

ISSN 2786-4588 (Print)
ISSN 2786-4596 (Online)

Міністерство освіти і науки України
Херсонський державний аграрно-економічний університет



Таврійський науковий вісник

Технічні науки

Випуск 5



Видавничий дім
«Гельветика»
2021

ISSN 2786-4588 (Print)
ISSN 2786-4596 (Online)

*Рекомендовано до друку вченою радою Херсонського державного аграрно-економічного університету
(протокол № 2 від 06.12.2021 року)*

Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2021. Вип. 5. 72 с.

Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus International
(Республіка Польща)

Свідцтво про державну реєстрацію: Серія КВ № 24810-14750ПР від 31.05.2021 року.

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення
StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

Редакційна колегія:

Дзюндзя О.В. – доцент кафедри інженерії харчового виробництва Херсонського державного аграрно-економічного університету, к.т.н., доцент – головний редактор; **Антоненко А.В.** – доцент кафедри готельно-ресторанного бізнесу ПВНЗ «Київський університет культури», к.т.н., доцент; **Балихіна Г.А.** – провідний науковий співробітник відділення землеробства, меліорації та механізації апарату Президії НААН, к.т.н.; **Березовський Ю.В.** – доцент кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету, д.т.н., доцент; **Бровенко Т.В.** – доцент кафедри готельно-ресторанного і туристичного бізнесу Київського національного університету культури і мистецтв, к.т.н., доцент; **Вороненко М.О.** – доцент кафедри інформатики і комп'ютерних наук Херсонського національного технічного університету, к.т.н., доцент; **Гончаренко А.В.** – професор кафедри підтримання льотної придатності повітряних суден Національного авіаційного університету, д.т.н., професор; **Гонесенко В.** – проректор з наукової роботи, директор навчальної програми магістратури «Комп'ютерні системи» Університету прикладних наук ISMA, Dr.sc.ing., професор (Рига, Латвійська Республіка); **Горальчук А.Б.** – професор кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії Харківського державного університету харчування та торгівлі, д.т.н., професор; **Димова Г.О.** – доцент кафедри менеджменту та інформаційних технологій Херсонського державного аграрно-економічного університету, к.т.н.; **Коваленко О.О.** – завідувач кафедри біоінженерії і води Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., професор; **Ковальчук П.І.** – головний науковий співробітник Інституту водних проблем і меліорації НААН, д.т.н., професор; **Кузьмич Л.В.** – головний науковий співробітник Інституту водних проблем і меліорації НААН, д.т.н., доцент; **Кузьміна Т.О.** – професор кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету, д.т.н., професор; **Лобода О.М.** – доцент кафедри менеджменту та інформаційних технологій Херсонського державного аграрно-економічного університету, к.т.н., доцент; **Марасанов В.В.** – член спеціалізованої Вченої ради ДФ 67.052.003 Херсонського національного технічного університету, д.т.н., професор; **Матяш Т.В.** – старший науковий співробітник, завідувач відділу інформаційних технологій та маркетингу інновацій Інституту водних проблем і меліорації НААН, к.т.н.; **Отрош Ю.А.** – начальник кафедри пожежної, профілактики в населених пунктах факультету пожежної безпеки Національного університету цивільного захисту України, д.т.н., професор; **Пневматікос Н.** – доцент кафедри будівництва Університету Західної Аттики, к.т.н., доцент (Афіни, Греція); **Романенко Р.П.** – доцент кафедри інженерно-технічних дисциплін Київського національного торговельно-економічного університету, к.т.н.; **Степанчиков Д.М.** – доцент кафедри енергетики, електротехніки і фізики Херсонського національного технічного університету, к.ф.-м.н., доцент; **Сурьянінов М.Г.** – завідувач кафедри будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури, д.т.н., професор; **Ткаченко О.Б.** – професор, завідувачка кафедри технології вина та сенсорного аналізу Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., доцент; **Турченко В.О.** – професор кафедри водної інженерії та водних технологій Національного університету водного господарства та природокористування, д.т.н., доцент.

