс виклали сутність підходу у вигляді п’яти напрямів діяльності (рисунок 2.1):

- Визначення вартості конкретного продукту.
- Визначення потоку створення вартості цього продукту.
- Забезпечення безперервного потоку створення цінності продукту.
- «Витягування» продукту споживачем (рівень виробництва визначається потребами замовника).
- Кайдзен.

Мета методології ощадливого виробництва полягає в побудові виробництва, здатного швидко відповідати на вимоги споживачів і отримувати прибуток при будь-якій зміні ринку, в тому числі при падінні попиту; створенні досконалої виробничої системи, яка б при надходженні замовлення миттєво поставляла необхідну продукцію, і при цьому не стати жертвою накопичення проміжних запасів. Ощадливе виробництво може бути визначено в простих поняттях: як виробляти саме те, що потрібно, коли це необхідно, з мінімальною кількістю ресурсів і простору.

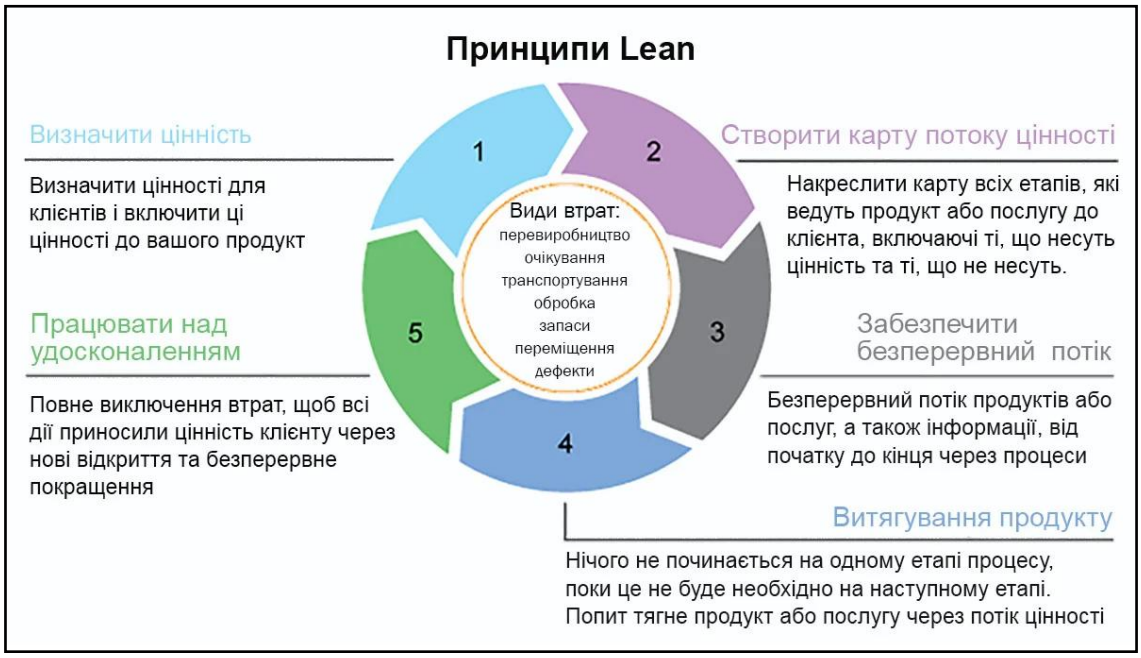


Рисунок 2.1 – Принципи ощадливого виробництва

Ощадливе виробництво є одним з основоположних компонентів системи японського менеджменту Кайдзен (безперервне вдосконалення). Своєрідною «відправною точкою» тут служить перехід від централізованого, вертикального управління до горизонтального, яке ґрунтується на залученні в процес усіх працівників. Результати теоретичних і емпіричних досліджень показують, що без стратегічного управління людськими ресурсами модель ощадливого виробництва не може успішно функціонувати [2, 3]. Основна складність полягає в тому, що «ощадливі» операції може виконувати тільки підготовлений персонал [4]. Інвестиції в людський капітал формують специфічний набір знань, які потім можуть бути використані як конкурентна перевага [5]. Результати емпіричних досліджень показують, що розширення прав і можлиностей, навчання і спільна робота приводять до суттєвого зростання ефективності, в той час як операції ощадливих процесів самі по собі цього не досягають [4]. Стратегічне управління людськими ресурсами створює конкурентну

перевагу для будь-якої фірми, оскільки знання нерозривно пов’язані з самими співробітниками і знаходяться всередині організації, отже, не можуть бути безпосередньо скопійовані іншою фірмою [5]. Розширення можливостей співробітників є ключовим фактором для високоефективних методів роботи. Зусилля по розширенню прав і можливостей співробітників передбачають збільшення їх продуктивності і гнучкості, проактивність та самоорганізацію в процесі побудови взаємовідносин між окремими людьми і групами, скорочення витрат на контроль, а також розвиток і використання знань і навичок, головним чином завдяки створенню довіри [6, 7]. Командна робота важлива в ощадливому виробництві тому, що вона надає пріоритет можливості обміну знаннями [4]. Міжфункціональні групи скорочують витрати на контроль, дають змогу виконувати взаємозамінні завдання і вимагають обміну знанями [8]. Таким чином, слід підкреслити, що ощадливе виробництво, яке дає відчутні результати, – це кропітка робота кожного учасника колективу і кожної служби.

Відповідно до концепції ощадливого виробництва, якщо виникає проблема, то причину слід шукати не в працівникові, а в системі. В ідеалі всі бізнес-процеси на підприємстві повинні бути побудовані таким чином, щоб помилку зробити було просто неможливо. Всі бізнес-процеси і функції інтегруються в єдину цілісну систему, основною метою якої є забезпечення цінності для клієнтів за рахунок безперервних поліпшень і усунення втрат на основі принципів і практичних інструментів ощадливого виробництва [9]. Оскільки всі бізнес-процеси взаємопов’язані, ощадливе виробництво не може функціонувати в ізоляції, щоб реалізувати свій потенціал [10, 11]. Існує значний розрив у продуктивності між компаніями, які застосовують методи ощадливого виробництва виключно на рівні організації діяльності підприємств або окремих цехів, порівняно з тими, які прийняли концепцію ощадливості на рівні організаційної культури.

Перетворення системи масового виробництва в ощадливу систему, що включає рядові технологічні зміни і реалізацію стандартизованих ощадливих інструментів і методів, таких як поліпшення потоків, розробка способів забезпечення безперервності виробництва, скорочення запасів, являє собою незначний обсяг зусиль по впровадженню економної системи виробництва в компанії. Решта інструментів менш очевидна, їх значно складніше реалізувати. Тому необхідним елементом для застосування нових концепцій і принципів є культурні зміни, що збільшують шанси на успішну реалізацію економної системи виробництва. Основне питання, яке ставлять українські підприємства, в першу чергу, при реалізації положень ощадливого виробництва, – це вибір необхідних інструментів, які

допоможуть досягти значних результатів і підвищити ефективність діяльності підприємства, але недостатнє теоретичне та практичне висвітлення питань у сфері класифікації постійно зростаючої кількості таких інструментів стикає підприємства з різними проблемами в процесах впровадження ощадливого виробництва.

Таким чином, ощадливе виробництво – це система організації, яка постійно вдосконалюється та спрямована на вибудовування за допомогою підходів управління всіх процесів у безперервний потік створення цінностей з урахуванням прогнозування виникнення і усунення всіх видів втрат, залучення персоналу в командну роботу на основі проектних підходів і підтримання безпечних умов праці з метою створення привабливих цінностей для споживача.

Щоб домогтися значних змін у продуктивності підприємства і економії кінцевих системних витрат, необхідно, щоб все підприємство зазнало бережливого перетворення. Для цього повинні відбуватися істотні зміни в ефективності роботи підприємства, які спрямовані на створення цінностей, формування середовища для постійного вдосконалення процесів, що стимулюють інновації та співробітництво, ґрунтуються на принципах ощадливості.

Література

1. Вумек Д. П., Джонс Д. Т., Рус Д. Машина, которая изменила мир. Москва, 2007. 384 с.
2. When does lean hurt? An exploration of lean practices and worker health and safety outcomes / A. Longoni, M. Pagell, D. Johnston, A. Veltri. *International Journal of Production Research*. 2013. No. 51 (11). P. 3300–3320.
3. Rothstein J. S. Creating lean industrial relations: General Motors in Silao. *Competition & Change*. 2004. No. 8 (3). P. 203–221.
4. The impact of human resource and operational management practices on company productivity: a longitudinal study / K. Birdi, C. Clegg, M. Patterson et al. *Personnel Psychology*. 2008. No. 61. P. 467–501.
5. Way S. A. High performance work systems and intermediate indicators of firm performance within the US small business sector. *Journal of Management*. 2002. No. 28. P. 765–785.
6. Power J., Waddell D. The link between self-managed work teams and learning organizations using performance indicators. *The Learning Organization*. 2004. No. 11. P. 244–259.
7. Batt R. The economics of teams among technicians. *British Journal of Industrial Relations*. 2001. No. 39. P. 1–24.

8. Leach D. J., Wall T. D., Jackson P. R. The effect of empowerment on job knowledge: an empirical test involving operators of complex technology. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*. 2003. No. 76. P. 27–52.

9. Allen N. J., Hecht T. D. The romance of teams: toward an understanding of its psychological underpinnings and implications. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*. 2004. No. 77. P. 439–461.

10. Grasso L. P. Are ABC and RCA accounting systems compatible with lean management? *Management Accounting Quarterly*. 2005. No. 7 (1). P. 12–27.

11. Maskell B. H., Kennedy F. A. Why do we need lean accounting and how does it work? *The Journal of Corporate Accounting and Finance*. 2007. No. 18. P. 59–73.

12. Наугольнова И. А., Бажуткина Л. П. Система индикаторов оценки эффективности развития бережливого производства на предприятии. *Наука и бизнес: пути развития.* 2015. № 2 (44). С. 108–114.

2.3 ОПТИМАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ ЗВОРОТНОГО ОСМОСУ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ВОДИ НА ПІДПРИЄМСТВІ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Квітка О. О., *канд. хім. наук, доцент кафедри кібернетики хіміко-технологічних процесів,*
Шахновський А. М., *канд. техн. наук, доцент кафедри кібернетики хіміко-технологічних процесів,*
Климeнко Д. Р., *магістрант*

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Одним із найактуальніших викликів, які сьогодні стоять перед людством, є виснаження ресурсів прісної води. За авторитетними прогнозами, близько половини населення планети вже до 2030 р. буде жити у проблемних щодо доступу до води регіонах [1]. Істотні проблеми забезпечення населення та промисловості водою належної якості мають місце також в Україні [2]. Існують кількісні дослідження [3, 4] щодо зв’язку рівня здоров’я населення із кондиціями води для пиття і санітарних потреб, для потреб виробництва (у першу чергу, виробництва продуктів харчування). Також споживчі характеристики продукту, що випускається на харчовому підприємстві (насамперед, смак цього продукту), безпосередньо залежать від якості використовуваної води. Зазначене є причиною високих нормативних вимог до якості води на підприємствах харчової промисловості [5].

Зазвичай підготовка води складається з кількох стадій. Попередня підготовка включає комплекс методів (механічну фільтрацію, ультрафільтрацію, пом'якшення, УФ-знезараження тощо), вибір яких залежить від складу води з джерела водопостачання та наявних у ній домішок. Як основний метод знесолення води, як правило, застосовується метод зворотного осмосу [6].

Ця робота присвячена проектуванню системи (підсистеми) підготовки води для потреб харчових підприємств на основі процесу зворотного осмосу. Мета полягає у проектуванні системи оптимальної структури, яка має забезпечувати:

- задану продуктивність (за пермеатом);
- мінімальні капітальні витрати;
- мінімальні експлуатаційні витрати (насамперед, низьке енергоспоживання).

Застосований авторами підхід передбачає наступні етапи:

1. Побудова математичної моделі досліджуваної системи.
2. Формулювання на основі зазначеної моделі математичної задачі оптимізації досліджуваної системи.
3. Отримання оптимальної структури досліджуваної системи шляхом вирішення сформульованої математичної задачі оптимізації.

Математична модель системи зворотного осмосу

Установка зворотного осмосу (рисунок 2.2) складається з кількох секцій, кожна з яких включає ***m*** паралельно з'єднаних виробів – так званих мембранотримачів. Мембранотримач є системою з ***n*** мембранних елементів (***n*** ≤ 8), з'єднаних послідовно по концентрату.

При потребі використовують двостадійну установку (рисунок 2.3), в якій стадії з'єднані послідовно по пермеату, а кожна стадія побудована за тим же принципом, що й в одностадійній установці [7]. При цьому на різних стадіях можливе застосування мембранних елементів різного типу.

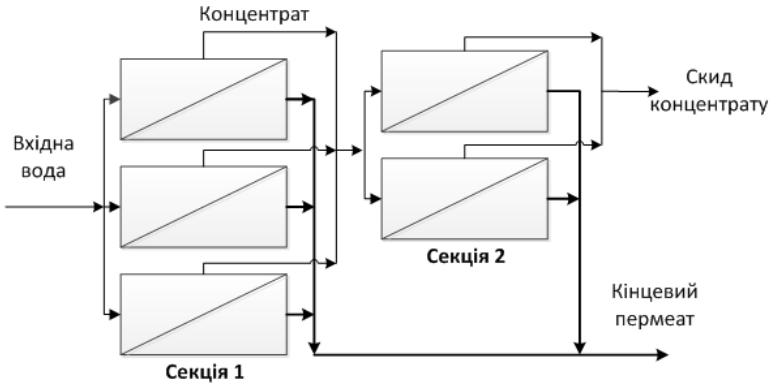


Рисунок 2.2 – Структура одностадійної зворотноосмотичної установки демінералізації води

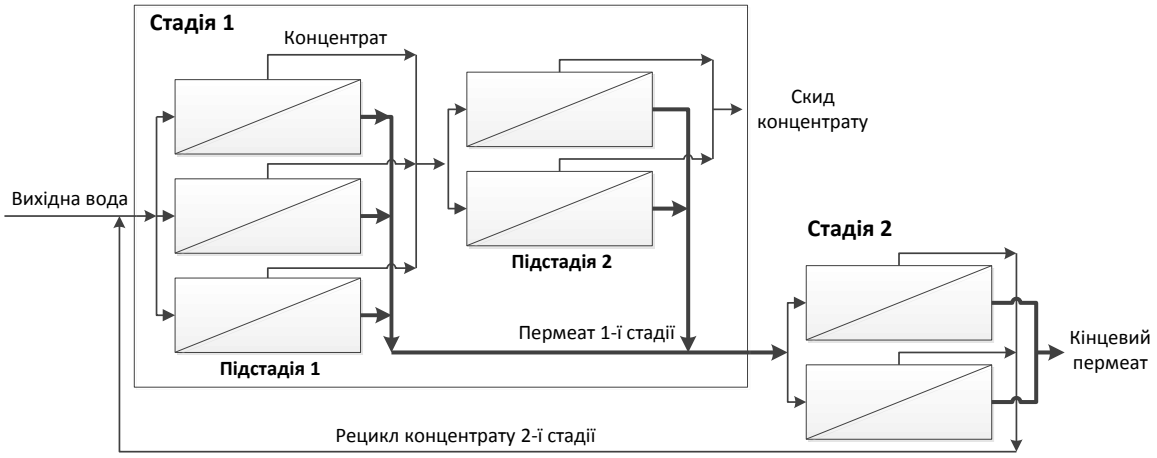


Рисунок 2.3 – Структура двостадійної зворотноосмотичної установки демінералізації води

Процес демінералізації води в мембранному елементі полягає в розділенні потоку на зворотноосмотичній мембрані на пермеат (очищена вода) і концентрат (рисунок 2.4). Як математичну модель цього процесу було обрано двопараметричну дифузійну модель Кімури–Соуріраджана [8], яку було вдосконалено і доповнено для рулонних мембранних елементів фірмою DOW Chemical [9, 10]. Розрахунок за моделлю дає можливість отримати значення всіх необхідних параметрів потоку на виході мембранного елемента.

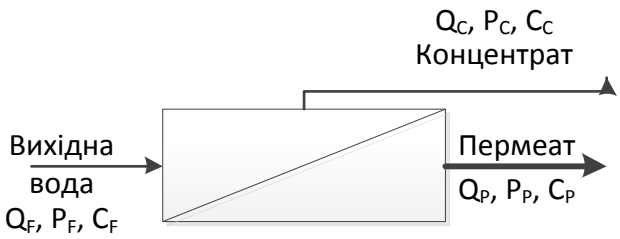


Рисунок 2.4 – Процес розділення на мембранному елементі

$$Q_p = F_e \cdot a(\pi_c) \cdot FF\left(\Delta P - \pi_f - \left[\frac{C_{fc}}{C_f} \cdot p_f - (1-R)\right]\right), \tag{2.1}$$

$$a(\pi_c) = \begin{cases} 0.125, & \pi_c = 25 \\ 0.125 - 0.011 \cdot \left(\dfrac{\pi_c - 25}{35}\right), & 25 \le \pi_c \le 200 \\ 0.07 - 0.0001 \cdot (\pi_c - 200), & 200 \le \pi_c \le 400 \end{cases}, \tag{2.2}$$

$$\Delta P = P_f - \frac{\Delta P_{fc}}{2} - P_p, \tag{2.3}$$

$$\Delta P_{fc} = 0.04 \cdot \left(\frac{Q_f - Q_c}{2} \right)^2, \quad (2.4)$$

$$\frac{C_{fc}}{C_f} = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{1 - Y \cdot (1 - R)}{1 - Y} \right), \quad (2.5)$$

$$p_f = exp(0.7 \cdot Y), \quad (2.6)$$

$$\pi_f = 1.12 \cdot (273 + T) \cdot \sum m_i, \quad (2.7)$$

$$\pi_c = \pi_f \cdot \frac{C_{fc}}{C_f} \cdot p_f, \quad (2.8)$$

$$\pi_p = \pi_f \cdot (1 - R), \quad (2.9)$$

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_f}, \quad (2.10)$$

$$Y = 1 - (1 - Y_i)^N, \quad (2.11)$$

$$C_p = b \cdot C_{fc} \cdot p_f \cdot \frac{N_e \cdot F_e}{Q_p}, \quad (2.12)$$

де Q_f, Q_p, Q_c – витрати, відповідно, вхідного потоку, пермеату та концентрату на виході, кг/год; C_f, C_p, C_c – концентрації, відповідно, вхідного потоку, вихідних потоків пермеату та концентрату, кг солей на кг розчинника; F_e – площа мембранного елемента, м^2; $a(\pi)$ – коефіцієнт проникності по воді, м^3/Па·год; ΔP – робочий тиск, Па; ΔP_{fc} – перепад тиску, Па; p_f – концентраційна поляризація; π_f – осмотичний тиск, Па; π_c – перепад осмотичного тиску з боку концентрату, Па; π_p – перепад осмотичного тиску з боку пермеату, Па; R – коефіцієнт солезатримки, %; Y – коефіцієнт конверсії води, %.

Оскільки в мембранотримачі мембранні елементи поєднані послідовно по концентрату, вихід пермеату можна розрахувати за формулою

$$Y_{MT} = Y_1 + \sum_{k=2}^{n_e} \left[Y_k \cdot \prod_{l=1}^{k-1} (1 - Y_l) \right], \quad (2.13)$$

де Y_k – показник конверсії k-го мембранного елемента, $k = 1, \ldots, n_e$.

У разі використання двостадійної зворотноосмотичної системи (рисунок 2.3) застосовується розширена модель системи, яка також включає рівняння матеріальних балансів

$$\begin{cases} Q_f = Q_c + Q_{p1} \\ Q_{p1} = Q_{c2} + Q_p \\ Q_f \cdot C_f = Q_c \cdot C_c + Q_{p1} \cdot C_{p1} \\ Q_{p1} \cdot C_{p1} = Q_{c2} \cdot C_{c2} + Q_p \cdot C_p \\ Q_f \cdot C_f + Q_{c2} \cdot C_{c2} = (Q_f + Q_{c2}) \cdot C_{fc2} \\ \dfrac{Q_{c2}}{Q_{p1}} = \left(\dfrac{C_{c2}}{C_{p1}} \right)^{-1/R} \\ Q_p = Y \cdot Q_f \end{cases}. \quad (2.14)$$

Розширена математична модель може бути використана для розрахунків системи (підсистеми) зворотного осмосу будь-якої складності (одностадійної, двостадійної, з використанням рециклу потоку концентрату тощо) та продуктивності.

Задача структурної оптимізації

Під структурною оптимізацією ми розуміємо побудову системи зворотного осмосу з такою структурою (кількість стадій та підстадій, кількість мембранотримачів у кожній стадії, кількість мембранних елементів у мембранотримачах), яка є найбільш вигідною економічно при заданій продуктивності. Інакше кажучи, задачею структурної оптимізації у цьому контексті є покращення економічних параметрів функціонування досліджуваної системи очищення шляхом структурного перерозподілу окремих її елементів. При цьому не розглядаються питання параметричної оптимізації (заміни обладнання, зміни режимів руху потоків тощо).

Під час обчислень покладаємо, що:

а) кількість секцій (тобто паралельно з'єднаних модулів) у кожній стадії підсистеми може бути різною;

б) у межах секції модулі можуть мати різну кількість мембранних елементів (як правило, не більше шести);

в) у межах стадії використовуються однакові мембранні елементи.

Для побудови задачі однокритеріальної оптимізації, яка є більш простою з точки зору методів вирішення, було сформульовано цільову функцію, що має економічний сенс. Цільова функція $Z = f(Q_f, m_i)$ являє собою суму зведених капітальних і експлуатаційних витрат, а також витрат на амортизацію, де Q_f – масова витрата вхідного потоку, m_i – кількість послідовно з'єднаних мембранних елементів i-ї підстадії зворотного осмосу. Капітальні витрати залежать від того, які конкретно мембранні елементи застосовуються в системі, а також від топології (структури розташування) зазначених елементів. Ця топологія, у свою чергу, визначається складом води, яка надходить на очищення [10]. Експлуатаційна складова включає витрати на електроенергію, сировину

(тобто вихідну воду), а також витрати на утримання обладнання. Отже, задача оптимізації може бути сформульована наступним чином:

$$Z(Q_f, m_i) = \frac{Q_f \cdot c_w + W(m_i) \cdot c_e}{Q_p} + \frac{\sum_{i=1}^{N} (0.33 \cdot n_i(Q_f) \cdot m_i \cdot c_{me} + 0.1 \cdot n_i(Q_f) \cdot c_v + n_i(Q_f) \cdot m_i \cdot c_{mm})}{Q_p \cdot 8400}, \quad (2.15)$$

де Q_f та Q_p – масові витрати вхідного потоку та пермеату, відповідно, W – потужність насоса, N – кількість підстадій у стадії; m_i – кількість послідовно з'єднаних елементів мембранних елементів i-ї підстадії; n_i – кількість паралельно з'єднаних мембранних модулів у підстадії; c_{me}, c_v – приведена вартість мембранних елементів і мембранотримачів, відповідно, c_{mm} – вартість обслуговування мембран, c_e – вартість електроенергії.

Постановка задачі оптимізації передбачає також формулювання обмежень, які визначаються конструктивними та технологічними параметрами системи, включаючи вимоги до кінцевого продукту (пермеату):

$$\overset{S.T.}{\begin{cases} 1 \le m_i \le 8; \quad 1 \le N \le 6; \quad C_p(Q_f) \le C_{p\,max}; \\ P_f(m_i) \le P_{f\,max}; \quad Q_f \cdot Y_i(m_i)/100\% = Q_p; \quad i = 1,...N, \end{cases}} \quad (2.16)$$

де P_f – тиск вхідного потоку, C_p – концентрація пермеату, Y_i – конверсія по пермеату i-ї підстадії.

Як видно з постановки задачі, цільова функція є нелінійною. Оскільки параметри оптимізації можуть набувати як дискретних, так і неперервних значень, вирази (2.15)–(2.16) маємо визначити як задачу частково-цілочисельного нелінійного математичного програмування (MINLP).

Відомо, що традиційні чисельні методи оптимізації не гарантують досягнення глобального оптимуму таких задач, особливо у випадку великої розмірності останніх [11]. Тому для розв'язання наведеної вище задачі оптимізації було вирішено застосувати випадкові методи пошуку. Аналіз досвіду структурної оптимізації схем водоспоживання та водоочищення методами випадкового пошуку (зокрема, методами нечіткого лінійного програмування [12], генетичними алгоритмами [13, 14, 15, 16], детерміновано-стохастичним методом Лууса-Яакаала [11], методом бджолиного рою Кеннеді–Еберхарта–Ши [17] тощо) дав авторам можливість обрати як метод чисельного пошуку оптимуму генетичні алгоритми. Серед сімейства генетичних алгоритмів як розрахунковий було обрано алгоритм GENOCOP [18] як такий, що найповніше задовольняє вимогам пошуку оптимуму задач нелінійного умовного програмування.