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

FOOD TECHNOLOGY

УДК 663.052

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.5.1>

РОЗРОБКА ЕМУЛЬГАТОРІВ ДЛЯ КОНДИТЕРСЬКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Голуб Л.С. – кандидат технічних наук,
старший викладач кафедри технологій природних і синтетичних полімерів,
жирів та харчової продукції

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

ORCID ID: 0000-0002-6126-0696

Земелько М.Л. – викладач кафедри технологій природних і синтетичних
полімерів, жирів та харчової продукції

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

ORCID ID: 0000-0002-1405-5905

Серед кондитерських виробів особливе місце займають глазуровані вироби та шоколад, основними компонентами яких є какао-масло і какао терте, що одержують з імпортою сировини: какао-бобів. Під час виробництва глазурей для кондитерських виробів пильну увагу приділяють зниженню в'язкості композицій і зменшенню витрати какао-продуктів, насамперед какао-масла. Глазур уповільнює процеси окислення, черствіння, потрапляння вологи, у такий спосіб подовжуючи термін придатності виробу, а також забезпечує зовнішню привабливість, композиційну завершеність і смакову палітру продукту. Глазури для кондитерських виробів є багатокомпонентними сумішами. В розплавленому стані, за якого здійснюються всі технологічні процеси, вони утворюють собою дисперсні системи. Загальновідомими емульгаторами для кондитерської промисловості є фосфатиди. Вони ефективно втримують надлишок води у шоколадних глазурях, дозволяючи таким чином одержати гладку глянсову поверхню шоколадних покриттів і приємний смак. Актуальною є розробка рецептури глазурі з використанням емульгаторів, компонентом яких є сировина вітчизняного виробництва. В роботі розглянута можливість використання продуктів переробки тваринного жиру, а також тропічної олії, яка з кожним роком набуває більшого поширення в нашій країні. З метою розширення асортименту емульгаторів у статті наведено можливість застосування комбінацій фосфатидного концентрату з сумішшю моно- і дигліцеридів тваринного жиру, а також із сумішшю моно-, дигліцеридів тропічної олії. Ця комбінація компонентів застосовувалася в якості емульгаторів у рецептурі глазурі для кондитерських виробів. На підставі проведених досліджень встановлено, що оптимальним та економічно вигідним є додавання комбінації фосфатидного концентрату та суміші моно- та дигліцеридів тваринного жиру до глазурі для кондитерських виробів у кількості 0,4%. Саме це дозування призводить до зменшення в'язкості та не впливає на органолептичні показники готової продукції.

Ключові слова: харчова промисловість, кондитерські вироби, глазур, фосфатидний концентрат, органолептичні показники, в'язкість.

Holub L.S., Zemelko M.L. Development of emulsifiers for the confectionery industry

Among confectionery, a special place is occupied by glazed confectionery and chocolate, the main components of which are cocoa butter and cocoa mass, which are obtained from imported raw materials – cocoa beans. In the production of glazes for confectionery, special attention is paid to reducing the viscosity of the compositions and reducing the consumption of cocoa products and, above all, cocoa butter. The glaze slows down the processes of oxidation, hardening, moisture, thereby extending the shelf life of the product, as well as provides external attractiveness, compositional completeness and taste palette of the product. Glazes for confectionery are multi-component mixtures. In the molten state, in which all technological processes are carried out, they are dispersed systems. Well-known emulsifiers for the confectionery industry are phosphatides. They effectively retain excess water in chocolate glazes, thereby allowing you to get a smooth glossy surface of chocolate coatings and a pleasant taste. It is important to develop a glaze formulation using emulsifiers, the components of which are domestic raw materials. The paper considers the possibility of using products of animal fat processing, as well as tropical oil, the availability of which is increasing in our country every year. In order to expand the range of emulsifiers, the article shows the possibility of using combinations of phosphatide concentrate with a mixture of mono- and diglycerides of animal fat, as well as with a mixture of mono-, diglycerides of tropical oil. This combination of components was used as emulsifiers in the glaze formulation for confectionery. Based on the research, it was found that it is optimal and cost-effective to add a combination of phosphatide concentrate and a mixture of mono- and diglycerides of animal fat to the glaze for confectionery in the amount of 0.4%. It is this dosage that reduces the viscosity and does not affect the organoleptic characteristics of the finished product.

Key words: food industry, confectionery, glaze, phosphatide concentrate, organoleptic characteristics, viscosity.

Вступ. Загальновідомо, що саме харчування визначає здоров'я населення. Правильне харчування забезпечує нормальне зростання та розвиток дітей, сприяє профілактиці захворювань. Наростаюча індустріалізація і науково-технічний прогрес у різноманітних галузях життя з погляду медицини та медичної екології наразі не оцінюються як виключно прогресивне явище. Зростання темпів виробництва йде на шкоду безпеці населення та може принести свої гіркі плоди. Так, разом із несприятливим впливом техногенних й антропогенних чинників на перший план виходить дедалі більший вміст у продовольчій сировині та продуктах харчування харчових добавок штучного походження, кількість яких перевищила 5000 найменувань. За деякими даними, сучасна людина в індустріальному суспільстві отримує щодня до 1,5–2,0 г чужорідних речовин техногенного походження [1].

Зазначені вище обставини призвели до того, що у значній частини населення виникає дедалі більший інтерес до споживання виключно натуральних продуктів як засобу підвищення якості життя. Одним із таких продуктів можна вважати фосфатидний концентрат, отриманий у процесі переробки рослинної сировини, а також лецитин, який одержують з фосфатидного концентрату. Фосфатидні концентрати добре засвоюються в організмі людини, сприятливо впливають на білково-жировий обмін та є джерелом утворення органічного фосфору, необхідного для нормального перебігу пластичних процесів у мозковій і нервовій тканинах.

Постановка проблеми. В усьому світі фосфатиди застосовуються у рецептурах гіркого, молочного та білого шоколаду для надання шоколадним масам бажаних в'язких властивостей, а також для запобігання псуванню жиру. Вміст фосфатидних продуктів у виробництві шоколаду становить 0,1–0,7%.

Фосфатиди під час виготовлення шоколадних виробів виконують чимало багатofункціональних завдань, зокрема:

- сприяють зниженню в'язкості;
- покращують властивості тягучості в процесі темперування;
- надають гарні властивості в процесі формування цукерок і шоколаду;
- підвищують властивості плинності під час покриття.

Фосфатиди ефективно втримують надлишок води у шоколадних глазурях, дозволяючи у такий спосіб одержати гладку глянсову поверхню шоколадних покриттів і приємний смак [2]. Серед кондитерських виробів найбільш поширені глазуровані вироби. Під час виготовлення глазурей особливу увагу приділяють зниженню в'язкості композицій і зменшенню витрати какао-продуктів, насамперед какао-масла. Актуальною є розробка рецептури глазурі з використанням емульгаторів, компонентом яких є сировина вітчизняного виробництва.

Мета дослідження – розширення асортименту емульгаторів. У роботі розглянута можливість застосування комбінацій фосфатидного концентрату з сумішшю моно- і дигліцеридів тваринного жиру, а також із сумішшю моно-, дигліцеридів тропічної олії в якості емульгаторів у рецептурі глазурі для кондитерських виробів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Глазур для кондитерських виробів – це тонкодисперсна суміш, що складається з какао-порошку, какао-масла і цукрової пудри. Крім цих основних компонентів, у глазур для кондитерських виробів вводять смакові та ароматичні добавки. В якості добавок найбільш широко використовують сухе молоко, сухі вершки, терті ядра горіхів тощо. В якості ароматизатора у глазур для кондитерських виробів додають ванілін або ванільну есенцію. Для розрідження глазурі в неї вводять невелику кількість лецитину.

Останнім часом разом із лецитином у рецептурі кондитерських виробів застосовують фосфатидний концентрат – побічний продукт рафінації соєвої та соняшникової олій. Фосфатидні концентрати складаються з: фосфатидів 61–62%; олії 37–38%; води 0,4–0,5%. Вони повинні мати текучу консистенцію при 20° С. Харчовий фосфатидний концентрат має бути жовтого або світло-коричневого кольору, повинен мати запах і смак, властивий олії, з якої він отриманий. Вміст фосфоліпідів має становити не менше 50%, вологи – не більше 4%. Кислотне число олії, виділеної з нього, повинно бути не менше 18 мг КОН; кольорове число, мг йоду, – не більше 8.

Фосфатиди не розчиняються у воді, а розчиняються в гарячих жирах та оліях, є гарними емульгаторами [3; 4]. Фосфатидний концентрат є поверхнево-активним агентом. Він добре працює на поверхні розділу фаз різних субстанцій. За наявності двох незмішуваних рідких фаз фосфатидний концентрат знижує поверхневий натяг і діє як емульгатор. Під час взаємодії між твердою і рідкою фазами фосфатидний концентрат діє як змочувальний та диспергуючий агент. Фосфатидні концентрати широко застосовуються в кондитерській, хлібопекарській, комбікормовій та інших галузях харчової промисловості. Введення фосфатидного концентрату в шоколадні вироби підвищує їхню гомогенність і дозволяє заощаджувати 0,13–0,5% масла какао. Фосфатиди (фосфоліпіди) мають поверхневу активність й антиоксидантні властивості, чинять сприятливий вплив на ліпідний обмін, функціональний стан печінки, знижують гіперхолестеринемію, підвищують антиоксидантний потенціал організму, містять натуральні антиоксиданти, які захищають клітини від пошкодження вільними радикалами [5].

Завдяки своїм численним технологічним властивостям, а також асортименту фосфоліпідних продуктів, що розширюється, фосфатиди продовжують викликати інтерес кондитерів, які розробляють нові рецептури шоколадних виробів.

Фосфоліпіди вносяться у рецептуру шоколадних мас для підвищення їх якості та з метою посилення економічного ефекту. Завдяки розріджувальній здатності фосфоліпідів, що знижують в'язкість шоколадної маси та ефективно утримують вологу в глазурях для кондитерських виробів, рекомендовано вводити їх у кількості 0,5–1,2%, так водночас зберігається смак і стан поверхні покриття [6].