На основі зазначеного оптимізаційного підходу та описаної вище моделі системи було створено програмний продукт для оптимізації зворотноосмотичної системи очищення води.

Приклади розрахунків

Приклад 1. Було розраховано структуру підсистеми очищення води методом зворотного осмосу для підприємства по виробництву пива та інших напоїв продуктивністю 115 м^3/год, в якій використано мембрани типу FILMTEC XLE-440 фірми Dow Chemical. Підсистема складається з чотирьох установок, кожна з яких побудована з трьох підстадій (рисунок 2.5, *а*). Перша підстадія включає три модулі, які складається з п'яти мембранних елементів (рисунок 2.5, *б*), друга –два модулі з чотирьох мембранних елементів (рисунок 2.5, *в*), а третя – один модуль з п'яти мембранних елементів. Слід зазначити, що перевірочний розрахунок з використанням сертифікованого продукту ROSA 8.3.0 дав аналогічний результат (114,74 м^3/год).

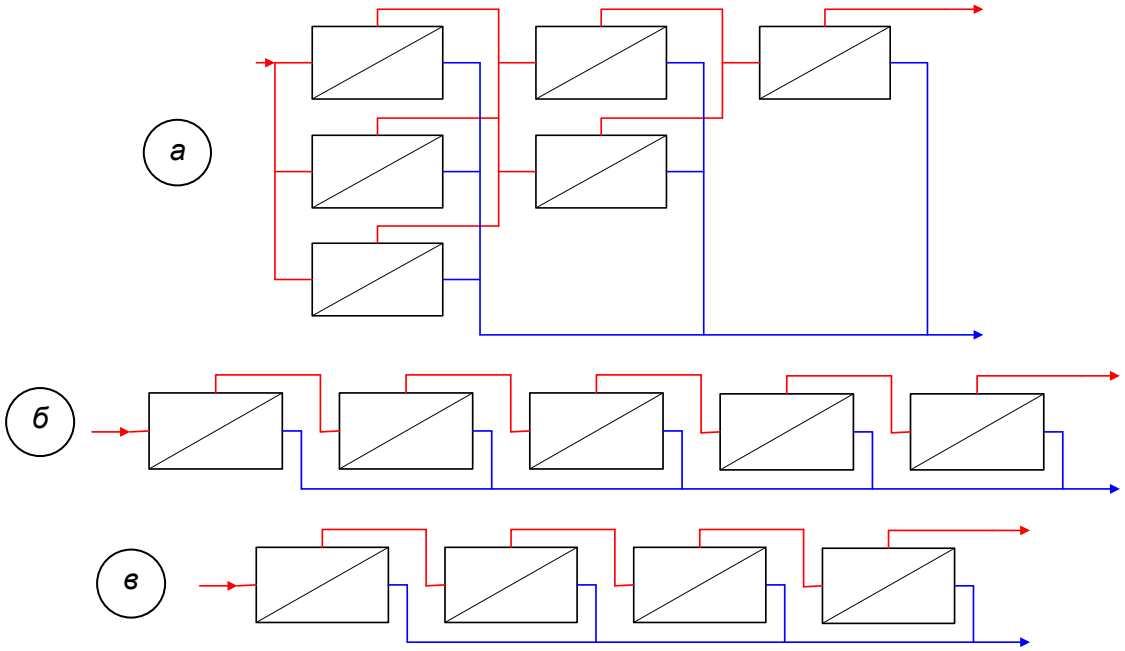
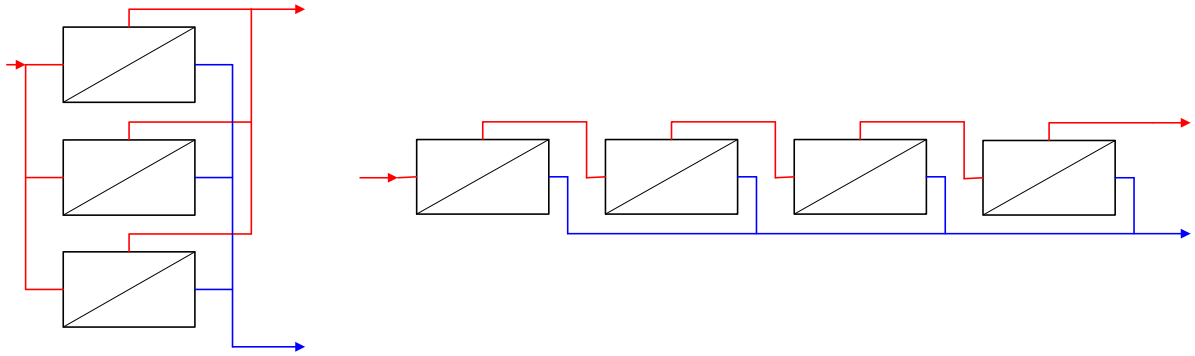


Рисунок 2.5 – Схеми:
а) розрахованої установки ЗО, *б*) поєднання мембранних елементів у модулях 1-ї та 3-ї підстадій, *в*) поєднання мембранних елементів у модулях 2-ї підстадії

Приклад 2. Розраховано структуру зворотноосмотичної підсистеми очищення води для підприємства по виробництву безалкогольних напоїв, яка складається з двох установок загальною продуктивністю 26 м^3/год. Кожна з установок включає три модулі (рисунок 2.6, *а*), які складається з чотирьох мембранних елементів типу FILMTEC XLE-440 (рисунок 2.6, *б*). Перевірочний розрахунок (ROSA 8.3.0) дав схожий результат (25,8 м^3/год).



а *б*

Рисунок 2.6 – Схеми:
а) розрахованої установки ЗО, *б*) поєднання мембранних елементів у модулях

Як можна бачити, пропонований підхід до проектування оптимальної підсистеми мембранної демінералізації води може бути використаний для вирішення практичних задач. Заслуговують на подальше дослідження проблеми інтеграції до пропонованого підходу (і, відповідно, до розробленого авторами програмного забезпечення) процедур параметричної оптимізації – заміни обладнання, підбору режимів руху потоків тощо.

Представлене дослідження виконане у межах проекту «Розроблення сталих промислових схем водного господарства» (номер державної реєстрації 0117U005297).

Література

1. Charting our water future: economic frameworks to inform decision-making. *The 2030 Water Resource Group*. 2009. 198 p. URL: https://www.mckinsey.com/~/ media/mckinsey/dotcom/client_service/sustainability/pdfs/charting%20our%20water%20future/charting_our_water_future_full_report_.ashx (last accessed: 30.10.2019).

2. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2017 році / М-во регіон. розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. Київ, 2018. 382 с. URL: http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/11/Proekt-Natsionalnoyi-dopovidi-za-2017-rik.pdf

3. Lonergan S., Vansickle T. Relationship between water quality and human health: a case study of the Linggi River Basin in Malaysia. *Social Science & Medicine.* 1991. Vol. 33 (8). P. 937–946. doi: 10.1016/0277-9536(91)90264-d

4. Sun F., Chen M., Chen J. Integrated management of source water quantity and quality for human health in a changing world. *Encyclopedia of Environmental Health*. 2011. P. 254–265. doi: 10.1016/b978-0-444-52272-6.00286

5. ДСанПін 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Затверджені наказом МОЗ України від 12.05.2010 № 400, зареєстровано в Мін'юсті України наказом від 01.07.2010 за № 452/17747.

6. Водоподготовка: справочник / под ред. С. Е. Беликова. Москва: Аква-Терм, 2007. 240 с.

7. Рябчиков Б. Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. Москва: ДеЛи принт, 2004. 301 с.

8. Kimura S., Sourirajan S. Analysis of data in reverse osmosis with porous cellulose acetate membranes used. *AIChE J.* 1967. Vol. 13 P. 497–503. doi: https://doi.org/10.1002/aic.690130319

9. FILMTEC Reverse osmosis membranes: technical manual; Dow Liquid Separations. 2010. 181 p.

10. Шоботов С. С., Квитка А. А., Фредж Фендри. Математическое моделирование процесса обратноосмотической деминерализации воды. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2009. № 2/10 (44). С. 55–58.

11. Studies in adaptive random search optimization for MINLP problems / R. Bochenek, J. Jeżowski, G. Poplewski, A. Jeżowska. *Computers & Chemical Engineering*. 1999. Vol. 23. Suppl. P. S483–S486. doi: https://doi.org/10.1016/S0098-1354(99)80119-7

12. Tan R. R., Cruz D. E. Synthesis of robust water reuse networks for single-component retrofit problems using symmetric fuzzy linear programming. *Computers & Chemical Engineering*. 2004. Vol. 28. P. 2547–2551. doi: https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2004.06.016

13. Lavric V., Iancu P., Plesu V. Genetic algorithm optimisation of water consumption and wastewater network topology. *Journal of Cleaner Production*. 2005. Vol. 13 (15). P. 1405–1415. doi:10.1016/j.jclepro. 2005.04.014

14. Chakraborty A. A globally convergent mathematical model for synthesizing topologically constrained water recycle networks. *Computers & Chemical Engineering.* 2009. Vol. 33 (7). P. 1279–1288. doi: 10.1016/j.compchemeng.2008.12.002

15. Шоботов С. С., Квітка О. О., Малецький З. В. Структурна оптимізація двостадійної мембранної системи демінералізації морської води. *Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті*. 2010. № 2. С. 59–72.

16. Halim I., Adhitya A., Srinivasan R. A novel application of genetic algorithm for synthesizing optimal water reuse network with multiple objectives. *Chemical Engineering Research and Design*. 2015. Vol. 100. P. 39–56. doi: 10.1016/j.cherd.2015.05.015

17. A methodology for the design of efficient resource conservation networks using adaptive swarm intelligence / R. R. Tan, K. Collong, D. C. Y. Foo et al. *Journal of Cleaner Production*. 2008. Vol. 16. P. 822–832. doi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.04.004

18. Michalewicz Z. Genetic algorithms + data structures = evolution programs. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York, 1996. 388 p.

2.4 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СУШИЛЬНО-ОХОЛОДЖУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ У ВИРОБНИЦТВІ ЦУКРУ

Бойко Т. В., *канд. техн. наук, доцент, в.о. завідувача кафедри КХТП*
Абрамова А. О., *канд. техн. наук, доцент кафедри КХТП*
Пшеничний М. Л., *студент кафедри КХТП*

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Проблема у загальному вигляді полягає у виборі такого способу сушіння, що забезпечує отримання готової продукції встановленої стандартом якості, зокрема вологості і температури цукру. Методи системного аналізу, математичного моделювання дають можливість ще на етапі проектування визначити як технологічні параметри, так і стратегії автоматизації процесу сушіння.

Розгляд попередніх матеріалів, в яких започатковано вирішення цієї проблеми та на які спираються автори, показав, що теоретичні основи процесу сушіння складалися в світі протягом близько 250 років та широко представлені у літературі [1–4]. Механізм обезводнення при сушінні базується на наукових основах тепло- та масопереносу [1, 2, 4]. Моделювання сушильно-охолоджувальної установки дає змогу оцінити зміну вологи матеріалу (цукру) і температурний профіль, що є основою для визначення обґрунтованих технологічних параметрів повного циклу сушіння та охолодження цукру. Багато авторів розглядають процес сушіння як один процес зі сталими коефіцієнтами і будують моделі з цих пропозицій [1]. Такий підхід дає змогу отримати простіші рішення математичних моделей та результат із прийнятною похибкою.

Розглянемо детальніше створення математичної моделі сушильно-охолоджувальної установки у виробництві цукру.

Правильно вибраний режим сушіння забезпечує як максимальну швидкість видалення вологи при найкращих технологічних властивостях матеріалів, так і мінімальні витрати тепла й енергії.

Моделювання сушильно-охолоджувальної установки дає змогу оцінити зміну вологи матеріалу (цукру), а також зміну температури, що дає можливість оцінити повний цикл сушіння й охолодження продукту.

Об’єктом моделювання виступає багатотрубна конвективна сушильно-охолоджувальна установка безперервної дії.

Процес сушіння являє собою поєднання процесів тепло- і масообміну. Найбільш поширену принципову схему конвективної сушарки зображено на рисунку 2.7 [4].

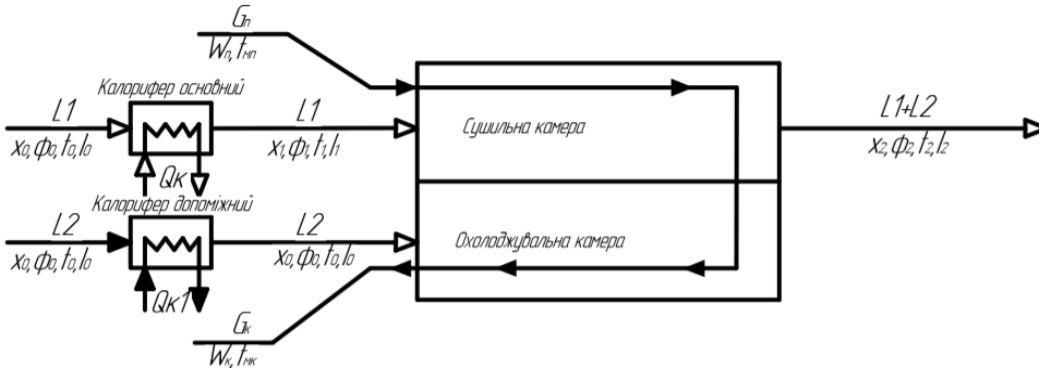


Рисунок 2.7 – Принципова схема конвективної сушарки

Вимоги щодо готового промислового продукту (цукру-піску) визначаються двома показниками: вологістю та температурою.

У процесі сушіння високовологих крупнопористих матеріалів з незначною енергією зв’язку вологи з матеріалом швидкість видалення вологи може бути прийнята постійною до досягнення матеріалом рівноважного влаговмісту. При цьому температура шару матеріалу та сушильного агента, що виходять із сушарки, буде близькою до адіабатичної температури насичення вхідного потоку сушильного агента (температури мокрого термометра) [2, 3].

Сушильно-охолоджувальна установка складається з двох камер (сушильної та охолоджувальної відповідно). Будуємо математичні моделі для кожної камери окремо. При цьому, приймаємо, що зміни параметрів при переході з однієї камери в другу не відбувається.

Для сушильної камери зроблено наступні допущення [5]: потік рівномірно розподіляється по всьому об’єму, що займає теплоносій; сушильний агент і матеріал рухаються в режимі ідеального витиснення; температура сушильного агента, що виходить з апарату, дорівнює

температурі мокрого термометра; швидкість видалення вологи з матеріалу постійна; все тепло, що передається від сушильного агента поверхні вологого матеріалу, витрачається на випаровування вологи; густини та теплоємності середовищ постійні в області робочих температур; втрати тепла в навколишнє середовище відсутні.

Для побудови математичної моделі сушильної камери технологічного апарату використано схему, зображену на рисунку 2.8.

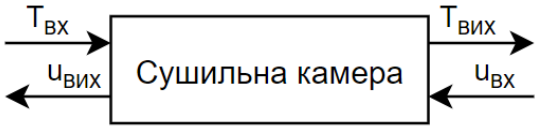


Рисунок 2.8 – Схема для побудови математичної моделі сушильної камери апарату

Така схема показує, що мінімальна кількість рівнянь математичної моделі дорівнює двом: перше рівняння показує зміну температури сушильного агента, а саме повітря; друге рівняння показує зміну вологості матеріалу. Слід зазначити, що відповідно до допущень температура цукру на виході буде приблизно такою ж, як і температура повітря, а вологість повітря на виході з сушильної камери не лімітується.

Математичну модель сушильної камери можна представити у вигляді (2.17) [4]:

$$\begin{cases} -G_{\text{п}} \cdot c_{\text{п}} \cdot \frac{dT}{dl} = \frac{6 \cdot (1-\varepsilon)}{d} \cdot \alpha \cdot (T_{\text{п}} - T_{\text{м.т}}) \cdot S \\ G_{\text{ц}} \cdot \rho_{\text{ц}} \cdot q_{\text{ц}} \cdot \frac{du}{dl} = \frac{6 \cdot (1-\varepsilon)}{d} \cdot \alpha \cdot (T_{\text{п}} - T_{\text{м.т}}) \cdot S \end{cases} \quad (2.17)$$

при граничних у мовах $T(\text{l} = 0) = T_{вх}$, $u(\text{l} = L) = u_{вх}$,

де d – діаметр частинок, м; $G_{\text{ц}}$ – масова витрата цукру, м^3/с; $G_{\text{п}}$ – масова витрата сушильного агента, кг/с; $T_{\text{п}}$ – температура повітря, °К; $T_{\text{м.т}}$ – температура мокрого термометра,°К; S – площа поперечного перерізу апарату, м^2; l – координата довжини апарату, м; $u_{\text{ц}}$ – вміст вологи в цукрі, кг вологи/кг сухого матеріалу; $q_{\text{ц}}$ – питома теплота випаровування цукру, кДж/кг; $c_{\text{п}}$ – теплоємність повітря, кДж/(кг·К); $\rho_{\text{ц}}$ – густина цукру, кг/м^3; ε – пористість шару матеріалу; α – коефіцієнт тепловіддачі від сушильного агента до матеріалу, кДж/(м^2·с·К).

Для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі застосовуються критеріальні рівняння [6]:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{l}, \quad (2.18)$$

де критерій Нусельта розраховується за формулою [6]

$$Nu = 2 + 1{,}05 \cdot Re^{0{,}5} \cdot Pr^{0{,}33} \cdot Gu^{0{,}175}. \quad (2.19)$$

Критерій Гуфмана Gu, введений у рівняння, враховує вплив

масообміну на теплообмін [6]:

$$Gu = \frac{(t_{ср} - t_м)}{(273 + t_{ср})}, \quad (2.20)$$

де $t_{ср}$ – середня температура газу, К; $t_м$ – температура мокрого термометра, К; критерій Рейнольдса [4]

$$Re = \frac{\upsilon \cdot l}{\nu}, \quad (2.21)$$

де υ – середня швидкість повітря, l – визначальний лінійний розмір.

Коефіцієнт теплопровідності (λ), кінематичний коефіцієнт в'язкості (ν), питому теплоємність (с) і величину критерію Прандтля (Pr) вибирають за таблицею фізичних властивостей повітря при середній температурі повітря.

Для побудови математичної моделі охолоджувальної камери використаємо схему (рисунок 2.9).

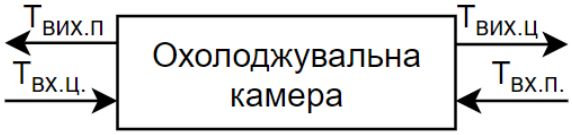


Рисунок 2.9 – Схема для побудови математичної моделі охолоджувальної камери апарату

Відповідно до схеми (рисунок 2.9) в математичну модель охолоджувальної камери необхідно включити два рівняння. Перше показує зміну температури повітря, друге описує зміну температури цукру.

Допущення для охолоджувальної камери [5]: рух повітря і цукру описується моделлю ідеального витиснення; коефіцієнт тепловіддачі постійний по всій поверхні теплообміну; витрати в навколишнє середовище не враховуються.

Оскільки сушильно-охолоджувальна установка має безперервний режим роботи, то охолоджувальна камера працює в статичному режимі, параметри $T_п$, $T_ц$ будуть змінюватися тільки по довжині і математична модель може бути записана у вигляді (2.22) [5]:

$$\begin{cases} -\upsilon_п \cdot c_п \cdot \frac{dT_п}{dl} - \frac{S}{L} \cdot K \cdot (T_п - T_ц) = 0 \\ \upsilon_ц \cdot c_ц \cdot \frac{dT_ц}{dl} + \frac{S}{L} \cdot K \cdot (T_п - T_ц) = 0 \end{cases} \quad (2.22)$$

при граничних умовах $T_п(l = 0) = T_{п.вх}$, $T_ц(l = L) = T_{ц.вх}$,

де $c_п$ – теплоємність повітря Дж/м^3·К; $c_ц$ – теплоємність цукру, Дж/м^3·К; L – довжина апарату, м; l – координата довжини апарату, м; $T_п$ – температура повітря, К; $T_ц$ – температура цукру, К; K − коефіцієнт тепловіддачі, Дж/м^2·с · К; $\upsilon_п$ – швидкість руху повітря, м/с; $\upsilon_ц$ – швидкості руху речовин,

м/с; t – координата часу, с.

Для знаходження коефіцієнта тепловіддачі можна скористатися рівнянням [6]

$$K = B \cdot \frac{(\rho_{\text{п}} \cdot \upsilon_{\text{п}})^{0,8}}{d^{0,2}}, \qquad (2.23)$$

де B – коефіцієнт (знаходиться за таблицею [1]), Вт/м^2·К; ρ – густина повітря, кг/м^3; d – діаметр труби, м.

Математичне моделювання за (2.17) для сушильної камери проведено при масовій витраті повітря 14,33 кг/с, масовій витраті цукру 27,28 кг/с, діаметрі частинок матеріалу 0,001 м. Розраховане значення коефіцієнта тепловіддачі від повітря до цукру – 43,30 Дж/(м^2·с·К). Результати рішення математичної моделі представлені значеннями температури залежно від висоти (рисунок 2.10, *а*), а також зміною значення вологості цукру залежно від висоти (рисунок 2.10, *б*) в трубах сушильної камери.

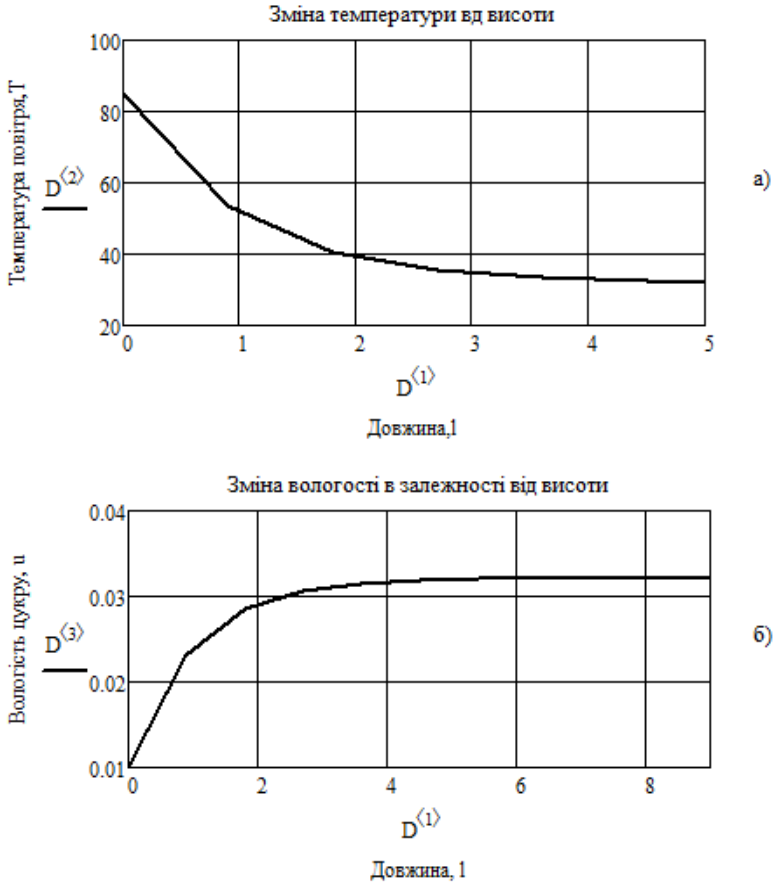


Рисунок 2.10 – Зміна значень залежно від висоти:
а) температури, *б*) вологості

Розрахунок процесу теплообміну в охолоджувальній камері з використанням математичної моделі (2.22) для охолоджувальної камери

проводився при сталих значеннях теплоємностей повітря (1006 Дж/м^3·К) та цукру (1407 Дж/м^3·К). Площа поперечного перерізу – 271 м^2, а вхідні температури повітря та цукру, відповідно, – 298 К (25 °С) та 303 К (30 °С), швидкість руху повітря – 2,46 м/с, швидкості руху цукру – 0,4 м/с.

Розраховані профілі температур залежно від довжини труб в охолоджувальній камері зображено на рисунку 2.11.