Фосфоліпіди мають широкий спектр біохімічних і фізичних властивостей, є біоактивними сполуками для організму. Вони служать джерелом легкодоступних лінолевої кислоти, холіну та інозиту, здатні впливати на біодоступність багатьох фармакологічно активних сполук, а також відіграють помітну роль як синергіст для антиоксидантів. Корисні ефекти фосфоліпідів включають зниження в крові рівня ліпідів і контроль рівня холестерину та тригліцеридів, стабілізацію мембранних функцій і підтримку нормального функціонування печінки [7].

Тому було поставлене завдання – розробити рецептуру глазури для кондитерських виробів із використанням фосфатидного концентрату, а також суміші моно- (далі – МГ), дигліцеридів (далі – ДГ) тваринного жиру та тропічної олії.

Виклад основного матеріалу. Серед кондитерських виробів особливе місце займають глазуровані вироби та шоколад, основними компонентами яких є какао-масло і какао терте, що одержують з імпортою сировини: какао-бобів. Під час виробництва глазури для кондитерських виробів пильну увагу приділяють зниженню в'язкості композицій і зменшенню витрати какао-продуктів, насамперед какао-масла. Глазур уповільнює процеси окислення, черствіння, потрапляння вологи, подовжуючи у такий спосіб термін придатності виробу, а також забезпечує зовнішню привабливість, композиційну завершеність і смакову палітру продукту [8]. Глазури для кондитерських виробів є багатокомпонентними сумішами. В розплавленому стані, за якого здійснюються всі технологічні процеси, вони утворюють собою дисперсні системи. Однією з основних технологічних проблем є необхідність зниження в'язкості цих систем. Рецептура глазури для кондитерських виробів наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Рецептура глазури для кондитерських виробів

Компонент	Рецептура № 1	Рецептура № 2	Рецептура № 3	Рецептура № 4
Цукрова пудра, %	38,6	37,7	38,1	35,1
Какао-масло, %	20–21	19,92–20,92	17,42–18,42	21–22
Какао терте, %	40,4	41,38	43,48	42,9
Поверхнево-активна речовина	0–1	0–1	0–1	0–1

Зважаючи на попередні дослідження [8], для подальших експериментів була обрана рецептура № 4.

Актуальним є спосіб зниження в'язкості за допомогою введення поверхнево-активних речовин (далі – ПАР), що дає змогу правильно підбирати в'язкість під певне призначення кондитерської композиції. Найчастіше в якості такої речовини при виробництві кондитерських виробів використовують лецитин, вміст якого у цих композиціях становить 0,4–0,6%.

Після зняття показників в'язкості чистої глазури в кондитерську масу додається 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1% поверхнево-активної речовини, а саме: суміші моно-, дигліцеридів тваринного жиру, суміші моно-, дигліцеридів тропічної олії [9] та їхньої композиції з фосфоліпідами. Виміри проводилися за температури 45° С та за швидкості ротора 20 об./хв.

Отримані дані в'язкості глазури за додавання ПАР наведені в табл. 2. В якості базової поверхнево-активної речовини було використано фосфатидний концентрат, який використовується під час виробництва кондитерських глазури.

Таблиця 2

**В'язкість глазурі для кондитерських виробів
за додавання поверхнево-активних речовин**

Вид глазурі	Кількість ПАР, %					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	В'язкість глазурі, мПа*С					
Глазур для кондитерських виробів із додаванням фосфатидів	2970	3070	3150	3260	3410	3580
Глазур для кондитерських виробів із додаванням композиції МГ і ДГ тваринного жиру та тропічної олії*	2970	2720	2570	2530	2340	2250
Глазур для кондитерських виробів із додаванням фосфатидів і суміші МГ та ДГ тропічної олії	2970	3100	3340	3450	3590	3640

* Примітка: співвідношення суміші моно-, дигліцеридів тваринного жиру та моно-, дигліцеридів тропічної олії становить 1:1.

На рис. 1 наведено графік залежності в'язкості від кількості ПАР, яку додають до глазурі для кондитерських виробів.

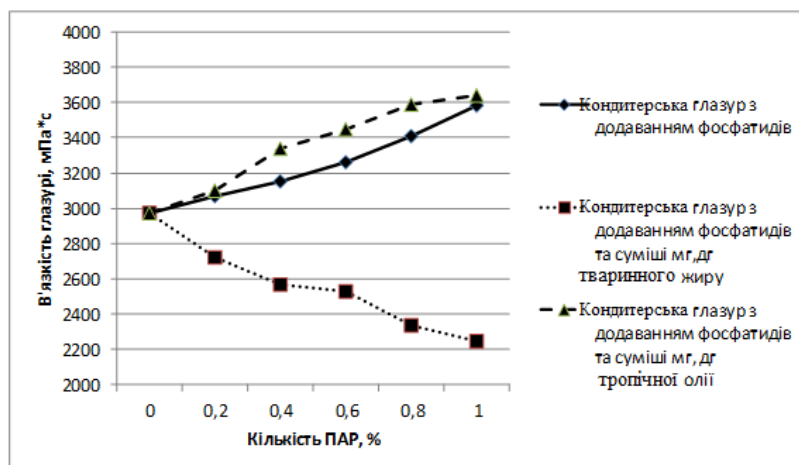


Рис. 1. Залежність зміни в'язкості від кількості поверхнево-активних речовин

Як видно з рис. 1, в разі додавання 0,4% фосфатидного концентрату в'язкість зменшується, але цього не досить для проведення технологічного процесу. А вже за введення 0,4% комбінації фосфатидного концентрату та суміші моно-, дигліцеридів в'язкість знижується до 2600 мПа*с. Подальше збільшення кількості введених добавок також знижує в'язкість, але є економічно недоцільним.

У табл. 3 наведені органолептичні показники отриманих глазурей для кондитерських виробів.

Таблиця 3

**Дослідження органолептичних показників глазурей
для кондитерських виробів**

Зразки	Відчуття плавлення в роті	Смак	Запах
Глазур для кондитерських виробів із додаванням фосфатидів і МГ, ДГ тваринного жиру та тропічної олії	Добре	Гіркувато-солодкий без стороннього присмаку	Властивий шоколадний глазури, без стороннього запаху
Глазур для кондитерських виробів із додаванням композиції МГ і ДГ тваринного жиру та тропічної олії	Середнє	Гіркувато-солодкий без стороннього присмаку	
Глазур для кондитерських виробів із додаванням фосфатидів і суміші МГ та ДГ тропічної олії	Добре	Гіркувато-солодкий без стороннього присмаку	

Висновки і пропозиції. На підставі проведених досліджень з'ясовано, що оптимальним та економічно вигідним є додавання комбінації фосфатидного концентрату і суміші моно- та дигліцеридів тваринного жиру до глазури для кондитерських виробів у кількості 0,4%, що призводить до зменшення її в'язкості й не впливає на органолептичні показники.

Дослідження в напрямі розробки емульгаторів для кондитерської промисловості триває й надалі та потребує додаткового вивчення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кобзар М.В., Мельников К.О. Характеристика та склад фосфоліпідів соняшникової олії. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Харків, 2005. С. 99–105.
2. Harris T.L. Surface active lipids in foods. *Society of Chemical Industry*. 1968. № 32. С. 74.
3. Аспекты применения подсолнечного лецитина в пищевой промышленности / И.С. Глух и др. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. Одеса : АСТ, 2009. 179 с.
4. Получение и тенденции применения растительных фосфолипидов / С.А. Ерешко и др. *Научно-технический журнал*. 2000. № 3–4. С. 34–36.
5. Болтайхан С., Турабаева М. Разработки технологии производства композиционных биопрепаратов на основе фосфолипидных концентратов растительных масел капсулированных форм гепатопротекторного действия. *«Наука и образование-2014»* : матер. науч.-техн. конф., г. Астана, 2014. С. 3687–3692.
6. Крамаренко А.А., Демидов И.Н. Направления применения фосфолипидных продуктов в зависимости от их технологических функций. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. 2007. № 27. С. 78–83.
7. Биологическая активность соевых фосфолипидов / О.М. Ипатова и др. *Биомедицинская химия*. 2004. № 50 (5). С. 436–450.
8. Земелько М.Л., Черваков О.В., Манк В.В. Вплив поверхнево-активних речовин на реологічні властивості шоколадних глазурей. *Харчова промисловість*. 2015. № 17. С. 35–39.

9. Філінська Т.Г. Технологія переробки вторинної жирової сировини у продукти багатопільового призначення : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.06 «Технологія жирів, ефірних масел і парфумерно-косметичних продуктів» ; Український державний хіміко-технологічний університет, 2013. 23 с.