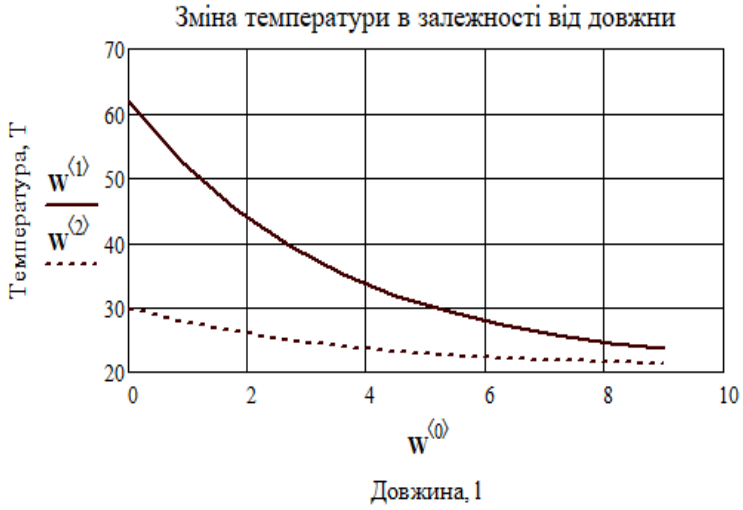


Рисунок 2.11 – Графік розподілу температур по довжині охолоджувальної камери

Слід зазначити, що розраховані параметри відповідають вимірюваним у виробництві.

Отже, представлені математичні моделі дають можливість повністю визначити залежності основних параметрів, таких як температури повітря і цукру та вологість кристалічного матеріалу, від довжини відповідної камери сушильно-охолоджувальної установки і, таким чином, обґрунтовано визначити геометричні розміри.

В подальшому вони можуть бути використані для розроблення системи автоматизації, що надасть змогу забезпечувати високу ефективність процесу у виробництві.

Література

1. Бордо О. Г. Эволюция сушильных установок. Одесса: Полиграф, 2010. 368 с.

2. Ефремов Г. И. Макрокинетика процессов переноса. Москва, 2001. 189 с.

3. Гришин М. А., Атаназевич В. И., Семенов Ю. Г. Установки для сушки пищевых продуктов: справочник. Москва: Агропромиздат, 1989.

4. Гинзбург А. С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. Москва, 1973. 528 с.

5. Математичне моделювання та оптимізація об’єктів хімічної технології: метод. вказівки до виконання лабораторних робіт для студ. напряму підготовки 6.051301 «Хімічна технологія» [Електронний ресурс] / уклад.: Бойко Т. В., Фоглер О. М., Абрамова А. О. Київ, 2014. 162 с. Систем. вимоги: Pentium; 256 Mb RAM; Windows 2000, XP, Vista; MS Word 97-2003. – Назва з екрану.

6. Губарева В. В. Расчет и проектирование конвективных сушильных установок. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 118 с.

2.5 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ УТИЛІЗАЦІЇ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ ВІД КОПТИЛЬНІ ТА КАВОВОЇ ЖАРОВНІ

Примиська С. О., *канд. техн. наук, доцент кафедри кібернетики хіміко-технологічних процесів,*
Безносик Ю. О., *канд. техн. наук, доцент кафедри кібернетики хіміко-технологічних процесів,*

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Решетіловський В. П., *д-р хім. наук, професор*

Institut fur Technische Chemie Technische Universität Dresden, Germany

За статистикою IIASA, в середньому близько 70 % усіх шкідливих викидів в атмосферу безпосередньо випускають об’єкти промисловості та енергетики, що призводить до непоправної шкоди здоров’ю людей. Ця проблема, яку багато країн намагається вирішити через імплементацію програм та стратегій, вже достатньо давно виходить на глобальний рівень. Технологічні процеси на підприємствах є різноманітними й супроводжуються виділенням в атмосферу значних кількостей забруднюючих речовин. Однією з актуальних проблем, яка стоїть сьогодні перед промисловістю України, є вдосконалення техніки і технології охорони навколишнього середовища. Вирішення цієї проблеми пов’язане з успіхами в галузі очищення технологічного газу. Від основного виробництва підприємств переробної промисловості в атмосферу надходять оксиди сірки, нітрогену та вуглецю. Серед них на частку

кавових жаровень та коптильних апаратів припадає значна частина викидів оксидів нітрогену та сірки [1].

Опис процесу копчення та жарення кавових зерен. Коптильня *Helia Smoker* є різновидом професійного устаткування, використовуваного спеціально для швидкого копчення риби, м'яса, а також інших продуктів. Конструкція такого апарату складається з металевого короба зі спеціальними решітками і додатковим піддоном. Температурний діапазон моделі: *max* температура становить 250 °С, *min* температура – 0 °С. Біохімічні зміни при копченні пов'язані з дією куховарської солі, нітриту, тканинних і мікробіологічних ферментів, компонентів диму і температури процесу. Глибина змін визначається видом продукту і способом копчення. В результаті денатурації звільняються приховані функціональні групи білків, зокрема *SH*-групи, що мають редукуючі властивості. Під впливом мікроорганізмів, а також редукуючих сполук з нітриту, що додається при засолі м'яса теплокровних тварин, звільняються оксиди нітрогену, що приводить до інтенсифікації забарвлення внутрішніх шарів м'яса під дією високої температури за участю забарвлених речовин диму. Під дією високої температури він деструктується з утворенням *NO*-гемохромогену, що надає рожево-червоного забарвлення копченому солоному м'ясу.

Процес жарення кавових бобів проводять при температурі 200…500 °С протягом 5…20 хв залежно від бажаного кольору кавового боба і аромату. Жаровні – горизонтальні барабани, наповнені зеленими кавовими бобами, що обертаються під дією гарячих горючих газів. Емісії твердих частинок від жаровні регулюються високоефективними циклонами.

Значна частина газоподібних емісій припадає на оксиди нітрогену та сірки. Очищення ж від оксидів нітрогену та сірки зазвичай не виконується, незважаючи на їх значний вміст у викидних газах. Так, при продуктивності жаровні/коптильного апарату 1 кВт/рік або 1 т зеленої кави/години / 1 т копченого продукту, часі роботи в рік 5200 год маємо наступні показники (таблиця 2.1) [2, 3].

Таблиця 2.1 – Питомі викиди шкідливих речовин від жаровні

Об'єкт	Забруднювач	Коефіцієнт викидів, кг/кВт	кВт/рік	т/рік
Коптильня	NO	0,042	1	0.1
	SO_2	0,0027	1	0.1
Кавова жаровня	NO	0,057	1	0.1
	SO_2	0,003	1	0.1

Опис методу знешкодження газових викидів. Адсорбційні методи базуються на вибірковому виділенні з парогазової суміші певних компонентів за допомогою адсорбентів – твердих високопористих матеріалів, що мають розвинену питому поверхню $S_{пит}$ ($S_{пит}$ – відношення поверхні до маси, $м^2/г$). Дотепер найбільш ефективним сорбентом було активоване вугілля, проте в процесі адсорбції й, особливо, десорбції воно швидко окиснюється, унаслідок чого виникає небезпека самозапалення сорбенту; крім того, активоване вугілля має низьку механічну міцність і забезпечує тільки 85…90 % видалення оксидів нітрогену. Алюмогель має порівняно невелику адсорбційну місткість і недостатню стійкість. Як тверді сорбенти досліджено активоване вугілля, силікагель, алюмогель, алюмосилікат і синтетичні цеоліти. Найкращими з випробуваних сорбентів є синтетичні цеоліти. Здатність цеолітів після дегідратації сорбувати молекули різних газів, розміри яких не перевищують розміри «вхідних пор» у внутрішньокристалічній порожнині, є основним застосуванням цеолітів як адсорбентів. Головним недоліком процесу адсорбції, відомим на сьогодні, є зниження адсорбційної активності пористих сорбентів, значні витрати на регенерацію. В разі використання синтетичних цеолітів як адсорбента ми позбавляємося цих недоліків. За рахунок того, що цеоліти не втрачають своєї активності при адсорбційно-регенераційних циклах, процес ефективно проходить вже при температурах 298…303 ºС, що вказує на мінімальні енергетичні витрати, відсутність необхідності введення додаткового газу відновника, селективність відносно деякого адсорбата. Окрім того, при фізичній адсорбції спостерігається велика поглинальна здатність при низьких парціальних тисках компонентів, які вилучаються, що дає змогу обробляти достатньо малою кількістю адсорбента величезні об’єми газів і досягати при цьому високого ступеня очищення; зникає небезпека забруднення технологічного газу вторинними домішками.

Застосування адсорбційного методу є особливо раціональним для видалення слабко окиснених оксидів нітрогену та сірки, що містяться в малих концентраціях. Капітальні й експлуатаційні витрати за адсорбційним методом очищення хвостових газів від оксидів нітрогену та сірки значно нижчі, ніж при каталітичному очищенні, внаслідок чого цей метод є найбільш перспективним з економічної та технологічної точок зору [4, 5].

Математичне моделювання. Існуючі і проектовані системи можна ефективно досліджувати за допомогою математичних моделей (аналітичних та імітаційних), що реалізовуються на сучасних ЕОМ, які в цьому випадку виступають як інструмент експериментатора з моделлю системи.

Враховуючи унікальні властивості цеолітів, миттєвість розподілу концентрації по об'єму цеоліту, математична модель представлена системою диференціальних рівнянь першого порядку, де концентрація адсорбата – функція одного параметра (часу). Загальний адсорбційний об'єм було розділено на k V_i об'ємів та по деякому V_i побудовано матеріальний баланс, в припущенні, що кількість моль газу, яка втратилась під час адсорбції за одиницю часу, дорівнює кількості моль газу, яка поглинається адсорбентом за рахунок Ван-дер-Вальсових сил та цеолітової дифузії [6]:

$$\frac{dy_{out,i}^{NO}}{dt} = \frac{2RT}{\varepsilon V_i P_t}\left[\frac{FP_t}{RT}(y_{in,i}^{NO} - y_{out,i}^{NO}) - k^{NO}\cdot\overline{y_i}\cdot\theta_{V,i}\cdot q_{0\lambda}\cdot w_i\right], \quad (2.24)$$

$$\frac{dy_{out,i}^{SO_2}}{dt} = \frac{2RT}{\varepsilon V_i P_t}\left[\frac{FP_t}{RT}(y_{in,i}^{SO_2} - y_{out,i}^{SO_2}) - k^{SO_2}\cdot\overline{y_i}\cdot\theta_{V,i}\cdot q_{0\gamma}\cdot w_i\right],$$

$$\theta_{V,i} = \frac{FP_t}{m_{ad}RT}(M^{NO}\cdot y_{in,i}^{NO}\cdot t_s + M^{SO_2}\cdot y_{in,i}^{SO_2}\cdot t_s -$$

$$- M^{NO}\cdot\sum_0^{t_s}\frac{\overline{y_i}}{y_{in,i}^{NO}}dt - M^{SO_2}\cdot\sum_0^{t_s}\frac{\overline{y_i}}{y_{in,i}^{SO_2}}dt), \quad (2.25)$$

$$i = \overline{1,k}.$$

де F – витрата газу, м^3/год; R – газова стала, (Па*м^3)/(моль*К); T – температура, К; P_t – загальний тиск, Па; $\overline{y_i} = (y_{in,i} - y_{out,i})/2$ – середня мольна частка газу в i-му об'ємі; M – молярна маса NO, кг/моль; k – постійний коефіцієнт, с$^{-1}$; ε – порожність; θ_v – адсорбційна здатність; t_s – час насичення адсорбента, год; q_0 – поглинена кількість адсорбованого NO, SO_2 на одиницю маси адсорбента, моль/кг; V – об'єм цеоліту, м^3; w – маса цеоліту, кг; α, γ – спеціальні коефіцієнти.

Початкові умови процесу адсорбції:

$$t = t_0,\ y(t_0) = y_0,$$
$$\theta_V(0) = 1. \quad (2.26)$$

Для розрахунку за математичною моделлю було розроблено програмний пакет *ZEOAD*, в основу якого покладено різницеву схему задачі Коші. В результаті розрахунку за моделлю отримано значення концентрації оксиду нітрогену в адсорбенті у часі для кожного нового обчислення, масу адсорбованого оксиду та час насичення адсорбента.

Так, згідно з розрахунками за математичною моделлю при даних технологічних параметрах маса адсорбента, необхідна для поглинання річної кількості викидів оксидів нітрогену та сірки від коптильні та

кавової жаровні, становить 4,3 та 5,2 тон цеоліту *LiLSX* відповідно.

Нова технологія очищення викидних газів від оксидів нітрогену та сірки може знайти широке застосування в харчовій промисловості, зокрема для очищення газових викидів кавових жаровень, коптилень тощо.

Література

1. Prymyska S. Modeling the adsorption process of SO_2, NO, and CO_2 over modified zeolite. *Znanie*. 2017. № 8 (1). P. 37–41.
2. Coffee processing. *Air Pollution Engineering Manual*, *Van Nostrand Reinhold /* Ostendorf K. G. (ed.). New York, NY, 1992.
3. Studies of carbon dioxide and nitrogen monoxide removal from exhaust gas through adsorption on molecular sieves / G. Statyukha, S. Prymyska, Yu. Beznosyk, W. Reshetilowski. *CHISA2010,* (28 Aug. – 1 Sept. 2010). Prague, Czech Republic, 2010.
4. Prymyska S., Beznosyk Yu., Reshetilowski W. Numerical study of the nitrogen oxides adsorption and storage. *East European Journal of advanced technologies*. 2014. No. 2 (6). P. 46–49.
5. Prymyska S., Beznosyk Yu., Reshetilowski W. Computer simulation of gas purification on zeolites. *East European Journal of advanced technologies*. 2010. No. 10 (44). P. 40–42.
6. Prymyska S., Beznosyk Yu., Reshetilowski W. Simulation of the gas simultaneous adsorption over natural and modified zeolite. *East European Journal of advanced technologies*. 2015. No. 2/6 (74). P. 34–37.

2.6 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ДІЇ ІНГІБІТОРІВ ЕНЗИМІВ

Кукуєва В. В., *канд. хім. наук, доцент кафедри харчових технологій*

Черкаський державний технологічний університет

Враховуючи, що стан здоров’я населення України знаходиться у прямій залежності від харчування, дослідження взаємодії ферментів та інгібіторів у системі травлення є актуальною науковою проблемою. Як відомо, травні ферменти й інгібітори травних ферментів є ефективними коректорами процесів травлення в організмі, порушення яких призводить до різних захворювань (діабет, гіперліпідемія, серцево-судинні захворювання, новоутворення та інші). Проблема порушення функціонування травної системи, що розцінюється як епідеміологічна,

вирішується за допомогою медикаментозних засобів, які є препаратами ферментів переважно тваринного або мікробного походження і синтетичних інгібіторів. Використання рослинних аналогів, які за багатьма показниками їх перевершують, сьогодні розглядається як альтернативний шлях корегування функції органів травлення. Так, рослинні ферменти не призводять до пригнічення продукування власних травних ферментів організму (не викликають ефекту «звикання»), характеризуються низьким алергізуючим потенціалом і незначною токсичністю [1].

Високоспецифічна спорідненість інгібіторів до ензимів в організмі людини визначається їх міжмолекулярними взаємодіями з окремими активними складовими. До недавнього часу фізична природа таких взаємодій була недосяжним завданням для неемпіричних досліджень через великий розмір задіяних молекулярних систем. Попри значний прогрес у сучасній теорії міжмолекулярної взаємодії [2, 3], відповідні неемпіричні розрахунки обмежувалися порівняно невеликими молекулярними системами, що містять кілька атомів і не перевищують 100–200 атомних орбіталей [4]. Застосування прямої версії гібридного розкладання СУП (самоузгодженого поля) у межах варіаційного збурення відкриває можливість розрахунків енергії стабілізації активних інгібувальних частинок, що дає змогу розробити систематичним шляхом більш наближені теоретичні моделі та визначити розмір мінімальної моделі активного зразка ензиму. В роботі [5] одержано пряму кореляцію експериментальних результатів з теоретичними величинами.

Зростання та поширення ракових клітин значно залежать від якості позаклітинної матриці (ECM). Знищення цього унікального білкового щита дає можливість раковим клітинам не тільки зростати, але й рухатися, залишати місце свого утворення та поширюватися по всьому тілу, захоплюючи віддалені місця. Найважливішим кроком цього процесу, що називається метастазуванням, є протеоліз білків позаклітинної матриці. Деякі протеази, такі як матричні металопротеази (MMP) та серинові протеази (наприклад плазмін, урокіназа), беруть участь прямо чи опосередковано в процесі руйнування ECM [7, 8].

Основну роль у деструкції структурних білків ECM відіграє плазміногенний активатор типу урокінази (uPA) – трипсиноподібна серинова протеаза широкого спектра дії, яка активує плазміноген. Форма активного плазміногену, плазміну, безпосередньо гідролізує структурний ECM таких білків, як фібрин, фібронектин або ламінін [9, 10]. Найважливіше, що плазмін також бере участь у частковій активації MMP-3, який, у свою чергу, активує кілька MMP (наприклад MMP-1, MMP-7, MMP-8, MMP-9), що руйнують структуру білків [11–13]. Він також змінює

про-урокіназу у форму, що дає взаємну активацію обох протеаз, внаслідок чого сильна протеолітична сила зосереджена на поверхні мембрани ракової клітини.

Процес ангіогенезу регулюється механізмом, подібним до метастазів, що включає систему діяльності uPA/плазміну. Високу концентрацію активної урокінази разом з її рецептором (CD87) було знайдено на зовнішній оболонці зростаючих ендотеліальних клітин, які утворюють судини [14]. Зростання мережі судин, з одного боку, має важливе значення для здорового розвитку організму, з другого боку, воно небажане під час зростання та прогресування пухлини. Якби ангіогенез раку міг бути попереджений, коли пухлина становить близько 3 мм^3, це привело би до її загибелі через високий рівень токсичних метаболітів і брак кисню та живлення [15]. Через його значення для росту та розвитку пухлини uPA є привабливою молекулярною мішенню в протиракoвій терапії. Молекули, здатні інгібувати протеолітичну активність урокінази, можуть бути перспективними протиракoвими засобами.

Серед різноманітних груп низькомолекулярних інгібіторів uPA наша увага приділена фосфонатним аналогам амінокислот [16]. α-аміноалкілфосфонатні ефіри дифенілу відомі як повільні зв'язуючі інгібітори серинових протеаз [17]. Вони дуже специфічні щодо цільової протеази і стабільні у фізіологічних умовах. На відміну від інших синтетичних інгібіторів серинових протеаз, ароматичні ефіри α-амінофосфонати не реагують з цистеїновими протеазами і протеасомними треоніновими протеазами. Незважаючи на те, що деякі фосфонатні інгібітори серинових протеаз були синтезовані [13–15], лише деякі статті описують їх застосування як інгібіторів uPA [16–18]. Модельні структури деяких фосфоровмісних пептидаз, які можуть виступати інгібіторами серинових протеаз, зображено на рисунку 2.12.

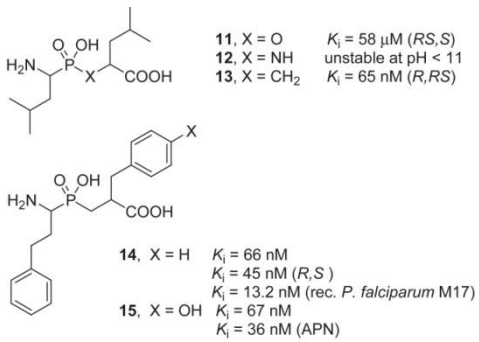


Рисунок 2.12 – Фосфоровмісні псевдопептидази як інгібітори ММР-7 амінопептидази лейцину

Незважаючи на загальні знання про режим α-аміноалкілфосфонату,

дифенілові ефіри, що зв'язуються з сериновими протеазами [18] (отриманий з доступних кристалографічних даних [24]), фактичний спосіб взаємодії цього класу сполук з урокіназою ще експериментально не досліджений. Хоча деякі особливості, які мають вирішальне значення для зв'язування, було визначено [25], їх участь у взаємодії протеїн-лігандів також не зрозуміла. Для уточнення цих питань і щоб отримати уявлення про джерело інгібувальної активності та вибірковість кількох відомих інгібіторів [22, 26], моделювання зіткнення було виконано з подальшим неемпіричним аналізом сили та фізичного характеру взаємодій, що відбуваються в uPA-активному зразку.

Очевидно, експериментальні вимірювання з метою виявлення вільної енергії зв'язування Гіббса, яка, у свою чергу, складається як з ентальпійного, так і ентропійного внеску, а також наслідків десольвації ускладнені, вони потребують використання досконалих методів моделювання [27]. Кожний раз, коли розглядається набір подібних лігандів, їх порівняльні характеристики, з точки зору десольвації, енергії реорганізації протеїну (ліганда) та конформаційної ентропії, часто постійні по всій серії, і, отже, вона, як правило, незначна доти, поки враховуються відносні значення. Відповідно, обчислювально дороге оцінювання вільної енергії зв'язування, яке вимагає використання емпіричних силових полів, замінене точними неемпіричними квантово-хімічними розрахунками вільної енергії Гіббса, яка є найбільш вираженим внеском у спорідненість зв'язків.

Структура досліджуваного інгібітору у R-енантіомерній формі спочатку була оптимізована на теоретичному рівні HF/6-31G (d) [28]. Під час процедури зіткнення активний центр був визначений так, щоб включати всі залишки в радіусі 20 Å від залишку Ser195. Структуру рецепторів розглядали як жорстку, тоді як молекулам інгібітору було дозволено регулювати їх конформацію, оптимізувати їх пристосування до активного зразка uPA. Під час оптимізації обидва активні центри ферменту (визначено для моменту зіткнення) та молекули інгібітору були гнучкими. Критерієм збіжності був градієнт енергії, не більший 0,05 ккал моль$^{-1}$/Å. Міжмолекулярну взаємодію в комплексі зіткнення протеїн-лігандів проаналізовано методом ab initio, використовуючи варіаційно-збурений підхід [29], що дає можливість розділити енергію зв'язування на фізично важливі складові, які визначають фактичний характер взаємодій. Отже, відповідно до варіаційно-збуреної процедури повна енергія стабілізації другого порядку теорії Мюллера–Плессета складається з електростатичного ($E_{el}^{(1)}$), обмінного ($E_{ex}^{(1)}$), делокалізаційного($E_{del}^{(R)}$) та кореляційного ($E_{cor}^{(R)}$) компонентів:

$$E_{MP2} = E_{el}^{(1)} + E_{ex}^{(1)} + E_{del}^{(R)} + E_{cor}^{(R)}. \qquad (2.27)$$

Налагоджену серію описаних теоретичних моделей, поступово збільшуючи точність та обчислювальні витрати, можна сформувати, даючи можливість раціонального розвитку точності приблизних моделей в наступному порядку:

$$E_{el}^{(1)} < E^{(1)} < E_{ССП} < E_{MP2}. \quad (2.28)$$

У наведеному виразі $E^{(1)}$ позначає енергію Гайтлера–Лондона першого порядку, яка складається з електронної енергії і енергії зв'язування:

$$E^{(1)} = E_{el}^{(1)} + E_{ex}^{(1)}. \quad (2.29)$$

Всі доданки, які описують міжмолекулярну взаємодію, виведені з використанням димер-центрованого базисного набору для урахування помилки суперпозиції [29]. Енергія зв'язування обчислена з базисним набором 6-31G (d) з використанням модифікованої версії програми GAMESS-US [30]. Для зменшення розміру системи вибрані молекулярні фрагменти, найбільш віддалені від молекули інгібітору, були знехтувані. Зокрема, основний ланцюг аміногрупи Asp189 був замінений атомом гідрогену. З Pro225 залишок взаємодіє з інгібітором переважно через його основний ланцюг атомів, тільки останні розглядалися разом з головним ланцюгом карбонільної групи попереднього залишку (тобто Lys224), а також аміногрупи наступного залишку Gly226. Фактична взаємодія відбувається між фосфатною частиною молекули інгібітору і гідрогеном uPA. Усі розірвані зв'язки були насичені атомами водню. Інгібіторні структури також були спрощені, у цьому дослідженні для включення розглядається лише змінна частина α-амінофосфонатів. Усі молекули інгібіторів несли позитивний заряд (+1), тоді як залишки uPA моделювали як нейтральні види (крім негативно зарядженого аспартату Asp189). Енергію стабілізації потім оцінювали попарно шляхом загального зв'язування енергії конкретних інгібіторів, що становить суму двоточкової взаємодії. Приблизну спрощену модель для дослідження зображено на рисунку 2.13.

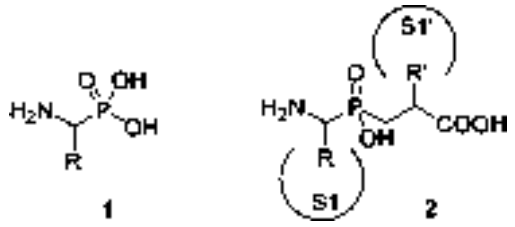


Рисунок 2.13 – Спрощена модель для дослідження перехідного стану реакції переносу атома гідрогену від протеїну до інгібітора

Результати квантово-хімічних розрахунків за методом Хартрі–Фока з використанням базисного набору 6-31 G* подано в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Квантово-хімічний розрахунок

	Частоти PVTZ з геометрії PVDZ					Елек-тронна енергія, E_{el}
	H-H	PO_2	HOPO	ПС	$HOPO_2$	H
Сума електронної і теплової ентальпії	-1,152	-491,133	-491,775	-492,235	-566,924	-0,499
Сума електронної і теплової вільної енергії	-1,167	-491,162	-491,806	-492,266	-566,955	
OPOH+H* -> PO2 + H2	a.u.	kcal/mol	kJ/mol			
ΔH_r	-0,0109	-6,8365	-28,5767			
ΔG_r	-0,0235	-14,7607	-61,6998			
	a.u.					
ΔG_{act}	0,0386	24,2591	101,4029			
k(T)=(k(B)*T)/(h*c)* exp(-ΔG*1000/(RT))	$1{,}02189 \cdot 10^5$					

Аналіз результатів дослідження показує поступове зменшення як ентальпійної складової, так і вільної енергії у міру зростання розміру частинок. Енергія перехідного стану (ПС) у випадку аналізу ентальпійної складової відрізняється лише на 0,033 одиниці від вільної енергії. Можна зробити висновок про несуттєві ентальпійні й ентропійні внески до енергії зв'язування інгібітору з субстратом uPA. Одержані дані також дали змогу обчислити константу швидкості досліджуваної реакції, яка становить $\upsilon=1.02189 \cdot 10^5$a.o., що знаходиться в межах прийнятного узгодження з експериментальними даними [31].

Розвиток теорії сильних та селективних інгібіторів серинової протеази урокінази здавна був і залишається непростим процесом. Початкові дослідження молекули інгібітору uPA спиралися на природні та синтезовані похідні амінокислот і малих пептидів, що зв'язуються, імовірно, в ті ж ділянки активної частинки, що й циклічний неапептид плазміногену. Ці ранні дослідження привели до розвитку потужних інгібіторів пептидної урокінази, які нині проходять доклінічне оцінювання як протиракові засоби. Рентгенологічний аналіз комплексів фермент–інгібітор дав можливість детально вивчити важливі взаємодії інгібітор–протеїн для існуючих інгібіторів uPA. Вивчення механізму інгібувальної дії на основі структури постійно тестує та удосконалює гіпотези оптимальних структурних характеристик, необхідних для сприятливої взаємодії інгібіторів і ферментів.

Зважаючи на те, що енергія електростатичної взаємодії виявляється

розумним підходом до аналізу комплексів зіткнення, енергія електростатичної стабілізації деяких інгібіторів uPA збігається з їх інгібувальною активністю, що свідчить про мізерні ентальпійні та ентропійні внески до спорідненості зв'язування. Отже, обрана спрощена модель дає змогу з прийнятною точністю описати механізм інгібування uPA.

Література

1. Черно Н. К., Крусір Г. В., Коваленко О. В. Біокоректори процесів травлення: монографія. Одеса: Астропринт, 2010. 240 с.
2. Szalewicz K., Jeziorski B. Molecular interactions, from van der Waals to strongly bound complexes / S. Scheiner (ed.). Wiley, Chichester, 1997.
3. Stone A. J. The theory of intermolecular forces. Clarendon Press, Oxford, 1996.
4. Alagona G., Ghio C., Monti S. *The Journal of Physical Chemistry A.* 1998. Vol. 102. P. 6152.
5. Grembecka J. et al. *Chemical Physics Letters.* 1999. Vol. 313. P. 385–392.
6. Liotta L. A., Kohn E. C. *Nature*. 2001. Vol. 411. P. 375–379.
7. Sheetz P, Felsenfeld D. P., Galbraith C. G. *Trends in Cell Biology*. 1998. Vol. 8. P. 51–54.
8. Grzywa R., Dyguda-Kazimierowicz E., Sienczyk M. et al. *Journal of Molecular Modeling.* 2007. Vol. 13. P. 677–683.
9. Danø K., Andreasen P. A., Grøndhal-Hansen J. et al. *Advances in Cancer Research*. 1985. Vol. 44. P. 139–266.
10. Andreasen P. A., Kjøller L., Christensen L., Duffy M. J. *International Journal of Cance*r. 1997. Vol. 72. P. 1–22.
11. Birkedal-Hansen H., Moore W. G., Bodden M. K. et al. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine.* 1993. Iss. 4. P. 197–250.
12. Murphy G., Gavrilovic J. *Current Opinion in Cell Biology*. 1999. Vol. 11. P. 614–621.
13. Nagase H., Suzuki K., Enghild J. J., Salvesen G. *Biomed Biochim Acta.* 1991. Vol. 50. P. 749–754.
14. Folkman J. *Nature Medicine*. 1995. Vol. 1. P. 27–31.
15. Rockway T. W., Giranda V. L. *Current Pharmaceutical Design*. 2003. Vol. 9. P. 1483–1498.
16. Oleksyszyn J., Subotkowska L., Mastalerz P. Synthesis. 1979. P. 985–986.
17. Oleksyszyn J., Powers J. C. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 1989. Vol. 161. P. 143–149.
18. Oleksyszyn J., Powers J. C. Amino acid and peptide phosphonate derivatives as specific inhibitors of serine peptidases. *Methods in Enzymology* / Barret A. J. (ed.). San Diego: Academic Press, 1994. Vol. 244. P. 423–441.

19. Oleksyszyn J., Powers J. C. *Biochemistry*. 1991. Vol. 30. P. 485–493.

20. Oleksyszyn J. Aminophosphonic and aminophosphinic acid derivatives in the design of transition state analogue inhibitors: biomedical opportunities and limitations. *Aminophosphonic and aminophosphinic acids. Chemistry and biological activity* / Kukhar V. P., Hudson H. R. (eds.). Wiley, Chichester, 2000. P. 537–558.

21. Fastrez J., Jespers L., Lison D. et al. *Tetrahedron Letters*. 1989. Vol. 30. P. 6861–6864.

22. Joosens J., Van der Veken P., Lambeir A.-M. et al. *Journal of Medicinal Chemistry*. 2004. Vol. 47. P. 2411–2413.

23. Joossens J., Van der Veken P., Surpateanu G. et al. *Journal of Medicinal Chemistry*. 2006. Vol. 49. P. 5785–5793.

24. Bertrand J. A., Oleksyszyn J., Kam C. M. et al. *Biochemistry*. 1996. Vol. 35. P. 3147–3155.

25. Spraggon G., Phillips C., Nowak U. K. et al. *Structure.* 1995. Vol. 3. P. 681–691.

26. Oleksyszyn J., Boduszek B., Kam C.-M., Powers J. C. *Journal of Medicinal Chemistry*. 1994. Vol. 37. P. 226–231.

27. Sieńczyk M. Doctoral thesis. Wrocław, 2006.

28. Moreira I. S., Fernandes P. A., Ramos M. J. Computational determination of the relative free energy of binding. *Molecular materials with specific interactions – modeling and design. Series: Challenges and advances in computational chemistry and physics* / Sokalski W. A. (ed.). Springer, Berlin. Heidelberg New York, 2007. Vol. 4. P. 305–340.

29. Dyguda E., Grembecka J., Sokalski W. A., Leszczyński J. *Journal of the American Chemical Society.* 2005. Vol. 126. P. 1658–1659.

30. Frisch M. J., Trucks G. W., Schlegel H. B., Scuseria G. E., Robb M. A., Cheeseman J. R., Montgomery J. R., Vreven T., Kudin K. N., Burant J. C., Millam J. M., Iyengar S. S., Tomasi J., Barone V., Mennucci B., Cossi M., Scalmani G., Rega N., Petersson G. A., Nakatsuji H., Hada M., Ehara M., Toyota K., Fukuda R., Hasegawa J., Ishida M., Nakajima T., Honda Y., Kitao O., Nakai H., Klene M., Li X., Knox J. E., Hratchian H. P., Cross J. B., Adamo C., Jaramillo J., Gomperts R., Stratmann R. E., Yazyev O., Austin A. J., Cammi R., Pomelli C., Ochterski J. W., Ayala P. Y., Morokuma K., Voth G. A., Salvador P., Dannenberg J. J., Zakrzewski V. G., Dapprich S., Daniels A. D., Strain M. C., Farkas O., Malick D. K., Rabuck A. D., Raghavachari K., Foresman J. B., Ortiz J. V., Cui Q., Baboul A. G., Clifford S., Cioslowski J., Stefanov B. B., Liu G., Liashenko A., Piskorz P., Komaromi I., Martin R. L., Fox D. J., Keith T., Al-Laham M. A., Peng C. Y., Nanayakkara A., Challacombe M., Gill P. M. W., Johnson B., Chen W., Wong M. W., Gonzalez C., Pople J. A. *Gaussian 03.* Gaussian, Wallingford CT, 2004.

31. Niki E. Lipid peroxidation. *Encyclopedia of Radicals in Chemistry, Biology and Materials.* 2012. No. 3. P. 30.

РОЗДІЛ 3

СУЧАСНІ АСПЕКТИ ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ

3.1 ЗДОРОВЕ ХАРЧУВАННЯ – ЗАПОРУКА ЗДОРОВ'Я НАЦІЇ І ЯКОСТІ ЖИТТЯ ЛЮДИНИ

Осипенкова І. І., *канд. техн. наук,*
завідувач кафедри харчових технологій,
Полумбрик О. М., *д-р хім. наук,*
професор кафедри харчових технологій

Черкаський державний технологічний університет

Харчування є головним біологічним процесом життєдіяльності людини і одним із ключових аспектів взаємодії її з навколишнім природним середовищем. Біокомпоненти харчових продуктів перетворюються в процесах метаболізму на нанорозмірні складові і визначають фізичну та розумову діяльність, працездатність, імунний статус, довголіття і стан здоров'я в цілому. За своїм значенням здоров'я нації відноситься до основних чинників національної безпеки України. Перед харчовиками і аграріями держави стоїть задача забезпечення повноцінного, якісного і безпечного харчування, що сприяє покращенню стану здоров'я населення, розвитку індустрії здорового харчування, розробці і виробництву іноваційної продукції. На здоров'я людини впливає несприятлива екологічна ситуація, пов'язана з забрудненням води, повітря, ґрунту; радіація, фонові техногенні електромагнітні поля, непередбачені зміни кліматичних умов, зокрема потепління, і особливо якість продуктів харчування. Великий вплив на здоров'я людини мають спосіб життя, якість медичного обслуговування, генетичний фонд популяції.

Проблема здорового харчування особливо актуальна для України, оскільки значна частина населення проживає в екологічно небезпечних районах.

За останні роки спостерігається тенденція до зменшення фізичної активності населення, збільшення психоемоційного навантаження, що призводить до зменшення неспецифічної резистентності щодо несприятливих чинників навколишнього середовища. Відбуваються несприятливі зміни і в харчуванні – втрата різноманітності; вузький стандартний набір декількох основних груп продуктів і готових страв, різке зменшення споживання свіжої рослинної їжі, багатої на вітаміни і мінеральні речовини. Українці в своєму раціоні почали більше споживати продукти харчування промислового виробництва, в яких у процесах технологічної переробки природної сировини значно зменшується кількість макро- і мікронутрієнтів. За оцінками експертів Всесвітньої організації охорони здоров'я, дефіцит мікронутрієнтів стає головною кризою в харчуванні населення Землі.

Все більший вплив на харчування населення України роблять продукти промислового виробництва. Українці все частіше харчуються поза домом, споживаючи вуличну їжу, в якій багато калорій за рахунок цукру і жирів, проте замало вітамінів і мінеральних речовин. В умовах глобалізації та економічної кризи в Україну швидко просуваються транснаціональні компанії, що випускають популярні серед населення висококалорійні продукти. Виробники прагнуть здешевити свою продукцію за рахунок харчових добавок, це призводить до мікронутрієнтного дефіциту в раціоні харчування, що особливо небезпечно для дітей дошкільного і шкільного віку. Таким чином, статус якості харчових продуктів перетворюється на суто економічну проблему. Таке становище не може не впливати на здоров'я людини.

Аналізуючи сучасну структуру харчуваня, слід відзначити такі порушення харчового статусу: 1) дефіцит мінеральних речовин і вітамінів, що призводить до так званого прихованого голоду; 2) дефіцит тваринних білків, особливо серед бідного населення; 3) дефіцит поліненасичених жирних кислот; 4) нестача харчових волокон; 5) надлишкове надходження тваринних жирів, цукру, солі. Серед мінеральних речовин особливо відчутним є дефіцит кальцію (розвиток остеопорозу), заліза (анемія), йоду (зоб), селену, цинку, фтору тощо.

Слід також відзначити, що проблема забезпечення населення мінеральними речовинами і вітамінами стає все більш нагальною через використання в землеробстві і тваринництві інтенсивних технологій виробництва, тому вихідна природна сировина стає все біднішою на корисні для здоров'я інгредієнти, земля постійно виснажується, в ґрунтах все більше нагромаджуються солі нітратної кислоти, які негативно впливають на якість продуктів харчування.

Надмірне використання високих доз азотистих добрив і засобів захисту рослин змінює хімічний склад ґрунту, і надлишок азоту потрапляє в рослини і плоди, нагромаджуючись у великих кількостях. З промисловими відходами, мінеральними добривами і засобами хімічного захситу рослин до ґрунту надходять токсичні метали, органічні й неорганічні забруднювачі. В надмірній кількості вони потрапляють до харчових ланцюгів і негативно впливають на живі організми.

Окремо слід зупинитися на впливі на здоров'я людини чистоти водних ресурсів. Через збільшення об'єму стічних вод, які попадають у водойми, значно погіршується якість питної води, яка є основою життя. Використання неякісної води призводить до засолення ґрунтів, зниження урожайності сільскогосподарських культур, погіршення продуктивності вирощування тварин, риби, згубно діє на флору і фауну річок і озер.

Хоча Україна має близько третини світових запасів чорнозему, лише невелика частина нашої землі є екологічно чистою і придатною для виробництва органічної безпечної продукції. Для Черкащини перспективною для розвитку такої продукції є лівобережна частина регіону, де ґрунти ще не забруднені до небезпечних меж.

Нераціональне харчування, зловживання висококалорійними рафінованими продуктами, що виробляє харчова промисловість, призводить до низки хвороб XXI століття, серед яких ожиріння, цукровий діабет, метаболічний синдром, передчасне старіння тощо і загалом – до погіршення якості життя людини. В широкому сенсі слова якість життя – це поняття, що охоплює різні сторони життя людини, пов'язані, в першу чергу, зі станом її здоров'я, а також з умовами життя, професійними здібностями, навчанням, роботою, відпочинком, фізичною активністю тощо. Проблема збереження здоров'я людини, збільшення тривалості та якості життя тісно пов'язана з розвитком новітніх харчових технологій продуктів оздоровчого, профілактичного і функціонального призначення. Вони мають не тільки забезпечити організм поживними речовинами, але й виконують профілактичні функції – знижують ризики виникнення і розвитку хвороб, захищають від несприятливої екологічної ситуації, зменшують вплив нездорового образу життя. Функціональне харчування базується на регулярному введенні в раціон харчування людини продуктів спеціального призначення.

Як правило, це комбіновані продукти, отримані з натуральної традиційної і нетрадиційної незабрудненої чистої сировини, низькокалорійні, збалансовані за кількістю і внутрішнім складом нутрієнтів з високим природним вмістом біологічно активних речовин, а також незамінних мікронутрієнтів, вітамінів, макро- і мікроелементів. Вирішення цієї проблеми є дуже актуальним. Більшість країн світу для поліпшення забезпечення населення мікронутрієнтами використовує додаткове збагачення ними харчових продуктів. До основних інгредієнтів, що нині використовуються, відносяться олігосахариди, амінокислоти, нуклеїнові кислоти, глікозиди, харчові волокна, органічні кислоти, лакто- і біфідобактерії, вітаміни, поліненасичені жирні кислоти, мінеральні речовини, антиоксиданти, пептиди, протеїни, фітопрепарати, спирти, рослинні ензими тощо.

При використанні кількох функціональних добавок слід враховувати їх сумісність між собою, а також з іншими інгредієнтами, що входять до складу харчового продукту, та їх біозасвоюваність після потрапляння до кишково-шлункового тракту. Виникає питання, в якому вигляді життєво необхідні інгредієнти найбільш ефективні і не викликають жодних

побічних явищ при збагаченні ними продуктів харчування. Особливо це стосується мінеральних речовин, що засвоюються в організмі в біологічно доступній формі, з меншою токсичністю. Перспективним є впровадження у виробництво харчових продуктів карбоксилатів харчових кислот, біогенних металів як мікроелементних добавок, одержаних за допомогою нанотехнологій.

Збагачення традиційних харчових продуктів мікронутрієнтами з метою збереження здоров'я – не тільки технологічна, але й серйозна медична проблема, оскільки змінюються їх властивості і традиційно сформована структура харчування населення

Створення індустрії здорового харчування забезпечить населення України новими харчовими продуктами з поліпшеними характеристиками, що поліпшують стан здоров'я населення, якість його життя, і в майбутньому сприятиме безпеці нації.

Література

1. Бомба М. Я, Івашків П. Я. Здорове харчування як стратегічний ресурс національної безпеки України. *Вісник національної академії наук України*. 2013. № 6. С. 32–41.

2. Нанотехнології мікронутрієнтів: проблеми, перспективи та шляхи ліквідації дефіциту макро- та мікронутрієнтів / Л. М. Сердюк та ін. *НАМН України*. 2010. Т. 16. № 1. С. 107–114.

3.2 АНАЛІЗ ЗВИЧОК УКРАЇНЦІВ ДО ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ У КЛУБАХ ЗДОРОВОГО СПОСОБУ ЖИТТЯ м. ЧЕРКАСИ

Загоруйко Н. В., *канд. біол. наук, доцент кафедри екології*

Черкаський державний технологічний університет

Оцінюючи динаміку зміни структури харчування людини в історичному аспекті, можна чітко виділити загальні для населення всіх індустріально розвинених країн явно несприятливі тенденції до надлишкового споживання насичених жирів та суттєвого зменшення споживання харчових волокон (клітковини). Одним із головних негативних наслідків такого харчування є ожиріння, що в благополучних країнах Західної Європи, США, Китаю набуло характеру епідемії. На жаль, в Україні також існує сумна статистика хворих на ожиріння, яка становить 22 % і, за прогнозами, у 2025 р. досягне майже 26 % від усього населення

країн [1]. Головною причиною ожиріння є незбалансоване та нераціональне харчування, тому дослідження обізнаності людей щодо правильного харчування та збалансованих харчових продуктів є надзвичайно актуальним.

Важливе значення у регуляції маси тіла має склад і набір продуктів харчового раціону. Різні маркетингові дослідження підтверджують, що борошняні вироби, жирне м'ясо, ковбаси та сосиски, їжа швидкого приготування все більше витісняють з раціону українців овочі та фрукти. Українці часто їдять шкідливу їжу – гамбургери, чіпси, шоколадні батончики тощо, які є дуже калорійними та розвивають харчову залежність [2]. Одночасно й овочева продукція має недостатній вміст хімічних елементів. Інтенсивні технології вирощування сільськогосподарських культур призводять до збіднення ґрунтів та рослинної їжі на мікроелементи та вітаміни. За даними біохімічних досліджень, на гіповітаміноз хворіє 40–90 % населення України. Дослідження особливостей харчування дорослих українців (18–65 р.) у центральних областях України показало, що фактичне харчування обстежених осіб характеризувалося: підвищеним вмістом у раціонах холестерину, недостатнім вмістом вітамінів А, B_6, С, РР; недостатньою кількістю кальцію і магнію в раціонах населення. Майже у половини обстежених (42,3 %) спостерігалося порушення режиму харчування, а саме: дворазове харчування з тривалими (понад 8 год) інтервалами [3, 4]. Київський міжнародний інститут соціології у 2018 р. провів дослідження поширеності харчування українців поза домом. Виявилось, що третина опитаних їла приготовлену поза домом їжу протягом останніх 30 днів. Чим молодші люди, тим частіше вони харчуються поза домом, а у середніх і великих містах таких більш ніж третина дорослого населення [5].

Оптимізація раціону людини може бути досягнута за рахунок використання біологічно активних добавок, асортимент яких постійно розширюється. Завдяки ним можна оптимізувати обмінні процеси та функції організму людини з урахуванням стану її здоров'я. За рахунок біологічно активних добавок харчовим продуктам можна надати дієтичних, оздоровчих чи профілактичних властивостей і забезпечити нормальні та відновити порушені функції організму людини.

Існує багато різних фірм-виробників збалансованого харчування, створюється цілий напрям у підтриманні здорового способу життя – Wellness індустрія, складовою якої є правильне харчування. Вся ця зростаюча індустрія вимагає безліч професійних тренерів та консультантів у галузі здорового харчування.

Досліджено обізнаність дорослого населення м. Черкаси у можливостях сучасного оздоровчого харчування та зацікавленість у формуванні навичок правильного та збалансованого харчування.

У Черкасах функціонує приблизно 15 клубів здорового способу життя, які активно пропагують використання збалансованої їжі на основі продуктів Herbalife. Було проведено дослідження формування навичок здорового харчування серед населення в клубі здорового способу життя «Весна». Протягом спостережень було опитано приблизно 3000 людей різної статті та вікових категорій. Опитування проводилося для усіх бажаючих у середмісті м. Черкаси. Під час опитування досліджуваним пропонувалося відповісти на питання анкети (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Питання анкети для визначення ставлення до здорового харчування

№	Питання	так	ні
1	Чи впливає харчування на здоров'я		
2	Чи цікавились питаннями харчування раніше		
3	Чи харчувалися за допомогою дієт		
4	На що звертаєте увагу при купівлі харчових продуктів		
5	Чи хочете щось змінити у своєму харчуванні, щоб відкорегувати стан здоров'я		

Аналіз опитування показав, що активніше залучаються до опитування жінки (70 % усіх опитуваних) вікової категорії від 35 до 55 років. Це зрозуміло, оскільки у цьому віці вичерпуються адаптаційні резерви організму, починають розвиватися хвороби, пов'язані з обміном речовин. Жінки більш відповідально ставляться до свого здоров'я [6]. Всі опитані жінки хоча б раз у своєму житті пробували харчуватися за дієтою, але були незадоволені результатом. Серед усіх опитаних 82 % хотіли б щось змінити у своєму харчуванні. З цією метою людей запрошували до клубу здорового способу життя для проходження додаткових обстежень за станом здоров'я за допомогою аналізатору ваги тіла Tanita BC-532. Цей пристрій вимірює відсоток води, вміст жирів, кісткову масу, масу мускулатури, розраховує рівень базального метаболізму і працює на основі біоелектричного опору [7]. Кількість запрошених до клубу, що після опитування приходять у клуб і проходять обстеження, становить 30 %. Після обстеження інструктор з харчування проводить співбесіду, на якій з'ясовує, що саме викликає невдоволення опитаних та чи згодні вони щось змінити у своїх звичках та раціоні. Людині пропонують спробувати харчуватись у клубі, пройти пробне харчування протягом трьох днів та визначити зміни у своєму організмі та поведінці. Переважна більшість

людей, що заходять до клубу, не залишаються. Лише 1 % людей вирішує спробувати харчуватися за допомогою продукції Гербалайф, основу якої становлять білкові коктейлі. Причинами цього є негативне ставлення до самої компанії, ціна продукту та небажання реально щось змінювати у своєму харчуванні. Разом з тим, споживання білкових коктейлів за свідченнями добровольців, позитивно впливає на їх стан. Інструктор з харчування складає разом із клієнтом приклад меню, за яким він повинен харчуватись, наполягає на веденні щоденника харчування. За результатами наших спостережень протягом 2015–2018 рр., лише одиниці людей змінили свої харчові уподобання та перейшли на сучасний спосіб харчування з використанням білкових коктейлів та інших БАДів (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Кількість людей, що змінили режим харчування у клубі здорового способу життя «Весна» протягом 2015–2018 рр.

Роки	Всього опитаних	Прийшли на додаткове обстеження	Проходили тридобове тест-харчування	Харчувались у клубі протягом одного місяця	Харчувались у клубі протягом трьох місяців
2015	685	22	11	4	2
2016	732	18	10	4	1
2017	814	34	12	6	1
2018	856	45	15	10	3

Головною причиною цього є сформовані протягом життя харчові звички та спосіб життя людини. Виникає парадокс: людина розуміє, що неправильно харчується, що треба щось змінювати, але не готова змінювати свої уподобання. Таким чином, неправильне харчування для багатьох сучасних людей це, скоріше, психологічна проблема, а не відсутність інформації про здорове та збалансоване харчування. На співбесіді з інструктором клубу 95 % людей визнають, що неправильно харчуються та мають шкідливу звичку до переїдання, готові щось спробувати, але більше 2–3 місяців не витримують і потім повертаються до звичного режиму харчування.