REFERENCES:

1. Kobzar, M.V., Mel'nykov, K.O. (2005) Harakterystyka ta sklad fosfolipidiv sonjashnykovoi olii [Characteristics and composition of sunflower oil phospholipids]. *Vestnyk nacyonalnogo tehnycheskogo unyversyteta "HPY"*. Harkov, pp. 99–105. [in Ukrainian]
2. Harris, T.L. (1968) Surface active lipids in foods. *Society of Chemical Industry*. London. № 32, p. 74.
3. Gluh, I.S., Shkola, O.I., Klochkova, V.E. i dr. (2009) Aspekty primeneniya podsolnechnogo lecitina v pishhevoj promyshlennosti [Aspects of the use of sunflower lecithin in the food industry]. *Naukovi praci*. Odesa : ACT, p. 179. [in Russian]
4. Ereshko, S.A., Konstantinov, V.E., Serdjuk, L.I. i dr. (2000) Poluchenie i tendencii primeneniya rastitel'nyh fosfolipidov [Obtaining and trends in the use of plant phospholipids]. *Nauchno-tehnicheskij zhurnal*. № 3–4. P. 34–36. [in Russian]
5. Boltajhan, S., Turabaeva, M. (2014) Razrabotki tehnologii proizvodstva kompozicionnyh biopreparatov na osnove fosfolipidnyh koncentratov rastitelnyh masel kapsulirovannyh form gepatoprotektnogo dejstva [Development of technology for the production of composite biological products based on phospholipid concentrates of vegetable oils of encapsulated forms of hepatoprotective action]. *Nauchno-tehnicheskaja konferencija "Nauka i obrazovanie-2014"*, p. 3687–3692. Astana. [in Russian]
6. Kramarenko, A.A., Demidov, I.N. (2007) Napravlenija primeneniya fosfolipidnyh produktov v zavisimosti ot ih tehnologicheskikh funkcij [Areas of application of phospholipid products depending on their technological functions]. *Visnik Nacionalnogo tehničnogo universitetu "Harkivskij politehničnij institut"*. No. 27. P. 78–83. [in Russian]
7. Ipatova, O.M., Prozorovskaja, N.N., Torhovskaja, T.I., Baranova, V.S., Guseva, D.A. (2004) Biologičeskaja aktivnost' soevykh fosfolipidov [Biological activity of soy phospholipids]. *Biomedičinskaja himija*. No. 50 (5). P. 436–450. [in Russian]
8. Zemel'ko, M.L., Chervakov, O.V., Mank, V.V. (2015) Vplyv poverhnevo-aktyvnyh rečovyn na reologični vlastyvyosti shokoladnyh glazurej [Influence of surfactants on rheological properties of chocolate glazes]. *Harchova promyslovist'*. No. 17. P. 35–39. [in Ukrainian]
9. Filins'ka, T.G. (2013) Tehnologija pererobky vtorynnoi zhyrovoy syrovyny u produkty bagatocilovogo pryznachennja [Technology of processing secondary fat raw materials into multi-purpose products]. Extended abstract of candidate's thesis. Dnipro: Ukrainskyj derzhavnyj himiko-tehnologičnyj universytet. [in Ukrainian]

УДК 664.661.2:005.591.6

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.5.2>

ANALYSIS OF CONSUMER PROPERTIES OF MICROGREEN AND BENEFITS OF USE IN NUTRITION

Gorach O.O. – Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Food Engineering
Kherson State Agrarian and Economic University
ORCID ID: 0000-0002-8737-5002

Modern trends in the formation of a healthy diet dictate the need to create new products with increased biological and physiological value. An important role in this is played by the possibility of using traditional agricultural raw materials grown in the immediate vicinity of the places of its processing, which significantly reduces the cost of transportation and storage of raw materials, to expand the range of food products.

Improving the nutrition of the population is possible due to the use in the recipe of food products of natural plant raw materials, traditionally grown, harvested, prepared in Ukraine, which has a high biological value. The need to monitor the development of modern technologies requires constant improvement and implementation of innovations in the food industry on its own due to the use of foods high in biological compounds.

Based on the analysis of literature sources on the use of microgreens in food, allows us to conclude that today this raw material is promising and belongs to innovative foods. The use of microgreens in the diet allows you to fill the human body with organic nutrients such as proteins, vitamins such as C, B, K, E, carotenoids, minerals and other nutrients: potassium, calcium, phosphorus, magnesium, iron, iodine, sulfur, and also essential oils. The paper presents the results of research on the biological value of microgreens of different crops and its impact on the human body. The use of the benefits of microgreens in the diet is associated with a therapeutic effect, namely the presence in its composition of vitamins, amino acids that have a wide range of biological activity with antibacterial, antiviral effect.

Key words: food industry, microgreens, biological compounds, vitamins, amino acids, consumer properties.

Горач О.О. Аналіз споживчих властивостей мікрозелені та переваги застосування у харчуванні

Сучасні тенденції формування здорового раціону харчування диктують необхідність створення нових продуктів із підвищеною біологічною та фізіологічною цінністю. Важливу роль в цьому відіграє можливість використання традиційної сільськогосподарської сировини, яка вирощується у безпосередній близькості від місць її переробки, що дозволяє помітно скоротити витрати на транспортування і зберігання сировини, розширити асортимент продуктів харчування.

Поліпшення харчування населення можливе завдяки використанню в рецептурі харчових продуктів натуральної рослинної сировини, традиційно вирощеної, зібраної, підготовленої в Україні, що має високу біологічну цінність. Необхідність відстеження розвитку сучасних технологій потребує постійного удосконалення та впровадження інновацій у харчовій промисловості насамперед завдяки використанню продуктів харчування з високим вмістом біологічних сполук.

Аналіз літературних джерел із використання мікрозелені у продуктах харчування дозволяє зробити висновок, що наразі ця сировина є перспективною та належить до інноваційних продуктів харчування. Використання мікрозелені в раціоні харчування дозволяє наповнити організм людини поживними органічними речовинами, такими як білки, вітаміни С, В, К, Е, каротиноїди, мінерали та інші корисні елементи (калій, кальцій, фосфор, магній, залізо, йод, сірка), а також ефірні олії. В роботі наведено результати досліджень біологічної цінності мікрозелені різних сільськогосподарських культур та її вплив на організм людини. Використання переваг застосування мікрозелені в раціоні харчування пов'язане з лікувальним ефектом, зокрема, з наявністю в її складі вітамінів, амінокислот, що мають широкий спектр біологічної активності з антибактеріальним, антивірусним ефектом.

Ключові слова: харчова промисловість, мікрозелень, біологічні сполуки, вітаміни, амінокислоти, споживчі властивості.

Formulation of the problem. Modern trends in the formation of a healthy diet dictate the need to create new products with increased biological and physiological value. An important role in this is played by the possibility of using raw materials grown in the immediate vicinity of the places of its processing. This significantly reduces the cost of transportation and storage of raw materials, expand the range of food. Improving the nutrition of the population is possible through the use in the recipe of natural plant raw materials, traditionally grown, collected, prepared and processed in Ukraine, which has high biological value is an important scientific and technical task of the food industry.

Today, the requirements for food are constantly growing – they must not only meet the established, traditional tastes of consumers, but also belong to the category of healthy foods, not to harm the human body, but to strengthen it. There is a new need for nutrition, in which the necessary component of food is recognized not only useful but also dietary fiber. It is known that innovative products include those foods that have a preventive or curative effect on the human body. One of such innovative products is microgreens, which can be grown at home without the use of special techniques and techniques of cultivation [1].

The cultivation of microgreens was started in the USA. Microgreens began to appear on the menu of chefs in the 1980s in San Francisco (California). In Southern California, microgreens began to be grown around the mid-1990s. At the beginning of the use of microgreens as a food product with a high content of organic compounds, not many of their varieties were used. Crops such as arugula, basil, beets, cabbage, cilantro and a mixture called Rainbow Mix were mainly used for this purpose. Today, microgreens are grown in many parts of the United States and the diversity of its species is increasing every year. In the United States, there are many small producers who sell their greens in farmers' markets or restaurants. A small plastic container with drainage holes, such as a flat box for seedlings or a packaging salad box, allows you to grow sprouts on a small scale. Growing and marketing, high-quality microgreens on a commercial scale is much more complex.

The main advantage of using microgreens in the food industry is that it is growing rapidly. The crop can be removed in 7–10 days after planting, it does not require a special place for growing, enough space on the windowsill. Greens can be grown all year round, especially in the winter and spring, when the human body is in dire need of vitamins. In addition to the positive impact on the human body and quite convenient and practical cultivation, the use of microgreens in raw form, can significantly save time on cooking [2].

The purpose of the study is to analyze the results of research on the biological value of microgreens of different crops and its impact on the human body.

Analysis of recent research and publications. Based on the analysis of literature sources on the use of microgreens in food, allows us to conclude that today this raw material is promising and belongs to innovative foods. The use of microgreens in the diet allows you to fill the human body with nutritious organic substances such as proteins, vitamins (C, B, K, E), carotenoids, minerals and other nutrients (potassium, calcium, phosphorus, magnesium, iron, iodine, sulfur), as well as essential oils.

Microgreens are often called modern superfoods, because they allow you to replenish the human body with nutrients, vitamins and trace elements. Almost all crops can be used as microgreens. These young plants are not exposed to any environmental influences, so they are of maximum benefit. Scientists have proven that microgreens contain 100 times more enzymes than raw vegetables, because it is in the active stage of growth. During the first 10 days of its life, microgreens do not have time to accumulate harmful substances from the atmosphere and live in environmentally friendly conditions [3; 4].

In addition, the recent discovery of the medical and hygienic properties of microgreens, namely the content of large amounts of beta-carotene in it has led to its use in the daily diet. From a medical point of view, the beneficial properties of microgreens are due to the fact that it blocks ultraviolet radiation, protecting our skin, hair and nails from the negative effects of the environment [5].