Харчування відіграє важливу роль у підтриманні здоров’я людини. Сучасні технології пропонують збалансовані та функціональні харчові продукти. В світі індустрія здорового харчування розвивається дуже стрімко, пропонуючи різноманітні послуги.

Спосіб життя сучасних людей часто призводить до формування звичок неправильного харчування з великими інтервалами між прийомами їжі та переїданнями. Більшість опитаних людей розуміють зв’язок між станом свого здоров’я та неправильним харчуванням і згодні щось змінювати.

Поява клубів здорового способу життя, в яких пропонуються послуги у навчанні правильно харчуватися, формувати нові навички харчування, вживати збалансовану їжу та БАДи для підтримання задовільного стану організму, не вплинула на пересічних громадян м. Черкаси. Харчування в таких клубах не стало модним трендом серед населення, хоча дослідження показує зацікавленість населення в отриманні інформації стосовно правильного харчування та сучасних тенденцій в індустрії їжі.

Література

1. У світі епідемія ожиріння. Україна теж гладшає – глобальне дослідження. URL: https://life.pravda.com.ua/society/2016/04/1/210419/
2. Каминский А. В. Методы коррекции избыточной массы тела и ожирения. *Здоровье Украины*. 2005. № 3. С. 17–18.
3. Цимбаліста Н. В. Гігієнічна характеристика стану фактичного харчування дорослого населення України. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Медицина*. Вип. 25. Ужгород, 2005. С. 158–164.
4. Цимбаліста Н. В., Давиденко Н. В. Стан фактичного харчування населення та аліментарно обумовлена захворюваність. *Проблеми харчування*. 2008. № 1–2 (18). С. 32–35.
5. Прес-релізи та звіти. Харчування жителів України поза домом. URL: https://kiis.com.ua, лютий 2018
6. Body composition Glossary (Provided by Tanita) URL: //htpp.harmony4health.com

3.3 ДЕРЖАВНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ДОТРИМАННЯ ВИМОГ ЩОДО БЕЗПЕЧНОСТІ ТА ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Бєляєва С. С., *канд. екон. наук,*
доцент кафедри туризму та готельно-ресторанної справи

Черкаський державний технологічний університет

Забезпечення захисту життя, здоров’я та інтересів споживачів є основоположним підґрунтям для державного регулювання в Україні у сфері безпечності харчових продуктів [1]. Здійснюватися державне регулювання безпечності та окремих показників якості харчових продуктів в Україні може завдяки встановленню відповідних вимог комплексного та спеціалізованого спрямування, що вимагає розробки, затвердження,

виконання та контролю за їх дотриманням як від держави та уповноважених органів, так і від виробників продукції та послуг.

Законодавство про безпечність та окремі показники якості харчових продуктів складається з Конституції України [2], Закону «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» [1], законів України «Про державний контроль за дотриманням законодавства про харчові продукти, корми, побічні продукти тваринного походження, здоров'я та благополуччя тварин» [3], «Про інформацію для споживачів щодо харчових продуктів» [4] та інших актів, виданих відповідно до зазначених нормативно-правових актів [5]. Питання державного регулювання дотримання вимог щодо безпечності харчових продуктів досліджували та продовжують вивчати як вітчизняні, так і зарубіжні науковці, зокрема В. Брулевич [6], Т. Оверковська [7], М. Пархоменко [8], С. Коваль [9]. Сьогодні питання безпечності харчових продуктів вимагає більш ретельного вивчення та дослідження окремих його аспектів як вузькоспеціалізованого профілю, так і в комплексі відносно до виробників і споживачів, зокрема.

В Україні розроблено та затверджено до виконання ряд нормативно-правових документів щодо санітарних заходів і вимог до окремих показників якості харчових продуктів; державної реєстрації, визначених Законом «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» [1]; видачі, припинення, анулювання та поновлення експлуатаційного дозволу; інформування та підвищення обізнаності операторів ринку і споживачів щодо безпечності та окремих показників якості харчових продуктів; встановлення вимог щодо стану здоров'я персоналу потужностей; участі у роботі відповідних міжнародних організацій; здійснення державного контролю; притягнення операторів ринку, їх посадових осіб до відповідальності у разі порушення законодавства про безпечність та окремі показники якості харчових продуктів [1].

До законодавчої бази щодо державного регулювання стосовно харчових продуктів, окрім зазначених вище, відносяться:

– Закон України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності» від 5 квітня 2007 року № 877-V;

– Постанова КМУ від 11.11.2015 № 930 «Про затвердження Порядку видачі експлуатаційного дозволу, форми експлуатаційного дозволу та визнання такими, що втратили чинність, деяких постанов Кабінету Міністрів України»;

– Закон України «Про побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною» від 7 квітня 2015 року № 287-VIII;

– Постанова КМУ від 31.10.2018 № 896 «Порядок визначення періодичності здійснення планових заходів державного контролю відповідності діяльності операторів ринку (потужностей) вимогам законодавства про харчові продукти, корми, здоров'я та благополуччя тварин, які здійснюються Державною службою з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів, та критерії, за якими оцінюється ступінь ризику від її провадження»;

– Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 06.02.2017 № 42 «Про затвердження форми акта, складеного за результатами проведення планового (позапланового) заходу державного контролю стосовно додержання операторами ринку гігієнічних вимог щодо поводження з харчовими продуктами»;

– Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 07.03.2018 № 130 «Про затвердження уніфікованої форми акта, що складається за результатами проведення планового (позапланового) заходу державного нагляду (контролю) щодо додержання суб'єктом господарювання вимог законодавства у сфері ветеринарної медицини»;

– Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 10.02.2016 № 39 «Про затвердження Порядку проведення державної реєстрації потужностей, ведення державного реєстру потужностей операторів ринку та надання інформації з нього заінтересованим суб'єктам»;

– Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 07.10.2016 № 365 «Про затвердження Порядку ведення реєстру операторів ринку та потужностей, на які видано експлуатаційний дозвіл»;

– Закон України «Про ветеринарну медицину» від 25 червня 1992 року № 2498-XII;

– Постанова КМУ від 05.11.2008 № 978 «Про затвердження Порядку видачі експлуатаційного дозволу» [5].

Коли законодавством передбачено обов'язковість виконання порядку відбору зразків харчових продуктів, дотримання вимог відповідних стандартів для харчових продуктів і методики досліджень (випробувань), ця вимога є беззаперечною. В інших випадках немає потреби дотримуватися цих установ. У разі, коли Верховна Рада України надала згоду на обов'язковість виконання відповідних міжнародних договорів щодо харчових продуктів, пріоритетною й обов'язковою є вимога щодо застосування правил саме згідно з міжнародними договорами. Варто зазначити, що дія Закону України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» поширюється на санітарні заходи, об'єкти санітарних заходів; вимоги до окремих показників якості харчових продуктів; операторів ринку та потужності.

Регулюванням законодавства ЄС щодо безпечності харчових продуктів охоплено всі стадії виробництва, переробки та обігу харчових продуктів, а також інформування споживачів [6, с. 78]. З 20.09.2015 р. терміни «харчові продукти» й інші, які відносяться до сфери безпечності та якості харчових продуктів, визначаються відповідно до норм Закону України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів».

У п. 44 ст. 1 Закону України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» закріплюється також поняття небезпечного харчового продукту, тобто такого, що є шкідливим для здоров'я та/або непридатним для споживання [1]. Таким чином, продукт може бути придатним для споживання, але шкідливим для здоров'я.

У зазначеному вище законі визначено, що «непридатним до споживання людиною харчовий продукт може стати як у процесі його виробництва, зокрема, шляхом привнесення сторонніх речовин чи предметів або в разі порушення вимог виробництва, так і в результаті його псування у процесі неналежного його зберігання, транспортування та реалізації».

З метою здійснення державного регулювання безпечності та окремих показників якості харчових продуктів у ст. 4 Закону України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» у редакції Закону від 22 липня 2014 р. № 1602-VII визначено відповідні напрями для покращення стану у цій сфері, які передбачають:

– встановлення санітарних заходів;

– встановлення вимог до окремих показників якості харчових продуктів;

– державну реєстрацію визначених законодавством об'єктів санітарних заходів;

– видачу, припинення, анулювання та поновлення експлуатаційного дозволу;

– інформування та підвищення обізнаності операторів ринку і споживачів щодо безпечності та окремих показників якості харчових продуктів;

– встановлення вимог щодо стану здоров'я персоналу потужностей;

– участь у роботі відповідних міжнародних організацій;

– здійснення державного контролю;

– притягнення операторів ринку, їх посадових осіб до відповідальності у разі порушення законодавства про безпечність та окремі показники якості харчових продуктів.

У таблиці 3.3 відображено основні стандарти ISO 22000 [8].

Таблиця 3.3 – Характеристика серії стандартів ISO 22000

Пор. №	Шифр стандарту	Назва стандарту
1	ISO 22000:2005	Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain / Системи управління безпекою харчових продуктів
2	ISO/TS 22002-1:2009	Prerequisite programmes on food safety – Part 1: Food manufacturing / Программи попередніх умов для забезпечення безпеки харчових продуктів – Частина 1: Виробництво харчових продуктів
3	ISO/TS 22003:2013	Food safety management systems – Requirements for bodies providing audit and certification of food safety management system / Системи менеджменту безпеки харчових продуктів – Вимоги до органів, що здійснюють аудит і сертифікацію систем менеджменту безпеки харчових продуктів
4	ISO/TS 22004:2005	Food safety management systems – Guidance on the application of ISO 22000:2005 / Системи менеджменту безпеки харчових продуктів. Керівництво із застосування ISO 22000:2005
5	ISO 22005:2007	Traceability in the feed and food chain – General principles and basic requirements for system design and implementation / Простежуваність у ланцюжку харчових продуктів і кормів – загальні принципи й основні вимоги до проектування і впровадження систем

Отже, дані таблиці ще раз підтверджують потребу і можливість завдяки запровадженню міжнародних стандартів якості виробництва та безпеки харчових продуктів не тільки створити на підприємстві добре організовану та налагоджену систему контролю якості, але й побудувати систему превентивних дій.

Система НАССР може бути впроваджена на підприємстві як самостійна система, розроблена з урахуванням специфіки підприємства, а також бути доповненням до функціонуючої системи управління якістю ISO. Для побудови ефективної системи менеджменту на підприємствах харчової промисловості розроблені свої спеціальні стандарти, тому «стратегічною метою діяльності будь-якого підприємства, організації має стати постійне удосконалення якості менеджменту» [9, с. 148].

У законодавстві України, подібно до законодавства ЄС, що регулює безпечність та якість харчових продуктів, вирізняють два типи харчових продуктів (таблиця 3.4) [10].

Таблиця 3.4 – Класифікація харчових продуктів за типами

Пор. №	Тип	Продукти
1	Харчові продукти рослинного походження	Гриби, ягоди, овочі, фрукти та інші харчові продукти, призначені для споживання людиною
2	Харчові продукти тваринного походження	М’ясо, молоко, риба, та молюски, яйця, мед та інші продукти, виготовлені з частин тварин, призначені для споживання людиною

Відповідно до частини другої статті 3 Закону України «Про прожитковий мінімум», керуючись пунктом 8 Положення про Міністерство охорони здоров’я України, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 березня 2015 року № 267, затверджено Норми фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії [10].

Так, зокрема, визначені:

1. Добова потреба дитячого населення в білках, жирах, вуглеводах та енергії (залежно від вікової групи та статі).

2. Добова потреба дитячого населення у мінеральних речовинах (залежно від вікової групи).

3. Добова потреба дитячого населення у вітамінах (залежно від вікової групи).

4. Добові енерговитрати дорослого населення без фізичної активності (залежно від маси тіла та вікової групи) [10].

В Україні визначено також коефіцієнт фізичної активності (далі – КФА) для груп працездатного населення та наведено орієнтовний перелік спеціальностей, до яких ці показники можуть мати відношення [10]. Так, зокрема, виділяють наступні групи фізичної активності (далі – ГФА):

1. Працівники переважно розумової праці, дуже легка фізична активність.

2. Працівники, зайняті легкою працею, легка фізична активність.

3. Працівники середньої важкості праці, середня фізична активність.

4. Працівники важкої фізичної праці, висока фізична активність.

5. Працівники особливо важкої фізичної праці, дуже висока фізична активність.

В Україні нормативами визначено також добову потребу дорослого населення в білках, жирах, вуглеводах та енергії (чоловіки), зокрема КФА визначається для окремої групи (I–V) залежно від вікової категорії (від 18 до 59 років). Добову потребу дорослого населення у мінеральних речовинах (окремо для чоловіків і жінок) визначають залежно від групи.

Аналогічно визначають добову потребу дорослого населення у вітамінах (окремо для чоловіків і жінок) залежно від групи.

Для жінок добова потреба, як для дорослого населення вікової категорії 18–59 років, визначена в білках, жирах, вуглеводах та енергії відповідно для груп I–IV. Додатково до норми відповідно до фізичної активності та віку ці показники визначаються для вагітних, годуючих (1–6 міс.) та годуючих (7–12 міс.).

Добова потреба дорослого населення у мінеральних речовинах для жінок визначається залежно від групи інтенсивності праці, додатково до норми відповідно до фізичної активності та віку додаються відповідні показники для вагітних, годуючих 1–6 міс. і годуючих 7–12 міс.

Для жінок, як для дорослого населення, також визначено добову потребу у вітамінах, зокрема враховано групу (I–IV) та стан вагітності й годування від 1 до 6 місяців та від 7 до 12 місяців.

Для осіб похилого віку в Україні також визначено добову потребу в білках, жирах, вуглеводах та енергії. Враховується, зокрема, стать людини, її вік (60–74, 75 і старші). Як кількісний показник добової потреби розраховують кількість ккал енергії.

Добова потреба осіб похилого віку у мінеральних речовинах також визначається з урахуванням статі та віку людей (60–74, 75 і старші). Для цієї ж категорії осіб похилого віку залежно від подібних показників (статі та віку) визначають добову потребу у вітамінах.

В Україні розроблено рекомендовані норми споживання на добу мінорних та біологічно активних речовин їжі із встановленою фізіологічною дією на організм (для дорослого населення) та ряд інших важливих показників, які мають сприяти повноцінному харчуванню різних категорій населення України.

Відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 10 вересня 2014 року № 442 «Про оптимізацію системи центральних органів виконавчої влади» в Україні утворено Державну службу України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів (далі – Держпродспоживслужба) [11]. Постановою КМУ від 2 вересня 2015 року № 667 затверджено Положення про Держпродспоживслужбу. Територіальні органи Держпродспоживслужби утворені постановою Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2015 року № 1092. Наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України від 12.04.2017 № 209 затверджено Положення про Головне управління Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів в області, в місті Київ. Структурними підрозділами в Держпродспоживслужбі на сьогодні визначені: Управління безпечності

харчових продуктів та ветеринарної медицини, Управління державного нагляду за дотриманням санітарного законодавства, Управління фітосанітарної безпеки, Сектор контролю за регульованими цінами, Управління захисту споживачів [12].

Таким чином, враховуючи чинну законодавчу базу та відповідні стандарти щодо регулювання правовідносин і забезпечення якості та безпеки в сегменті господарювання, що має безпосереднє відношення до харчових продуктів, можна зробити висновок про пріоритетне значення вирішення питань, які стосуються харчових продуктів. Регулювання, облік, контроль, маркетинг і менеджмент, стратегія розвитку галузі, екологічність та безпечність продуктів харчування, їх раціональне використання та збереження – це далеко не повний перелік важливих сторін для розгляду та визначення заходів, методів, технологій з метою покращення якості, врахування синергії дій та взаємообумовленості зв'язків у логістичних процесах, розробки та впровадження інновацій, що зумовлює необхідність подальших досліджень і чіткої організації контролю за дотриманням вимог щодо забезпечення безпечності харчових продуктів.

Література

1. Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів: Закон України від 6 грудня 2018 року № 771/97-ВР. *Відомості Верховної Ради України.* URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-вр (дата звернення: 26.09.2019).
2. Конституція України: офіц. текст. Київ: КМ, 2013. 96 с.
3. Про державний контроль за дотриманням законодавства про харчові продукти, корми, побічні продукти тваринного походження, здоров'я та благополуччя тварин: Закон України від 18 травня 2017 року № 2042-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2042-19/print (дата звернення: 26.09.2019).
4. Про інформацію для споживачів щодо харчових продуктів: Закон України від 6 грудня 2018 року № 2639-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2639-19/print (дата звернення: 26.09.2019).
5. Законодавча база. URL: http://www.cherk-consumer.gov.ua zakonodavcha-baza (дата звернення: 26.09.2019).
6. Брулевич В. В. Безпечність харчових продуктів за законодавством України та Європейського Союзу. *Цивільне право і цивільний процес*. 2016. № 2 (43). С. 74–83.
7. Оверковська Т. Правове регулювання безпечності продуктів харчування. Підприємництво, господарство і право. *Аграрне право*. 2018. № 4. С. 109–114.

8. Пархоменко М. М. Правове визначення якості як засіб забезпечення безпеки харчової продукції. URL: www. sworld. com.ua (дата звернення: 26.09.2019).

9. Коваль С. І. Специфіка системи управління безпекою харчових продуктів на принципах НАССР. Інфраструктура ринку. *Економіка та управління підприємствами.* 2019. Вип. 36. С. 146–151.

10. Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії: Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 03.09.2017 № 1073. URL: https://zakon.rada.gov.ua/ laws/show/z1206-17/print (дата звернення: 25.09.2019).

11. Державна служба України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів. URL: http://www.consumer.gov.ua/ ContentPages/Pro_ Sluzhbu/284/ (дата звернення: 25.09.2019).

12. Про затвердження Положення про Державну службу України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів: Постанова Кабінету Міністрів України від 2 вересня 2015 р. № 667. URL: https://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/667-2015-%D0%BF (дата звернення: 25.09.2019).

3.4 IMPROVING PROBIOTIC STABILITY TO ACHIEVE PRODUCT MAXIMUM EFFICACY

Korcok D. J., *PhD, specialist of pharmacy and specialist of food technology, General Manager, Research and development department and management*

Abela Pharm d.o.o., Belgrade, Serbia
davorkorcok@abelapharm.rs

Formulation of the problem in general is low stability of probiotic products. Food and agriculture organization of the United Nations and World Health Organization have provided the definition of probiotics at 2001 which states that probiotics are defined as live microorganisms that, when administered in adequate amounts, confer a health benefit on the host. Being live, they are extremely sensitive to ambient conditions and must be conveniently protected against it. In September, 2014, Scientific expert panel of the International scientific Association for Probiotics and Prebiotics has organized a meeting and issued the following statements: a) each probiotic product must contain exact composition and concentration of well-defined strains; b) each probiotic product must contain strains that possess scientific evidence from the controlled studies that show benefit for human health; c) certain individual constituents of the

human microbiota might represent novel candidates for new probiotics, after its clinical assessment and if there exists scientific evidence of its safety and efficacy. Probiotics are manufactured as pharmaceutical-dosage forms registered on the marked as: drugs, food supplements, or as medical devices. In order for one probiotic to be efficient, the most important thing is that the number of microorganisms be consistent with the label until the end of the shelf life. A complete description of the probiotic product includes: a) identification and characterization of each probiotic strain in the product; b) quantitative expression of probiotic content (colony forming units – CFU/dosage unit); c) declared amount of probiotics at the end of the product shelf life; d) scientific evidence of the recommended daily dose and the effect of probiotic culture; and e) suitable packaging material which secures the stability of probiotic strains until the end of products shelf life. In order to achieve this, primary and secondary packaging is extremely important. This research will provide the results of analysis on the products registered as food supplements in the Republic of Serbia after different packaging solutions in order to improve their stability.

An analysis of the latest research and publications has not conducted this problem as it is described in this paper. Usually, the stability of probiotic product was improved using different defined processes that improve the stability of probiotic culture, not the finished product itself. The author relies here on the results of studies that were performed in the Republic of Serbia. The purpose of the article is to provide different packaging solutions for probiotic products to improve its stability and its activity when administered.

Materials and methods: Viability of probiotic species (bacteria or fungi) was determined by the method of counting the number of microorganisms in suitable medium, after packaging in different packaging materials: a) PVC foil; b) PVdC foil; c) PVdC foil in laminate flow pack foil; or d) PVdC foil in laminate flow pack foil with inert gas, using the same manufacturing conditions prior to packaging phase. Flow pack technology is one of many packaging solutions. Products are wrapped in trays or introduced inside a small bag made of plastic material or of materials mixture. Laminate flow pack foil presents absolute barrier for oxygen, light and humidity, which are, in addition to temperature, main reasons for the loss of activity of probiotic cultures. Suitable packaging material for probiotic products must be resistant to: a) direct sunlight, b) oxygen, and c) humidity in order to obtain safe and efficient probiotic product of high quality. In addition to the laminate flow pack foil, inert gas was added to increase the stability and viability of probiotic cultures. During the packaging phase, oxygen is removed from the atmosphere of the flow pack bag by the pump mechanism, and inert gas – nitrogen is added instead. Manufactured

product was tested under conditions of long-term stability study according to ICH guidelines. The analysis confirmed that the moisture content was important parameter of the probiotic stability, which was analyzed on the same set of conditions as additional parameter that influences the probiotic viability under the following conditions: a) with air humidity control and b) without it. For probiotic products such as yeast or bacteria, the effect of water is complex since water can play not only the role of plasticizer in a degradation process, but also it the role of reactant and solvent. Consequently, all those processes lead to the cell death and to the loss of activity. Ideally, suitable packaging material for probiotic products must be resistant to: direct sunlight, oxygen and humidity in order to obtain safe and efficient probiotic product of high quality.

Results: Analyses have presented that probiotic content has been the smallest in PVC foil (under the declared value), because it has no barrier properties to temperature and humidity. The product packaged using other materials has shown satisfactory results regarding the probiotic viability, whereas the best results have been observed using the PVdC foil in laminate flow pack foil with inert gas. As probiotic microorganisms are mostly anaerobic organisms, oxygen leads to the accumulation of oxidation metabolites in the cell which results in cell death due to the numerous oxidation damage. By removing oxygen, additionally, the viability of the microorganisms increases, theoretically. This has been proven in practice inside this research.

Additionally, the study has confirmed the hypothesis that moisture content negatively affects the viability of probiotic, since the results obtained with air humidity control have been significantly higher than without it.

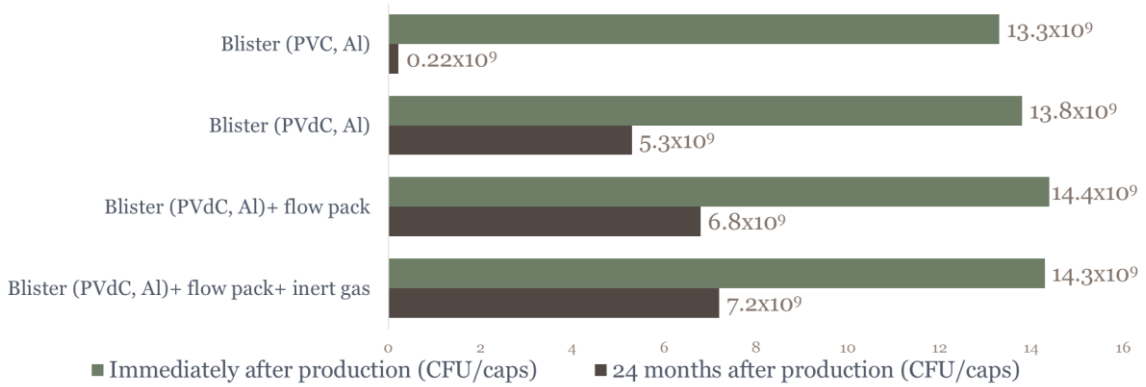


Figure 3.1 – Stability of Saccharomyces boulardii yeast content under conditions: 25 ˚C ± 2 ˚C temperature, and air humidity 55 % ± 5 % RH

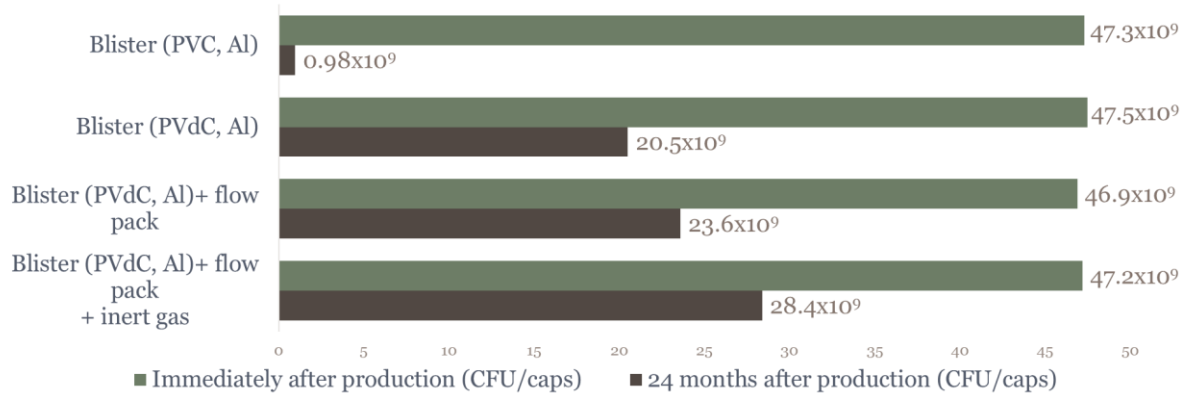


Figure 3.2 – Stability of Lactobacillus plantarum 299v bacteria content under conditions: 25 ˚C ± 2 ˚C temperature, and air humidity 55 % ± 5 % RH

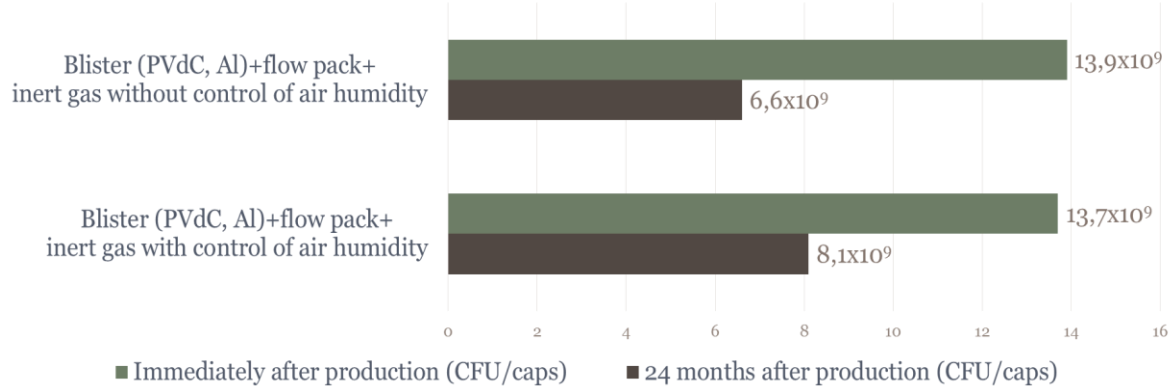


Figure 3.3 – Stability of Saccharomyces boulardii yeast content under conditions during the production: 25 ˚C ± 2 ˚C with air humidity control of 55 % ± 5 % RH (group I) and without it (group II).

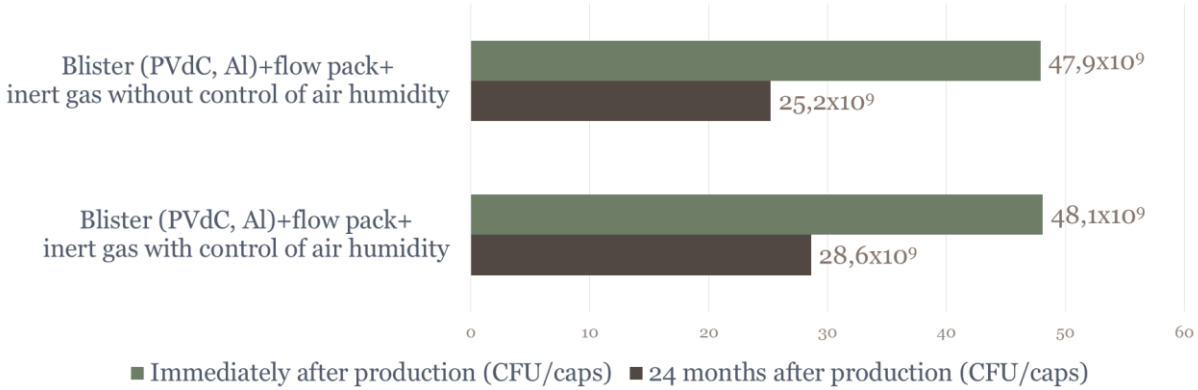


Figure 3.4 – Stability of Lactobacillus plantarum 299v bacteria content under conditions during the production: 25 ˚C ± 2˚C with air humidity control of 55 % ± 5 % RH (group I) and without it (group II).

In order to obtain quality probiotic product registered as food supplement (which can also be said for other products) which is effective and safe during the declared shelf life, it is necessary to provide optimal conditions during its

manufacture, and especially using the adequate packaging material (PVdC foil inside flow pack foil with inert gas), which has been confirmed in this study.

References

1. Food and Agriculture Organization and World Health Organization Expert Consultation. Evaluation of health and nutritional properties of powder milk and live lactic acid bacteria. Córdoba, Argentina: Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization, 2001.

2. World Health Organization. Probiotics in food, Health and nutritional properties and guidelines for evaluation. Rome, Italy: FAO, 2001.

3. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic / C. Hill, F. Guarner, G. Reid. et al. *Nature reviews. Gastroenterology & hepatology*. 2014.

4. Critical water activity and amorphous state for optimal preservation of lyophilised lactic acid bacteria / S. Passot, S. Cénard, I. Douania et al. 2012.

5. Microencapsulated Lactobacillus rhamnosus GG powders: relationship of powder physical properties to probiotic survival during storage / Dan Yang Ying, Mei Chi Phoon, Luz Sanguansri et al. *Journal of Food Science*. 2010. Vol. 75. No. 9.

6. Saarela M. H. Probiotic technology maintaining viability and stability. *Agro Food Industry Hi Tech*. 2007. Vol. 18. P. 19–21.

7. In-process and finished products quality control tests for pharmaceutical capsules according to pharmacopoeias / M. S. Uddin, A. al Mamun, M. Rashid, M. Asaduzzaaman. *British Journal of Pharmaceutical Research*. 2015. Vol. 9. P. 1–9.

8. Jimenez M., Andrade E. F., Pascual-Pineda L. A. Effect of water activity on the stability of Lactobacillus paracasei capsules. *LWT Food Science and Technology*. 2015. Vol. 60. P. 346–351.

9. Vesterlund S., Salminen K., Salminen S. Water activity in dry foods containing live probiotic bacteria should be carefully considered: A case study with lactobacillus rhamnosus GG in flaxseed. *International Journal of Food Microbiology*. 2012. Vol. 157. P. 319–321.

10. CPMP/ICH/2736/99, ICH Q1A (R2): Stability testing of new drug substances and drug products. 2003.

11. Overview on stability studies / M. Kaur, G. Kaur, H. Kaur, S. Sharma. *International journal of pharmaceutical, chemical and biological sciences*. 2013. Vol. 3. P. 1231–1241.

12. European Directorate for the Quality of Medicines and Healthcare (EDQM). European Pharmacopoeia. 8.0. Vol. 1. Strasbourg, France: EDQM, 2014.

3.5 СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЛІКВІДАЦІЇ ЙОДОДЕФІЦИТУ В ХАРЧУВАННІ ЛЮДИНИ

Осипенкова І. І., *канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри харчових технологій*

Черкаський державний технологічний університет

Литвяк В. В., *д-р техн. наук, головний науковий співробітник відділу технічної продукції з корнеплодів РУП*

«Наук.-практ. Центр з продовольства» НАН Респ. Білорусь

Полумбрик О. М., *д-р хім. наук, професор кафедри харчових технологій*

Черкаський державний технологічний університет

Хвороби, пов’язані з дефіцитом мікронутрієнтів у раціоні харчування сучасної людини, є поширеними у світі загалом, а в Україні і Респ. Білорусь зокрема. За даними експертів ВООЗ, дефіцит мікронутрієнтів, особливо мікроелементів, став головною кризою в харчуванні населення багатьох країн у XXI столітті. Так, більше 2 млрд людей на планеті страждає від недостатньої кількості йоду, з них 300 млн становлять діти шкільного віку. За даними Міністерства охорони здоров’я, 80 % українських дітей мають ризик виникнення йододефіциту. Недостатній рівень цього мікроелементу негативно впливає на синтез гормонів щитоподібної залози, необхідних для метаболізму, що особливо важливо для нормального розвитку дітей. Як результат, виникають такі хвороби, як зоб, онкологія щитоподібної залози, затримка росту й інтелектуального розвитку у дітей, кретинізм, розлади метаболізму, відчуття постійної втоми, слабкість, депресія, погіршення пам’яті і слуху, порушення роботи кишківника, репродуктивної функції, загроза нормального перебігу вагітності, неонатальний гіпотиреоз, зростання дитячої смертності. Нестача йоду у харчуванні людини часто супроводжується випадінням волосся, набряками, різким зниженням чи підвищенням маси тіла, відчуттям холоду, підвищенням рівня холестерину, сухістю шкіри, втратою її еластичності тощо.

Основними стратегіями попередження та контролю йододефіциту вважають універсальне йодування солі, збагачення харчових продуктів цим мікроелементом та споживання харчових продуктів, в яких його міститься достатня кількість. Багаті на йод морепродукти, менші кількості його містяться в злакових, що вирощуються на ґрунтах, збагачених на йод,

а також у м’ясі тварин, які споживають корми, збагачені йодом. Такий спосіб забезпечення йодом є ефективним лише в тих країнах, де така їжа є доступною для всіх верств населення. В розвинених країнах, що потерпали від йододефіциту (США, Канада, Австралія, Швейцарія, скандинавські країни тощо), реалізація програми йодної профілактики привела до ліквідації йододефіцитних захворювань. Для йодування продуктів щоденного харчування (молоко, хліб, м’ясопродукти) використовували йодвмісні кормові добавки для тварин, а також застосовували йодвмісні лікарські препарати. При цьому за рахунок ліквідації йододефіциту у тварин підвищується ефективність сільськогосподарського виробництва і якість готової продукції. За рахунок підвищення вмісту йоду в кормах курей підвищилась його кількість у м’ясі курятини. Такий підхід до ліквідації йододефіциту реалізований у Р. Білорусь.

При розробці технології харчових продуктів, збагачених йодом, намагаються ввести до їх складу інші інгредієнти. В Індії цукор збагачується не лише йодом, але й залізом, в Таїланді до вермишелі, крім цих двох мікроелементів, додається вітамін А. В дитячому харчуванні основними носіями йоду й інших мікронутрієнтів (Zn, Fe, вітаміни) слугують борошняні кондитерські вироби і безалкогольні напої. Згідно з рекомендаціями ВООЗ щоденна норма йоду для дітей дошкільного віку становить 90 мкг, дітей віком до 12 років – 120 мкг, а дітей старшого віку – 150 мкг. При збагаченні харчових продуктів кількома мікронутрієнтами виникає проблема взаємодії їх між собою, що, як правило, призводить до зменшення як кількості біоактивної речовини, так і їх біодоступності.

Іншим способом ліквідації йододефіциту є збагачення харчових продуктів інгредієнтами, які містять значну його кількість. В Україні розроблено технології харчових продуктів, збагачених водоростями, та використовують біологічно активні добавки «Барба-йод», «Еламін», «Йодомарин» тощо. На жаль, споживання цих продуктів і добавок має поодинокий характер, а вміст активного йоду в них суттєво змінюється залежно від вихідної сировини. Перелічені методи подолання йододефіциту не є універсальними і використовуються лише як доповнення до основного засобу, який полягає у йодуванні харчової солі і використанні її у технологіях широкого кола харчових продуктів.

За експертними оцінками, Україна за рівнем проведення йодної профілактики у світі займає одне з останніх місць. В країні відсутня законодавча база щодо використання йодованої солі у виробництві продуктів харчування. Йодування солі передбачає збагачення її KI чи KIO_3 і вважається найбільш ефективним методом через зниження частки харчових продуктів, збагачених на йод (морепродукти), а також зниження

концентрації йоду в них. ВООЗ надає перевагу KIO_3 (сильний окисник), зважаючи на його підвищену стабільність порівняно з KI. Основними перешкодами щодо ефективності вживання йодованої солі в щоденному раціоні харчування людини вважаються такі: недостатньо пропагується використання її в домогосподарствах, надлишки солі шкідливі для організму людини, а при деяких хворобах сіль взагалі протипоказана (аутоімунний тиреоїдит, індукований тиреотоксикоз, гіпертензія тощо). Порівняно висока гігроскопічність і розчинність йодиду калію у воді зумовлює його втрати під час зберігання і технологічної обробки, особливо в процесах варіння, які можуть досягти 67 %. Крім того, KI часто викликає погіршення органолептичних і фізико-хімічних властивостей готових продуктів. Проте такий спосіб подолання йододефіциту довів свою ефективність у країнах, де йодування солі є примусовим.

Дефіцит йоду в організмі людини – це не лише медична проблема, вона має також негативні соціальні й економічні наслідки. В Німеччині медичні витрати, пов'язані з йододефіцитом, становлять близько 1 млрд доларів на рік. В Україні, за деякими даними, втрати від зниження продуктивності праці сягають кілька сотень мільонів гривень на рік.

Тому виникає проблема розробки нових йодвмісних інгредієнтів, що мають високу біологічну доступність та стабільність під час технологічної обробки. Основними вимогами до таких добавок є обмежена розчинність у воді, відсутність негативного впливу на якість харчових продуктів, стабільність під час технологічної обробки і зберігання готових виробів, гіпоалергенність, біодоступність, відсутність негативних побічних ефектів на організм людини, можливість взаємодії з компонентами харчових продуктів з утворенням активних сполук, що беруть участь у синтезі гормонів щитоподібної залози. Біосинтез таких гормонів, насамперед трийодтиронину та тироксину, відбувається за участі молекулярного йоду, тому перспективним є отримання добавок у вигляді комплексів «гість–хазяїн» з йодом. У такому вигляді це приведе до зниження токсичності йоду і забезпечить контрольований синтез зазначених гормонів. На нашу думку, найбільш перспективним способом збагачення харчових продуктів мікронутрієнтами загалом і мікроелементами зокрема є використання як збагачуючих інгредієнтів комплексів мікроелементів з циклодекстринами (ЦД). Циклодекстрини – циклічні невідновлювальні олігомери α-D-глюкопіранози, які утворюються за рахунок перетворення крохмалю такими специфічними бактеріями, як *Bacillus macerans*. Найбільш поширеними ЦД вважаються α, β, γ-, які складені відповідно з 6,7 та 8 фрагментів глюкопіраноз. Вони мають властивості пребіотиків,

не токсичні і широко застосовуються в харчових технологіях для стабілізації активних компонентів під час технологічної обробки. α, β, γ-ЦД – циклічні вуглеводи, що мають внутрішню порожнину, яка може вміщувати 6–17 молекул води. Унікальні властивості ЦД пов'язані зі здатністю утворювати комплекси «гість–хазяїн», подібно до нанотрубок, каліксаренів, краун-етерів тощо. Невеликі органічні молекули можуть заміщувати воду в порожнині ЦД. Це так звана супрамолекулярна інкапсуляція. Кільце, яке складають ЦД, в дійсності є циліндром, точніше конічним циліндром, простір якого обмежено водневими зв'язками і глікозидними містками. Молекула йоду (гість), потрапляючи у внутрішню порожнину циклодекстрину (молекула «хазяїн»), заміщує молекулу води і утворює комплекс, який стабілізується за рахунок водневих зв'язків, вандерваальсових сил та електростатичних взаємодій. Знайдено, що йод при взаємодії з β-ЦД утворює комплекс зі співвідношенням 1:1, а з α-ЦД – комплекс зі співвідношенням 2:3. При зберіганні протягом року комплекс β-ЦД з йодом відзначався високою стабільністю, втрати йоду незначні.

У відділі епідеміології ендокринних захворювань ДУ «Інститут ендокринології та обміну речовин ім. В. П. Комісаренка НАМН України» було проведено аналітичні дослідження зразків сечі волонтерів, які вживали варені ковбасні вироби (150 г), збагачені синтезованим комплексом β-ЦД з йодом (150 мкг йоду). Результати клінічних досліджень свідчать, що після 10-денного вживання такого виробу забезпечення йодом було відновлене у людей з помірним ендемічним зобом. Якісна та кількісна оцінка можливості утворення 3,5-дийодтирозину при дії комплексу на молекули тирозину була визначена за допомогою методу високоефективної рідинної хроматографії. Зроблено висновок, що комплекс йоду з α- та β-ЦД потенційно можливо використовувати для контрольваного синтезу 3,5-дийодтирозину, що вигідно вирізняє його з-поміж інших йодвмісних препаратів.

Поряд з йододефіцитом, розвитку низки захворювань сприяє також дефіцит інших мікроелементів та порушення їх співвідношення, зокрема заліза, кальцію, селену тощо.

Таким чином, представлений новий напрям у використанні досягнень супрамолекулярної інкапсуляції відкриває реальні можливості для створення функціональних харчових продуктів із заданим мікроелементним складом. Запропоновані методи подолання йододефіциту населення України мають великі медико-соціальні, економічні й екологічні перспективи.

Література

1. Йодный статус и дозы облучения щитовидной железы у пострадавших вследствие Чернобыльской катастрофы, проживающих в северных регионах Украины / Н. Д. Тронько и др. *Журнал Академії медичних наук України*. 2013. Т. 19. № 3. С. 355–364.

2. The effect of intake of sausages fortifed with beta-CD-I2 complex on iodine status and thyroid function: A preliminary study / M. Polumbryk, V. Kravchenko, V. Pasichnyi et al. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2019. Vol. 51. P. 159–163

3.6 ІННОВАЦІЙНІ НАПРЯМКИ ЗАСТОСУВАННЯ ПЕКТИНОВМІСНОЇ СИРОВИНИ В ОЗДОРОВЧОМУ ХАРЧУВАННІ

Бишовець Л. Г., *ст. викладач кафедри туризму та готельно-ресторанної справи*

Черкаський державний технологічний університет

Проблема невідповідності харчування вимогам Всесвітньої організації охорони здоров’я та особливостям екологічної ситуації в Україні є однією з найголовніших на сьогоднішній день. У раціоні харчування населення нашої країни, враховуючи складні екологічні обставини, недостатньо продуктів і дієтичних добавок радіопротекторної, імуностимулюючої та загальнозміцнюючої дії. Тому велике значення у вирішенні цієї проблеми має використання в харчуванні пектинових речовин як цінних функціональних інгредієнтів.

Пектинові речовини – природні високомолекулярні біополімери, що входять до складу плодів та овочів. Вони активізують імунну систему людини, підвищують її адаптаційні можливості та стійкість до захворювань, відіграють важливу роль детоксиканту в умовах техногенного забруднення навколишнього середовища.

Провівши аналіз літературних джерел, встановлено, що цінність пектину визначається його належністю одночасно до дієтичних та харчових добавок, унікальними властивостями, серед яких комплексоутворююча, драглеутворююча, емульгуюча та стабілізуюча здатність. Світова практика свідчить про те, що щоденне споживання харчових продуктів із достатнім вмістом пектинових речовин та інших

харчових волокон сприятливо впливає на роботу серцево-судинної та травної систем, розумову діяльність, запобігає втомі. Введення пектинових речовин до раціону харчування знижує ризик таких захворювань, як діабет, ожиріння, атеросклероз, тромбози судин тощо.

Незважаючи на всі позитивні моменти від вживання пектинових речовин, актуальною проблемою є їхня нестача в раціонах харчування, що пов'язано зі зменшенням вживання овочів, плодів і ягід у натуральному вигляді та продуктів їхньої переробки. Одним зі шляхів вирішення цієї проблеми є додавання препаратів пектину в ході технологічного процесу до продуктів харчування [1].

Вивченню цього питання присвячено численні праці таких вітчизняних і зарубіжних учених, як: Л. В. Донченко, В. Н. Голубев, О. І. Черевко, М. І. Пересічний, Л. П. Малюк, В. А. Гніцевич та інші [2, 3, 4].

Обґрунтування доцільності використання ферментних препаратів у технологіях харчової продукції на основі пектиновмісної сировини

Останнім часом на світовому ринку нових технологій визначено тенденції до зростання частки якісно нових продуктів харчування. Це пов'язано з тим, що підприємства харчової промисловості для розширення асортименту та створення нової продукції потребують нових функціональних наповнювачів, серед яких пріоритетними є плодово-ягідна та овочева сировина.

В Україні та за кордоном у кулінарних цілях використовують овочеві та плодово-ягідні пюре, подрібнені й протерті плоди та ягоди з цукром, пасти, консерви та продукти з цілих або нарізаних плодів. Особливий інтерес у контексті збагачення пектиновими речовинами становлять технології виготовлення пюре, паст і протертих плодів та ягід, оскільки існує значна кількість напрямів їхнього подальшого використання у технологіях солодких страв і соусів на підприємствах ресторанного господарства, а також у промисловому виробництві (кондитерської, молочної, хлібобулочної продукції тощо) [5].

У процесі переробки продуктів рослинного походження, окрім їстівної частини, утворюються харчові відходи, які можуть бути використані для отримання біологічно активних речовин (біофлавоноїди, пектинові речовини, барвники тощо).

На сьогоднішній день набули поширення технології рослинних напівфабрикатів з підвищеним вмістом пектинових речовин, що досягається за допомогою специфічних методів обробки, наприклад, використання технології активування пектину, ферментних препаратів тощо.

Пектин – один із найбільш поширених полісахаридів, який міститься

в достатній кількості в рослинній сировині: плодах, овочах, корене- та бульбоплодах, яблучних і цитрусових вичавках та інших вторинних рослинних ресурсах. Однак склалася ситуація, що пектин не став дешевим та доступним і перетворився на дефіцитний рослинний інгредієнт, а недостатня кількість пектинових речовин у продуктах харчування призвела до зниження опору людського організму до впливу навколишнього середовища [2].

В організмі людини пектин посилює активність вітамінів. Пектинові речовини сприяють засвоєнню вуглеводів, зниженню вмісту ліпідів, стимулюють життєдіяльність кишкової мікрофлори. Містяться у великій кількості в ягодах, фруктах, бульбах та стеблах рослин.

Ферменти, які здатні гідролізувати пектинові речовини, не виробляються організмом людини. Тому пектини не піддаються ензиматичному розщепленню у шлунку та тонкому кишківнику, а повністю розщеплюються тільки у товстому кишківнику за допомогою мікрофлори [3].

Як із позицій розширення спектра оздоровчих продуктів та функціональних інгредієнтів, так і з точки зору раціонального використання рослинних матеріалів, багатьма науковцями ведуться роботи, спрямовані на пошук нових природних джерел пектинових речовин і отримання пектиновмісних композицій.

Залежно від особливостей складу харчової системи та властивостей пектину, що використовується, пектин може проявляти технологічні функції загусника, стабілізатора емульсій та суспензій, структуроутворювача, вологоутримуючого та желюючого компонента. Пектин є поверхнево-активною речовиною, має яскраво виражені емульгуючі та піноутворюючі властивості [3].

На сьогодні пектин та пектиновмісні сполуки віднесено до обов’язкових незамінних компонентів при створенні харчових продуктів оздоровчого, профілактичного і лікувального призначення [1].

До класичних пектинів, що суттєво відрізняються один від одного за якістю, відносять яблучний, цитрусовий, буряковий та з корзинок соняшнику.

Відомо, що високоетерифікований пектин широко використовується для виробництва мармеладу, желейних начинок, збитих кондитерських виробів (зефір, пастила, збивні цукеркові маси), при виготовленні варення, джему, конфітюру.

Сучасні технології вимагають розширення напрямів застосування пектиновмісної сировини у виробництві продуктів оздоровчого призначення.

У монографії «Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення» за редакцією О. І. Черевка і М. І. Пересічного досліджено методологічні аспекти конструювання харчових продуктів функціонального призначення. Результати досліджень свідчать про те, що якість хліба з додаванням яблучного пектину за органолептичними, фізико-хімічними показниками, а також за питомим об'ємом хліба та показниками структурно-механічних властивостей м'якушки вища порівняно з продуктом без додавання пектину. Хліб із додаванням пектину черствішає в 1,04–1,9 разу повільніше від хліба без пектину.

Розроблено білковий напівфабрикат на пектині та ряд рецептур тортів, тістечок, а також різноманітних кремів на його основі. Завдяки високій вологоутримуючій здатності яблучних пектинів, мікробіологічній чистоті препаратів для збивання, високій масовій частці сахарози або фруктози у водній фазі (понад 60 %) та відсутності продуктів, що швидко псуються, було отримано кондитерські вироби з подовженим строком зберігання [3].

Досліджено вплив високоякісних яблучних пектинів різного ступеня етерифікації на якість заварних пряників. Встановлено, що додавання пектину в заварку покращує якість пряників більшою мірою, ніж додавання його в тісто. Встановлено, що додавання в оптимальному дозуванні низькоетерифікованого яблучного пектину в заварку знижує швидкість черствіння в 2,9 разу, у тісто – 1,7 разу [3].

Розроблено харчову добавку «Гелекон», що являє собою рідкий пектинопродукт, який можна використовувати у виробництві десертних страв та напоїв оздоровчого призначення. «Гелекон» завдяки своїм колоїдним властивостям може виявляти стабілізуючу дію на вміст аскорбінової кислоти та β-каротину, що дало можливість розробити рецептури вітамінізованих напоїв [3].

Розроблено технологію виробництва кисломолочного напою оздоровчого призначення на основі кефіру подовженого терміну зберігання завдяки повторній тепловій обробці сквашеної суміші. Як стабілізатор використано пектин.

У статті обґрунтовано доцільность використання ферментних препаратів у технологіях харчової продукції на основі пектиновмісної сировини. Зазначені вище інноваційні напрями застосування пектиновмісної сировини широко впроваджуються як у харчовій промисловості, так і в закладах ресторанного господарства. Це дає можливість значно розширити асортимент продукції оздоровчого призначення, затребуваної сучасним споживачем.

Література

1. Сімахіна Г. О. Пектиновмісні порошки з жому бурякоцукрового виробництва. *Цукор України*. 2012. № 8. С. 13–17. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Cu_2012_8_4

2. Донченко Л. В., Фирсов Г. Г. Пектин: основные свойства, производство и применение. Москва: ДеЛи принт, 2007. 276 с.

3. Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення: монографія. Частина 1 / О. І. Черевко (розділи 1–4), М. І. Пересічний (розділи 1–4), С. М. Пересічна (розділи 1–4), К. В. Свідло (розділи 1–4), І. М. Грищенко (розділи 1–4), І. С. Тюрікова (розділи 3, 4), А. В. Антоненко (розділ 4), І. А. Магалецька (розділи 1, 3, 4), К. В. Паломарек (розділ 4), А. Б. Собко (розділи 3, 4), М. І. Сушич (розділ 4), О. О. Довга (розділ 3), О. С. Ліфіренко (розділ 3, 4); за ред. О. І. Черевка, М. І. Пересічного. 4-те вид., перероб. та допов. Харків: Харк. держ. ун-т харчув. і торгівлі, 2017. 940 с.

4. Харчування людини і сучасне довкілля: теорія і практика / М. І. Пересічний та ін. Київ: КНТЕУ, 2002. 526 с.

5. Новое в технологии переработки плодового сырья: монография / Л. П. Малюк и др. Харьков: Харьк. гос. академия технол. и орг. питания. 1995. 106 с.

3.7 ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ЯК ПРЕБІОТИКІВ

Куракін О. Б., *ст. викладач кафедри туризму та готельно-ресторанної справи*

Черкаський державний технологічний університет

Людина, як і будь-який інший живий організм, являє собою відкриту термодинамічну систему, яка може зберігати свою цілісність та здатність до самовідтворення завдяки постійному обміну речовин із зовнішнім середовищем.

Дослідженням теоретичних аспектів адекватного харчування вчені приділяють значну увагу. Так, виділяють наступні положення адекватного харчування:

– необхідними компонентами їжі є не тільки нутрієнти, але й баластні речовини (харчові волокна);

– нормальне харчування забезпечується як потоком нутрієнтів із травного каналу, так і кількома спрямуваннями нутритивних і регуляторних речовин, що мають життєво важливе значення;

– існує ендоекологія організму, що утворюється мікрофлорою його кишок;

– баланс харчових речовин досягається внаслідок звільнення нутрієнтів із структур їжі шляхом ферментативного розщеплення її макромолекул за рахунок порожнинного й мембранного травлення (у ряді випадків внутрішньоклітинного), а також внаслідок синтезу нових речовин, у тому числі незамінних;

– харчування підтримує молекулярний склад і відшкодовує енергетичні та пластичні витрати організму на основний обмін, зовнішню роботу й ріст.

Харчування суттєво впливає на стан здоров'я, працездатність і тривалість життя людини. Здорове харчування – один із головних чинників, які визначають здоров'я нації, забезпечують гармонійний розвиток людини, профілактику захворювань.

У зв'язку з погіршенням екологічних умов навколишнього середовища, зниженням якості продуктів харчування та неналежним ставленням населення до власного режиму харчування спостерігається зростання захворювань шлунково-кишкового тракту. Однією з причин таких хвороб є порушення мікрофлори кишечника. Тому більшість лікарів-дієтологів та гастроентерологів рекомендують включати до раціону продукти, котрі містять пробіотики та пребіотики.

Науковці приділяли значну увагу питанням регулювання хімічного складу продуктів відповідно до сучасних вимог науки з харчування [1, 2]. Питанням використання фітодобавок як функціональних компонентів продукції харчування було присвячено значну увагу [3, 4]. Дослідженя складу дикорослих ягід [5, 6] показує, що вони, окрім вітамінів, багаті на флавоноїдні речовини, гіркі глікозиди, дубильні речовини та мікроелементи, що дає можливість значною мірою підвищити біологічну цінність харчових продуктів при їх додаванні.

Обґрунтування використання кріопорошків дикорослих ягід як пребіотиків. Як основу для дослідження було взято крем сирний, для підвищення біологічної цінності якого додавали порошки дикорослих ягід. Як показують дослідження [7], комбінування кисломолочного сиру із сировиною рослинного походження дає змогу створювати позитивний біологічний ефект харчування, оскільки одночасно організм може отримати і пробіотики, і пребіотики.

Пробіотики – живі мікроорганізми, які можуть позитивно впливати на здоров'я людини, нормалізувати склад і функції мікрофлори шлунково-кишкового тракту (найчастіше це біфідобактерії і лактобацили, здатні проявляти антагонізм проти патогенних й умовно-патогенних мікробів).

Пребіотики – речовини, що важко засвоюються організмом з властивою селективною стимуляцією життєдіяльності мікроорганізмів, які входять до складу мікрофлори нижніх відділів кишечника.

Тобто пребіотики сприятливо впливають на функціонування мікрофлори шлунково-кишкового тракту. До пребіотиків відносяться речовини, які повинні задовольнити наступні вимоги:

– не гідролізуватися і не всмоктуватися у верхній частині шлунково-кишкового тракту;

– бути селективним субстратом для корисних бактерій, що живуть у товстому кишечнику, тобто стимулювати їхній ріст чи біохімічну активність;

– змінювати баланс кишкової мікрофлори в сторону більш сприятливого для організму людини складу;

– індукувати корисні ефекти не тільки на рівні шлунково-кишкового тракту, але й організму в цілому, тобто забезпечувати системні ефекти.

Основними видами пребіотиків є:

– моноцукри, спирти (ксиліт, мелібіоза, ксилобіоза, рафіноза, сорбіт та ін.)

– олігоцукри (лактулоза, лацитол, соєвий олігоцукрид, латитоолігоцукрид, фруктоолігоцукрид, галактоолігоцукрид, ізомальтоолігоцукрид та ін.);

– поліцукри (пектини, пулулан, декстрин, інулін, хітозан);

– ферменти;

– пептиди, зокрема соєві та молочні;

– амінокислоти (валін, аргинін, глутамінова кислота);

– антиоксиданти (вітаміни А, С, Е, α-, β-каротини, інші каротиноїди, глутатіон, убіхінол, солі селену тощо);

– ненасичені жирні кислоти;

– органічні кислоти;

– рослинні і мікробні екстракти та ін.

Одним із перспективних джерел отримання пребіотиків є нетрадиційна рослинна сировина, зокрема продукти її переробки (вичавки, порошки, екстракти, підварки тощо). Підприємствами харчової промисловості при переробці плодово-овочевої продукції щороку утилізується значна кількість відходів, яка слугує джерелом для отримання

функціональних компонентів. Запропоновано використовувати кріопорошки з дикорослих ягід бузини чорної, обліпихи та калини, які в достатній кількості культивуються в Україні. Ці рослини здавна використовувалися в народній медицині, а дослідженню їхнього впливу на організм людини та хімічного складу плодів присвячено роботи багатьох науковців.

Хімічний склад порошків дикорослих ягід наведено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Вміст біологічно активних і поживних речовин у порошках із калини, бузини чорної і обліпихи

Показники якості	Порошки		
	з калини	з бузини чорної	з обліпихи
Антоціанові барвникові речовини, %	10,55	30,99	-
Фенольні сполуки (за хлорогеновою кислотою), мг в 100 г	697,25	3661,97	-
Флавонові глікозиди (за рутином), мг в 100 г	917,43	633,80	1699,07
Дубильні речовини (за таніном), мг в 100 г	412,84	1004,69	824,07
Вітаміни (мг в 100 г):			
L-аскорбінова кислота	196,79	217,84	392,96
Каротин	5,05	3,76	10,65
α-токофероли	9,17	4,23	9,94
Загальний цукор, %	33,49	42,72	38,43
Целюлоза, %	6,88	7,51	12,04
Пектинові речовини, %	9,63	10,33	5,41
Білок, %	2,75	4,69	3,09
Органічні кислоти (за яблучною кислотою), %	7,80	5,16	9,24

Під час виконання дослідження було розроблено рецептурний склад нових кремів з функціональними властивостями («Бузковий» – з додаванням порошку бузини чорної, «Україночка» – порошку калини, «Сонячний» – порошку обліпихи); проведено детальне дослідження фізико-хімічних показників готових кремів та їх хімічного складу.

Фізико-хімічні показники розроблених десертів на основі сиру кисломолочного подано у таблиці 3.6.

Аналізуючи дані таблиці, можна зробити висновки, що кислотність розроблених страв нижча, порівняно з вихідною рецептурою. За рахунок внесення в рецептуру порошків дикорослих ягід збільшується масова частка сухих речовин та стійкість збитої маси.

Таблиця 3.6 – Фізико-хімічні показники досліджуваних зразків

Назва страви	Досліджувані показники		
	pH	Масова частка сухих речовин, %	Стійкість, %
Контроль	6,82	43	79
Крем «Бузковий»	6,81	45,3	82
Крем «Україночка»	6,78	45	85
Крем «Сонячний»	6,78	44,7	83

Хімічний склад і біологічну цінність розроблених десертів та контрольного зразка подано у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Хімічний склад і біологічна цінність десертів у 1000 г

Показник		Характеристика зразків			
		Контроль	Крем «Бузковий»	Крем «Україночка»	Крем «Сонячний»
Білки, г		91,21	91,22	91,23	91,23
Жири, г		163,22	163,22	163,22	163,22
Вуглеводи, г		162,22	160,88	156,9	156,9
Вміст мікроелементів, мг	Na	251,5	253	257,3	255,4
	K	549,9	569	601	606,7
	Ca	1058	1060	1066	1069
	Mg	138,1	139,6	142,2	141,4
	P	1015,9	1019	1023	1022
	Fe	3,23	3,25	3,3	3,31
Вміст вітамінів, мг	A	1,045	1,045	1,045	1,045
	β-каротин	0,552	0,63	0,86	1,19
	B_1	0,26	0,26	0,26	0,26
	B_2	1,535	1,535	1,535	1,535
	PP	1,435	1,435	1,435	1,435
	C	2,6	6,9	14,4	2,6
Енергетична цінність, ккал		2459,2	2461,3	2459,2	2459,2

Аналізуючи склад нетрадиційної рослинної сировини (кріопорошків дикорослих ягід), можна зробити висновок, що вона є постачальником значної кількості речовин з пребіотичними властивостями, які не лише позитивно впливають на розвиток мікрофлори кишечника, а й здійснюють загальний лікувально-профілактичний вплив на організм. Тому впровадження безвідходного виробництва та переробка плодово-овочевих відходів підприємств на нетрадиційну харчову сировину є перспективним напрямом розвитку харчової промисловості, а використання отриманої

нетрадиційної сировини у харчуванні населення – завданням для ресторанного господарства та медицини.

Література

1. Романчук В. Десертное молочное ВКУСНОЕ!: йогурты и творожные десерты. *Молочное дело*. 2010. № 5. С. 10–11.
2. Евдокимова О. В., Зомитева Г. М. Новые виды творожных продуктов – пудинги обогащенные. *Пищевая промышленность*. 2009. № 10. С. 60–62.
3. Золотарьова Л. А. Розробка технологій желейних кондитерських виробів з використанням фітодобавок: дис. ... канд. наук: 05.18.01. 2003.
4. Дібрівська Н. В. Технологія функціональних напівфабрикатів добавок із дикорослих ягід з використанням обробки в змінному електромагнітному полі: дис. ... канд. техн. наук. Харків: ХДУХТ, 2009.
5. Активація рослинних біологічно активних речовин фізичними методами: монографія / Р. Ю. Павлюк та ін. Харків: ХДУХТ, 2010. 152 с.
6. Памуков Д. П., Ахтарджієв Х. З. Аптека живої природи. Київ: Урожай, 1991. 304 с.
7. Зобкова З. С. Производство цельномолочных продуктов с использованием белков и жиров растительного и животного происхождения. Москва: Агропромиздат, 2007. 39 с.
8. Сирохман І. В., Завгородня В. М. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Київ: Центр учбової літ., 2009. 544 с.
9. Грисюк Н. М., Елин Е. Я. Дикорастущие, пищевые, технические и медоносные растения Украины: справочник. Киев: Урожай, 1993. 208 с.
10. Кощеев А. К., Кощеев А. А. Дикорастущие съедобные растения. Москва: Колос, 1994. 351 с.
11. Пищевая химия / А. П. Нечаев и др.; под ред. А. П. Нечаева. Санкт Петербург: ГИОРД, 2001. 592 с.
12. Фармацевтична енциклопедія URL: http://www.pharmency clopedia.com.ua/article/922/prebiotiki
13. Пробиотики и пребиотики. URL: http://medportal.ru/mednovosti/ main/2014/06/04/379probiotiki/

3.8 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДЕСЕРТУ ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Свідло К. В., *д-р техн. наук, професор кафедри інноваційних харчових і ресторанних технологій*

Харківський торговельно-економічний інститут Київського національного торговельно-економічного університету

Собко А. Б., *канд. техн. наук, ст. викладач кафедри готельно-ресторанної справа та туризму*

Східноєвропейський університет економіки і менеджменту

Каролоп О. О., *аспірант*

Науково-дослідний інститут, Київський національний університет культури і мистецтв

Стан здоров'я сучасної людини значною мірою визначається якістю харчування у дитячому віці. Коли відбувається стрімкий ріст, обмінні реакції проходять найбільш інтенсивно [1].

Однак попит на десертну продукцію оздоровчого призначення задоволений не повністю. Це пов'язано з тим, що десерти мають невеликий термін реалізації, складну і трудомістку технологію виробництва, що зумовлює неоднорідність якості та стримує розширення їх асортименту [2, 3].

Стрімке зростання попиту на десертну продукцію оздоровчого призначення визначає доцільність удосконалення її якісних споживчих властивостей. Просування на український ринок нових видів десертів оздоровчого призначення стримується недостатнім рівнем фундаментальних та прикладних досліджень. Головним чином, це пов'язано із процесами утворення та стабілізації структури білково-вуглеводних систем, збагачених харчовими добавками, що надають оздоровчий ефект цій продукції. Це спрямовує науковців на пошук нових вітчизняних покращувачів харчових систем, які мають високі харчові властивості та невисоку собівартість.

З метою формування і стабілізації структури білково-вуглеводної системи десертів можна запропонувати концентрат сироваткових білків, отриманих шляхом ультрафільтрації (КСБ-УФ). КСБ-УФ має високий енергетичний та хімічний склад біополімерів, зокрема білків, вуглеводів. Тому добавка КСБ-УФ може впливати на процеси структуроутворення, а

також на показники якості готової десертної продукції. Однак ці дані відсутні, і необхідні додаткові дослідження.

Аналіз основних проблем здоров'я дітей, пов'язаних із харчуванням, свідчить про те, що найпоширенішими є захворювання, обумовлені дисбалансом харчових речовин.

У дітей у зв'язку з високою інтенсивністю обмінних процесів і переважанням асиміляції над дисиміляцією потреби у харчових речовинах і енергії на 1 кг маси тіла вищі, ніж у дорослої людини. Добова потреба дітей в енергії з віком змінюється і на 1 кг маси тіла становить: до 1 року – 502–418 кДж (120–100 ккал), в 1–2 роки – 418–376 кДж (100–90 ккал), у 2–5 років – 376–335 кДж (90–80 ккал), у 6–9 років – 335–293 кДж (80–70 ккал), у 10–13 років – 314–272 кДж (75–65 ккал) і у 14–17 років – 272–209 кДж (65–50 ккал).

У працях [4-6] наведено результати досліджень щодо значення збалансованості нутрієнтного складу харчового раціону дітей. Показано, що співвідношення білків, жирів і вуглеводів має бути 1:1:4, а співвідношення між незамінними і замінними амінокислотами має становити 1:1. Таке співвідношення є в білках коров'ячого молока і курячих яйцях. У дітей у зв'язку з високими нерегульованими (основний обмін в 1,5–2 рази вищий, ніж у дорослої людини) і регульованими (велика рухова активність) витратами енергії процес гліколізу перебігає легше і з більшою інтенсивністю, ніж у дорослих. Тому у дітей потреба у вуглеводах, особливо у легкозасвоюваних, підвищена (у перерахунку на 1 кг маси тіла). Надмірність у раціоні продуктів, що містять вуглеводи, спричиняє розвиток або підсилення алергічних реакцій. При надмірному надходженні в організм вони мають здатність перетворюватися на жир, який відкладається під шкірою, навколо нирок, у печінці та сердцевому м'язі. Встановлено, що маса тіла у дітей і підлітків підвищується паралельно збільшенню кількості в раціонах легкозасвоюваних вуглеводів, що перетворюються в організмі на резервний жир (кожні надмірні 25 г вуглеводів перетворюються на 10 г жиру). Крім вуглеводів, що засвоюються організмом, у харчових продуктах містяться неутилізовані вуглеводи – пектин, клітковина, геміцелюлоза та ін. Дефіцит їх у харчуванні призводить до уповільнення кишкової перистальтики, розвитку стазів і дискінезій.

Дослідження дієтологів також показали [6], що вживання гіпокалорійних дієт з включенням низькожирних молочних продуктів, овочів, фруктів супроводжується суттєвим покращенням стану дитини зі збитковою вагою. Ізокалорійна заміна НЖК на ПНЖК приводить до покращення чутливості до інсуліну, зниження вмісту абдомінального

жиру, а також вмісту жирових мас. Споживання молочного білка та лактози позитивно впливає на інсулінорезистентність дитини, тоді як споживання простих вуглеводів має негативний вплив на організм дитини. Поєднання овочів та плодів з високим вмістом харчових волокон позитивно впливає на моторно-евакуаторну функцію товстої кишки та активізацію ферментів підшлункової залози.

У зв'язку з вищевикладеним, до харчових раціонів дітей слід включати достатню кількість різноманітних рослинних продуктів. Дослідження останніх років свідчать, що профілактичні заходи щодо попередження остеопорозу у дітей за рахунок додаткового прийому кальцію і вітаміну D дають результат лише під час прийому. Водночас вживання збільшеної кількості молока або мінеральних комплексів із молоком залишає позитивний ефект протягом трьох років після закінчення досліджень. Існують дані, що дефіцит кальцію у харчуванні спричиняє збільшення процесів накопичення організмом жиру [5].

Для підвищення стійкості харчових систем білково-вуглеводної природи вводять стабілізатори – добавки як білкової, так і полісахаридної природи. Для підвищення пластичної міцності та покращення консистенції й текстури десертів найчастіше використовують різноманітні гідрогелі, що є загусниками, структуроутворювачами і стабілізаторами. Саме такий підхід використано у роботах [6–10] – камедь тари, гуарова камедь, камедь ріжкового дерева, ксантанова камедь, ксантан, каррагінан і його натрієва, калієва, амонійна солі, включаючи фурцелларан. Однак деякі вчені пропонують комбіновані системи структуроутворювачів для регулювання структурно-механічніх властивостей пінних структур, зокрема комбінації желатину з пектином, з сульфатованими полісахаридами; желатин – к-каррагінан, желатин – LM пектин [8, 9].

Таким чином, проблема стійкості пінної структури все ще не вирішена.

Нині з метою підвищення стійкості пінних структур широко застосовують бінарні суміші біополімерів, що складаються з білка і одного полісахариду (β-лактоглобулін + аравійська камедь, β-лактоглобулін + пуллулан, ізолят сироваткового білка + аравійська камедь, альбумін яєчного білка + пектин і т. д.) [10, 11]. Для стабілізації продукції пропонують застосування сировини, отриманої з зернових культур (вівса, ячменю, сої) [12–15], а також харчові добавки рослинного походження: лікарські та пряно-ароматичні трави у вигляді порошків або екстрактів, овочеві та плодово-ягідні порошки [16].

Все це дає підстави стверджувати, що доцільним є проведення дослідження, присвяченого проектуванню технології десертів оздоровчого

призначення для дітей молодшого шкільного віку та вивчення впливу КСБ-УФ на функціонально-технологічні властивості продукції.

Розглянемо проектування технології десерту оздоровчого призначення для дітей молодшого шкільного віку, дослідження властивостей проектованого десерту.

Для досягнення мети було поставлено такі завдання:

– провести моделювання крему плодово-овочевого оздоровчого призначення для дітей молодшого шкільного віку;

– дослідити взаємодію нутрієнтів проектованого десерту оздоровчого призначення для дітей молодшого шкільного віку;

– дослідити функціонально-технологічні характеристики проектованого крему плодово-овочевого оздоровчого призначення для дітей молодшого шкільного віку, на основі здобутих даних побудувати параметри технологічного процесу;

– дослідити якісні характеристики, показники мікробіологічної безпечності, харчову та біологічну цінність проектованого крему плодово-овочевого оздоровчого призначення.

Варіанти рецептів подано в таблиці 3.8. Досліджували моделі рецептурних сумішей проектованого плодово-овочевого десерту оздоровчого призначення для дітей молодшого шкільного віку, аналізували забезпечення фізіологічного впливу нутрієнтів на гомеостаз дитини.

Таблиця 3.8 – Рецептури дослідних контрольних («Цитрусового» № 910 та «Ягідного» № 909) і модельних зразків крему плодово-овочевого оздоровчого призначення для дітей молодшого шкільного віку

Найменування сировини	Витрати сировини на 100 г готової продукції, г							
	зразки крему на основі «Цитрусового»				зразки крему на основі «Ягідного»			
	№ 1 контроль	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5 контроль	№ 6	№ 7	№ 8
Полуниця	–	5,0	7,0	3,0	19	5,0	3,0	2,0
Апельсин	34	10,0	8,0	12,0	–	3,0	5,0	6,0
Гарбуз	–	5,0	7,0	3,0	–	3,0	2,0	1,0
Спіруліна	–	2,0	1,0	1,5	–	1,0	1,5	2,0
Яблуко	–	7,0	6,0	8,0	–	4,0	6,0	5,0
Слива	–	5,0	5,0	5,0	–	3,0	2,0	1,0
Вершки 35 %-жирності	40	20,0	22,0	24,0	60	30,0	32,0	34,0
Олія насіння гарбуза	–	7,0	5,0	3,0	–	7,0	5,0	3,0
КСБ-УФ	–	27,0	25,0	23,0	–	29,0	27,0	25,0

Закінчення таблиці 3.8

Цукор-пісок	15,6	–	–	–	15,6	–	–	–
Фруктоза	–	5,0	5,0	5,0	–	10,0	10,0	10,0
Молоко	21,1	5,0	5,0	5,0	21,0	5,0	5,0	5,0
Яйця курячі	0,2 од.	0,2 од.	0,2 од.	0,2 од.	0,2 од.	0,2 од.	0,2 од.	0,2 од.
Желатин	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Вода	16,0	28,0	28,0	28,0	16,0	30,0	33,0	35,0

Об’єкт дослідження – технологія крему плодово-овочевого оздоровчого призначення для дітей молодшого шкільного віку.

Предмети досліджень – концентрат сироваткових білків, отриманих шляхом ультрафільтрації із вмістом 65 % сухих речовин; модельні зразки крему плодово-овочевого оздоровчого призначення для дітей молодшого шкільного віку; контрольна базова рецептура крему «Цитрусового» № 910 та крему «Ягідного» № 909 [17].

Приготування дослідних зразків крему проводили відповідно до запропонованої технології кремів (рисунок 1), контрольних зразків за класичною рецептурою [17].

Детальніше досліджувані матеріали, обладнання та методики, використовувані в експерименті, описано в роботі [1].

Виходячи з позицій нутриціології та враховуючи нутрієнтний гомеостаз дітей молодшого шкільного віку (7–10 років), змодельовано рецептуру крему плодово-овочевого оздоровчого призначення для вирівнювання фізіологічних потреб дитини. Тобто цей модельований продукт містить дефіцитні нутрієнти, а саме: повноцінні білки, ПНЖК, вітаміни і мінеральні речовини, харчові волокна, що становлять 15–30 % добової потреби дитини. Представлені дані проектування та комп’ютерного моделювання дають можливість констатувати, що зразки модельованого десерту мають оздоровчий ефект для дітей молодшого шкільного віку.

Аналіз забезпечення оздоровчого призначення десертної продукції для дітей молодшого шкільного віку шляхом взаємодії нутрієнтів доводить, що споживання дитиною цієї десертної продукції вплине на збалансованість раціону і, крім того, покращить енергетичний обмін речовин та забезпечення організму БАР, сприятиме покращенню імунної системи, забезпеченню нормальної роботи шлунково-кишкового тракту, профілактиці розвитку опорно-рухового апарату, зору, має ліпотропну та антиокисну спрямованість.

Функціонально-технологічні властивості десертної продукції вивчали на модельних системах, наведених у таблиці 3.8. Технологію десерту

плодово-овочевого оздоровчого призначення спроектовано як цілісну систему, в межах якої виділено підсистеми, функціонування яких має значення для отримання вихідного результату, тобто десерту плодово-овочевого оздоровчого призначення для дітей молодшого шкільного віку. Для визначення технологічних параметрів і режимів виробництва крему плодово-овочевого оздоровчого призначення для дітей молодшого шкільного віку досліджено вплив спроектованої моделі рецептури на збитість та стабільність дослідних зразків (таблиця 3.9).

Таблиця 3.9 – Дослідження збитості та стабільності дослідних зразків крему плодово-овочевого

Найменування показника	Показники							
	зразки крему на основі «Цитрусового»				зразки крему на основі «Ягідного»			
	№ 1 контроль	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5 контроль	№ 6	№ 7	№ 8
Збитість	104,0	129,6	123,8	109,4	106,8	134,5	132,6	112,4
Стабільність	93,2	96,6	98,2	98,0	95,2	98,5	99,5	99,3

Експериментальні дослідження збитості та стабільності дослідних зразків десертів доводять, що:

– при додаванні КСБ-УФ (23,0–29,0 %) до маси десертної продукції, виробленої на основі рецептури крему «Цитрусового», збитість збільшується на 5,4…15,6 % для модельованого крему плодово-овочевого оздоровчого призначення для дітей молодшого шкільного віку порівняно з продукцією, виробленою за традиційною технологією. Для модельних зразків на основі рецептури крему «Ягідного» – на 5,6…17,7 %;

– стабільність емульсії крему, виробленого за проектованою технологією на основі рецептури крему «Цитрусового», збільшується на 4,8 % (при додаванні 23,0 % КСБ-УФ); на 5,0 % (при додаванні 25,0 % КСБ-УФ) та на 3,4 % (при додаванні 27,0 % КСБ-УФ) порівняно зі стравою-аналогом. Для модельних зразків на основі рецептури крему «Ягідного» стабільність емульсії збільшується на 4,1 % (при додаванні 25,0 % КСБ-УФ); на 4,3 % (при додаванні 27,0 % КСБ-УФ) та на 3,3 % (при додаванні 29,0 % КСБ-УФ) порівняно зі стравою-аналогом.

Аналіз впливу КСБ-УФ і тривалості збивання на збитість дослідних зразків крему показує, що введення КСБ-УФ в кількості 23–29 % від рецептурного складу сприяє підвищенню збитості десерту і стабільності емульсії. Збитість підвищується у середньому на 14,9±2,7 %, а стабільність емульсії при додаванні КСБ-УФ у концентраціях 23–25 % від рецептурного складу – у середньому на 4,9±0,1 %.

Аналіз результатів сенсорного оцінювання експертної комісії

підтвердив, що поєднання у суміші яблука, сливи, гарбуза, полуниці та апельсину, збагаченої порошком водорості спіруліни та концентратом сироваткових білків, отриманих шляхом ультрафільтрації (КСБ-УФ), покращує зовнішній вигляд десерту, його смак та аромат, текстуру і колір. За органолептичними показниками найоптимальнішою для десертної продукції обрано концентрацію КСБ-УФ – 25,0 %. Зразки з вищими концентраціями КСБ-УФ дуже в'язкі і мають незадовільні споживчі властивості.

Дослідження хімічного складу й енергетичної цінності крему плодово-овочевого оздоровчого призначення засвідчило, що проектована продукція відповідає вимогам дієтологів та нутриціологів щодо десертів оздоровчого призначення для дітей молодшого шкільного віку (таблиця 3.10). Вивчення микробіологічних показників десерту за розробленою технологією (таблиця 3.11) показало, що кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАFАМ) в усіх досліджених зразках знаходилась у межах норми. Вивчення кількості бактерій группи E.coli не виявило цих мікроорганізмів у жодному зі зразків. Підтверджено високу біологічну цінність десерту за вмістом незамінних амінокислот.

За результатами проведених досліджень обґрунтовано рецептурний склад суміші, доведено раціональну кількість вторинної білкової сировини (КСБ-УФ) та її вплив на функціонально-технологічні властивості, технологічні параметри та режими виробництва десерту.

Таблиця 3.10 – Дослідження хімічного складу й енергетичної цінності крему плодово-овочевого оздоровчого призначення

Найменування показника	Показники на 100 г десертної продукції							
	зразки крему на основі «Цитрусового»				зразки крему на основі «Ягідного»			
	№ 1 контроль	№ 3	Добова потреба у нутрієнтах	Забезпечення добової потреби, контроль / зразок, %	№ 5 контроль	№ 8	Добова потреба у нутрієнтах	Забезпечення добової потреби, контроль / зразок, %
Білки, г	4,51	21,71	72	6,2/30,2	4,88	22,42	72	6,7/31,14
у т.ч. незамінні амінокислоти	1,9	17,5	22	8,6/79,5	2,40	20,59	22	10,9/93,6
Жири, г	15,52	13,86	70	22,2/19,8	22,53	16,14	70	32,19/23,06
у т.ч. ПНЖК	0,2	5,3	30	0,6/17,7	2,27	3,14	30	7,6/10,5
Вуглеводи, г	20,92	8,9	295	7,1/3,0	19,85	13,21	295	6,7/4,5
у т.ч. харчові волокна	0,8	0,6	25,0	3,2/2,4	0,4	0,4	25,0	1,6/1,6

Закінчення таблиці 3.10

Енергетична цінність, ккал	243,13	277,77	2100	11,6/13,2	302,42	316,1	2100	14,4/15,05
Вітаміни								
Тімін B_1, мг	0,04	0,08	1,0	4,0/8,0	0,01	0,16	1,0	1,0/16,0
Рибофлавін B_2, мг	0,05	0,11	1,2	4,1/5,8	0,09	0,24	1,2	7,5/20,0
Піридоксин B_6, мг	0,03	0,06	1,2	2,5/5,0	0,11	0,3	1,2	9,17/25,0
Ретинол А, мкг РЕ	24,54	56,19	500	4,9/11,2	26,12	77,18	500	5,2/15,4
Токоферол Е, мг ТЕ	0,55	0,57	10	5,5/5,7	0,51	1,75	10	5,1/17,5
Аскорбінова кислота С, мг	15,3	15,02	60	25,5/25,0	0,1	9,33	60	0,2/15,55
Кальциферол D, мкг	0,86	2,51	5	17,2/50,2	0,18	0,92	5	3,6/18,4
Мінеральні речовини								
Кальцій, мг	33,49	36,92	1000	3,3/3,7	50,41	276,2	1000	5,0/27,6
Фосфор, мг	25,86	51,72	1000	2,6/5,2	26,2	175,4	1000	2,6/17,54
Магній, мг	5,96	8,12	170	3,5/4,7	6,93	27,4	170	4,1/16,11
Залізо, мг	0,32	0,35	12	2,7/2,9	0,34	1,95	12	2,8/16,25
Йод, мкг	2,07	9,62	120	1,7/8,0	2,7	18,2	120	2,25/15,16
Селен, мкг	2,78	5,44	30	9,2/18,1	2,3	10,4	30	7,7/34,7

Таблиця 3.11 – Дослідження микробіологічних показників крему плодово-овочевого оздоровчого призначення

Найменування показника	Показники								
	Норма-тивне значення	на основі «Цитрусового»				на основі «Ягідного»			
		№ 1 конт-роль	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5 конт-роль	№ 6	№ 7	№ 8
Мезофільні аеробні та факультативно-анаеробні мікроорганізми (МАFАМ)	5×10^2	$2,2\times10_2$	$1,8\times10_2$	$1,95\times10^2$	$1,7\times10^2$	$1,5\times10_2$	$2,0\times10^2$	$1,75\times10^2$	$1,9\times10^2$
Бактерії групи E.coli	не дозволя-ються в 1 г	не виявлено в 1 г				не виявлено в 1 г			

Закінчення таблиці 3.11

Staph. aureus	не дозволяються в 1 г	не виявлено в 1 г	не виявлено в 1 г
Патогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії роду Salmonella	не дозволяються у 25 г	не виявлено у 25 г	не виявлено у 25 г

У подальшому дослідженні необхідно виявити вплив небажаних можливих чинників небезпеки модельованого рецептурного складу десерту в ході технологічних процесів виробництва. Також необхідно провести аналіз та ідентифікацію всіх потенційно небезпечних чинників, пов'язаних із кожною технологічною операцією виробництва крему плодово-овочевого оздоровчого призначення для дітей молодшого шкільного віку.

Проектована технологія пройшла апробацію в їдальні спеціалізованого комунального закладу «Харківська спеціалізована загальноосвітня школа-інтернат І-ІІІ ступенів № 12» Харківської обласної ради. Випущена пробна дослідно-промислова партія десертної продукції отримала високи оцінки експертної комісії з якості та рекомендована для впровадження у виробництво шкільних їдален, санаторіїв, профілакторіїв тощо.

Виходячи з викладеного вище, можемо підсумувати, що:

1. Змодельовано рецептурний склад модельних систем крему плодово-овочевого оздоровчого призначення для дітей молодшого шкільного віку, що забезпечує 15–30 % добової потреби дефіцитних нутрієнтів для дитини молодшого шкільного віку. Перелік нутрієнтів модельованого крему включає: незамінні амінокислоти, ПНЖК, вітаміни А, Е, С, D, мінеральні речовини: кальцій, фосфор, магній, залізо, йод, селен; харчові волокна.

2. Встановлено раціональний вміст КСБ-УФ у рецептурній суміші крему плодово-овочевого оздоровчого призначення для дітей молодшого шкільного віку – 0,25 % до рецептурного складу. Така концентрація вторинної молочної сировини забезпечує високу збитість і стабільність дослідних зразків десертів.

3. Аналіз результатів сенсорного оцінювання експертів дегустаційної комісії їдальні спеціалізованого комунального закладу «Харківська спеціалізована загальноосвітня школа-інтернат І-ІІІ ступенів № 12» Харківської обласної ради підтвердив, що поєднання у суміші яблука, сливи, гарбуза, полуниці та апельсину, збагаченої порошком водорості

спіруліни та концентратом сироваткових білків, отриманих шляхом ультрафільтрації (КСБ-УФ), покращує зовнішній вигляд десерту, його смак та аромат, текстуру і колір.

4. Доведено, що споживання дитиною цієї десертної продукції вплине на збалансованість раціону, енергетичний обмін речовин та забезпечення організму БАР. Вивчення микробіологічних параметрів розробленого десерту показало, що кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (MAFAM) в усіх досліджених зразках знаходилась у межах норми. Вивчення кількості бактерій групи E.coli не виявило цих мікроорганізмів у жодному зі зразків.

Отримані результати дають підставу рекомендувати розроблений десерт плодово-овочевий оздоровчого призначення для використання у харчуванні дітей молодшого шкільного віку.

Література

1. Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення: монографія. Ч. 1 / за ред. О. І`. Черевка, М. І`. Пересічного. 4-е вид., перероб. та допов. Харків: Харк. держ. ун-т харчув. і торгівлі, 2017. 940 с.

2. Товма Л. Ф., Горальчук А. Б., Грищенко О. О. Стабілізація структури повітряно-горіхових напівфабрикатів поверхнево-активними речовинами. *Estern-Earopean Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 1/10(67). Kharkiv, 2014. P. 48–53. URL: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.20069

3. Мікроструктура кремів із збитих вершків з полісахаридами та різними видами цукрів / Y. Kambulova, Y. Zvyagintseva-Semenets, E. Kobylinskaya et al. *Food Science and Technology*. 2019. 13 (3). URL: https://doi.org/10.15673/fst.v13i3.1471

4. Зубар Н. М. Основи фізіології та гігієни харчування. Київ: ЦУЛ, 2019. 336 с.

5. Determination of free fatty acids and some minerals element of lyophilized milk and seed from two species of African gourd seeds: Cucumeropsis mannii (Naud.) and Citrullus lanatus (Thunb.) / J. Enzonga, J. P. Ossoko, Y. Okandza et al. *Journal of Nutrition and Food Sciences*. 2019. Vol. 9. P. 765. URL: https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000765

6. Мазуренко І. К., Філіпова Л. Ю., Ракуленко Н. А. Функціональні продукти з біозахисними властивостями для дитячого харчування. *Дитяче харчування: перспективи розвитку та інноваційні технології:* в рамках XVII Міжнар. форуму товарів і послуг для дітей «BABY EXPO». Київ: НУХТ, 2013. С. 58–61.

7. Roche H. M., Menshink R. P. Molecular aspects of nutrition. Oxford:

Blackwell Publishing, 2003.

8. Kochubei-Lytvynenko O., Bilyk E. The prospects of using milk whey enriched with Mg and Mn in the technology of bakery products. *Food Science and Technology*. 2017. Vol. 11 (4). URL: https://doi.org/10.15673/fst.v11i4.731

9. Mohsen Dabestani, Samira Yeganehzad. Effect of Persian gum and Xanthan gum on foaming properties and stability of pasteurized fresh egg white foam. *Food Hydrocolloids*. 2019. Vol. 87. P. 550–560. URL: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.08.030

10. Forming the structure of whipped desserts when introducting the food additive «Magnetofood» to their formulation / I. Tsykhanovska, V. Evlash, A. Alexandrov et al. *Estern-Earopean Journal of Enterprise Technologies*. Kharkiv, Ukraine, 2019. Vol. 2/11 (98). P. 45–55. URL: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.161855

11. The hydrophobic modification of kappa carrageenan microgel particles for the stabilisation of foams / L. Ellis, T. B. Mills, I. T Norton, A. B Norton-Welch. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2019. Vol. 538. P. 165–173. URL: https://doi.org/10.1016/j.jcis.2018.11.091

12. Design and characterization of soluble biopolymer complexes produced by electrostatic self-assembly of a whey protein isolate and sodium alginate / S. A. Fioramonti et al. *Food Hydrocolloids*. 2013. Vol. 05. P. 1–8.

13. Evaluation of volatile characteristics in whey protein isolateepectin mixed layer emulsions under different environmental conditions / L. Mao et al. *Food Hydrocolloids*. 2014. Vol. 41. P. 79–85.

14. Stabilization of foam and emulsion by subcritical water-treated soy protein: Effect of aggregation state / Meng-Ping Wang, Xiao-Wei Chen, Jian Guo et al. *Food Hydrocolloids.* 2019. Vol. 87. P. 619–628 URL: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.08.047

15. Substantiation of the expediency to use iodine-enriched soya flour in the production of bread for special dietary consumption / Y. Biletska, R. Plotnikova, N. Danko et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 5. No. 11 (101). P. 48–55. URL: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.179809

16. Food-grade Pickering stabilizers obtained from a protein-rich lupin cultivar (AluProt-CGNA®): Chemical characterization and emulsifying properties / César Burgos-Díaza, Traudy Wandersleben, Nicole Lichtin et al. *Food Hydrocolloids.* 2019. Vol. 87. P. 847–857. URL: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.09.018/

17. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий: для предприятий общественного питания / авт.-сост.: А. И. Здобнов, В. А. Цыганенко, М. И. Пересичный. Киев: АСК, 2006. 656 с.

Довідка про авторів

Абрамова А. О., канд. техн. наук, доцент кафедри КХТП, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Андронович Г. М., викладач кафедри харчових технологій, Черкаський державний технологічний університет

Безносик Ю. О., канд. техн. наук, доцент кафедри кібернетики хіміко-технологічних процесів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Бєляєва С. С., канд. екон. наук, доцент кафедри туризму та готельно-ресторанної справи, Черкаський державний технологічний університет

Білик О. А., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технології хлібобулочних і кондитерських виробів, Національний університет харчових технологій

Бишовець Л. Г., ст. викладач кафедри туризму та готельно-ресторанної справи, Черкаський державний технологічний університет

Бойко Т. В., канд. техн. наук, доцент, в.о. завідувача кафедри КХТП, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Бондар В. І., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики та холодильної техніки, Національний університет харчових технологій

Бондаренко Ю. В., канд. техн. наук, доцент кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів, Національний університет харчових технологій

Бондарчук З. В., канд. техн. наук, доцент кафедри харчових технологій, Черкаський державний технологічний університет

Бугаєва Л. М., канд. техн. наук, доцент кафедри кібернетики хіміко-технологічних процесів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Бурченко Л. М., асистент кафедри технології хлібобулочних і кондитерських виробів, Національний університет харчових технологій

Грищенко А. М., канд. техн. наук, доцент кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів, Національний університет харчових технологій

Загоруйко Н. В., канд. біол. наук, доцент кафедри екології, Черкаський державний технологічний університет

Ivashyna L. L., Candidate of Technical Sciences, assistant professor of tourism and hotel and restaurant business department, Cherkasy State Technological University

Капрельянц Л. В., д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри біохімії, мікробіології та фізіології харчування, Одеська національна академія харчових технологій

Каролоп О. О., аспірант, Київський національний університет культури і мистецтв

Квітка О. О., канд. хім. наук, доцент кафедри кібернетики хіміко-технологічних процесів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Клименко Д. Р., магістрант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Korcok D. J., PhD, specialist of pharmacy and specialist of food technology, General Manager, Research and development department and management, Abela Pharm d.o.o., Belgrade, Serbia

Кочубей-Литвиненко О. В., канд. техн. наук, доцент, директор Навчально-наукового інституту харчових технологій НУХТ, Національний університет харчових технологій

Кукуєва В. В., канд. хім. наук, доцент кафедри харчових технологій, Черкаський державний технологічний університет

Куракін О. Б., ст. викладач кафедри туризму та готельно-ресторанної справи, Черкаський державний технологічний університет

Куриленко Ю. М., викладач кафедри харчових технологій, Черкаський державний технологічний університет

Литвяк В. В., д-р техн. наук, головний науковий співробітник відділу технічної продукції з корнеплодів РУП, «Наук.-практ. Центр з продовольства» НАН Р. Білорусь

Нагурна Н. А., канд. техн. наук, доцент кафедри харчових технологій, Черкаський державний технологічний університет

Осипенкова І. І., канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри харчових технологій, Черкаський державний технологічний університет

Полумбрик О. М., д-р хім. наук, професор кафедри харчових технологій, Черкаський державний технологічний університет

Портянко Т. М., канд. техн. наук, доцент кафедри безпеки життєдіяльності, Черкаський державний технологічний університет

Примиська С. О., канд. техн. наук, доцент кафедри кібернетики хіміко-технологічних процесів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Пшеничний М. Л., студент кафедри КХТП, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Решетіловський В. П., д-р хім. наук, професор, Institut fur Technische Chemie Technische Universität Dresden, Germany

Свідло К. В., д-р техн. наук, професор кафедри інноваційних харчових і ресторанних технологій, Харківський торговельно-економічний інститут Київського національного торговельно-економічного університету

Собко А. Б., канд. техн. наук, ст. викладач кафедри готельно-ресторанної справа та туризму, Східноєвропейський університет економіки і менеджменту

Starynets O. A., Candidate of Philological Sciences, assistant professor of tourism and hotel and restaurant business department, Cherkasy State Technological University

Терлецький А. С., магістрант кафедри харчових технологій, Черкаський державний технологічний університет

Чепурна О. Л., ст. викладач кафедри харчових технологій, Черкаський державний технологічний університет

Шахновський А. М., канд. техн. наук, доцент кафедри кібернетики хіміко-технологічних процесів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЗМІСТ

Передмова 3

Розділ 1
ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ В ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

1.1 Фізіологія смаків у пиві
(Нагурна Н. А., Осипенкова І. І., Чепурна О. Л.) 6

1.2 Наукові та технологічні аспекти електрофізичного способу спрямованого збагачення молочної сироватки магнієм ***(Кочубей-Литвиненко О. В.)*** 14

1.3 Milk protein products of functional use ***(Ivashyna L. L., Starynets O. A.)*** 21

1.4 Удосконалення технологій водно-теплової обробки та оцукрювання крохмалевмісної сировини при виробництві етилового спирту ***(Нагурна Н. А., Терлецький А. С.)*** 26

1.5 Технологічний ефект використання мальтодекстрину у виробництві булочних виробів ***(Білик О. А., Капрельянц Л. В., Бондар В. І., Бурченко Л. М.)*** 33

1.6 Вплив ступеня подрібнення насіння льону на якість пшеничного хліба ***(Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В.)*** 43

1.7 Різні види крохмалю в технології безбілкового та безглютенового хліба ***(Грищенко А. М.)*** 51

1.8 Плодово-ягідні безалкогольні напої підвищеної біологічної цінності ***(Бондарчук З. В., Куриленко Ю. М.)*** 56

Розділ 2
МОДЕЛЮВАННЯ І ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

2.1 Використання інтелектуальних методів прийняття рішень для ефективного керування процесами харчових виробництв ***(Бугаєва Л. М., Безносик Ю. О.)*** 65

2.2 Ощадливе виробництво як механізм покращення бізнес-процесів ***(Портянко Т. М.)*** 69

2.3 Оптимальне проектування підсистеми зворотного осмосу для підготовки води на підприємстві харчової промисловості. ***(Квітка О. О., Шахновський А. М., Клименко Д. Р.)*** 76

2.4 Математичне моделювання сушильно-охолоджувальної установки у виробництві цукру
(Бойко Т. В., Абрамова А. О., Пшеничний М. Л.) 85

2.5 Математичне моделювання процесу утилізації газових викидів від коптильні та кавової жаровні
(Примиська С. О., Безносик Ю. О., Решетіловський В. П.) 91

2.6 Теоретичне дослідження механізму дії інгібіторів ензимів ***(Кукуєва В. В.)*** 95

Розділ 3

СУЧАСНІ АСПЕКТИ ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ

3.1 Здорове харчування – запорука здоров'я нації і якості життя людини ***(Осипенкова І. І., Полумбрик О. М.)*** 104

3.2 Аналіз звичок українців до здорового харчування у клубах здорового способу життя м. Черкаси ***(Загоруйко Н. В.)*** 107

3.3 Державне регулювання дотримання вимог щодо безпечності та якості харчових продуктів ***(Бєляєва С. С.)*** 111

3.4 Improving probiotic stability to achieve product maximum efficacy ***(Korcok D. J.)*** 119

3.5 Сучасні підходи до ліквідації йододефіциту в харчуванні людини ***(Осипенкова І. І., Литвяк В. В., Полумбрик О. М.)*** 124

3.6 Інноваційні напрямки застосування пектиновмісної сировини в оздоровчому харчуванні ***(Бишовець Л. Г.)*** 128

3.7 Перспективи використання нетрадиційної рослинної сировини як пребіотиків ***(Куракін О. Б.)*** 132

3.8 Розроблення технології десерту оздоровчого призначення ***(Свідло К. В., Собко А. Б., Каролоп О. О.)*** 138

Наукове електронне видання

ІННОВАЦІЙНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Колективна монографія

За загальною редакцією
канд. техн. наук, доцента Н. А. Нагурної

Відповідальність за зміст матеріалів і коректність посилань несуть автори.

Складання і комп'ютерна обробка:
Г. М. Андронович, Ю. М. Куриленко

Технічний редактор *О. А. Костенко*
Коректура: *Т. В. Костенко*, *Л. М. Рудяка*

Видавець – Черкаський державний технологічний університет
бульвар Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006.
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 896 від 16.04.2002 р.

Україна, 18000, м. Черкаси, бульв. Шевченка, 460
e-mail: red_vidav@chdtu.edu.ua