In addition, scientific studies to study the composition of microgreens show, however, that the germinated sprouts contain a lot of vegetable protein, vitamins (C, B, K, E), carotenoids, minerals and other nutrients (potassium, calcium, phosphorus, magnesium, iron, iodine, sulfur), and it is characterized by a high content of essential oils. Each of these components has a positive effect on the human body.

Presentation of the main research material. Studies of the properties of individual components allow to establish a positive effect on the human body. Yes, folic acid is needed for the formation of new blood cells, which is especially important for women who are planning to become pregnant. Vitamin C is the best antioxidant. Carotenoids promote better immune function. Routine prevents blood clots and has an anti-inflammatory effect. Chlorophyll is a well-known antioxidant with antitumor activity.

Also a feature of the use of microgreens is its therapeutic effect on the body. With regular use of microgreens can improve the functioning of the cardiovascular, digestive, nervous, reproductive and endocrine systems. In addition, microgreens prolong youth, improve the condition of the skin, nails and hair, and are a diet food with minimal calories [6].

As microgreens, seeds of different crops can be used, as it is possible to grow microgreens from almost all crops, namely cereals, legumes and vegetables, except for plants of the nightshade family (potatoes, tomatoes, eggplants and peppers), because their seedlings contain solanine, which is a poisonous substance and can cause digestive problems. It is also not necessary to grow pumpkin plants, because the microgreens of them turn bitter. Bean sprouts contain toxic substances that can be poisoned.

The range of microgreens includes dozens of different crops, but the most popular are: beets, radishes, sunflowers, peas, cabbage, watercress, soybeans, oats, buckwheat, mustard, daikon, cilantro, amaranth [7]. Scientists from the United States analyzed the content of vitamins C, E, K, beta-carotene and other carotenoids in 25 commercially available species of microgreens. In general, the content of these vitamins and carotenoids in microgreens was about 5 times higher than in mature plant counterparts. To grow microgreens, use only environmentally friendly microgreen seeds that have not been previously treated or collected by hand.

The taste of microgreens of different cultures differs. Green sprouts taste similar to the fruits of an adult plant, but are softer and more fragrant. For lovers of spiciness suitable: mustard, onion, cilantro and radish, and for lovers of sweet food, you should pay attention to sunflower, corn, amaranth and peas.

Characterizing microgreens of anatomical and morphological structure are germinated plants in the phase of cotyledon leaves up to 15 cm tall, with 1–2 leaves. Microgreens are grown from seeds of common greens and seeds of cereals. Solanaceae are not used because they contain alkaloids. It takes 10–14 days from sowing seeds to harvesting. Biological value of microgreens of different crops in tab. 1.

Thus, microgreens are a useful food product. In addition to vitamins, it contains mineral elements (calcium, potassium, phosphorus, magnesium, iodine, iron, etc.), essential amino acids, chlorophyll. Regular consumption of microgreens strengthens the immune system, increases the body's efficiency, has a beneficial effect on the endocrine and nervous systems, improves kidney function. Microgreens contain insoluble fiber, which promotes the excretion of toxins and toxins, as well as increases intestinal motility. Rutin,

Table 1

Biological value of microgreens of different crops

№	Microgreens	Biological value	Health effects
1.	Alfalfa	vitamins, minerals, 14 amino acids that are necessary for the proper functioning of our body and prevent a number of diseases	accelerates wound healing; cleanses the body; useful for the skin; protects against osteoporosis
2.	Pea	vitamins: C, PP, groups B, A, E, minerals: phosphorus, manganese, iron, potassium, iodine, calcium, copper, magnesium, beta-carotene, folic acid, carotenoids, enzymes, chlorophyll, antioxidants	promotes weight loss
3.	Arugula	vitamin C, carotene, iodine	providing the body with energy
4.	Chia	vegetable protein, healthy fats, fiber	prevention of blood clots
5.	Sunflower	iodine, phosphorus, magnesium, calcium, zinc, vitamins E and K, folic acid	maintaining immunity
6.	Asparagus	potassium, vitamin A	prevents aging of vessel walls
7.	Amaranth	vitamins, phytosterols, which have cholesterol-lowering properties	improving blood circulation
8.	Turnip	vitamins K, A, C, E and B6, folic acid, copper, manganese, dietary fiber, calcium, potassium, magnesium, iron, phosphorus	strengthens immunity
9.	Barley	proteins, dietary fiber, vitamin E, beta-carotene, minerals	intensively affects the metabolism
10.	Beet	strengthens the immune system, contains vitamins K, C and E, beta-carotene and lutein	promotes the excretion of cholesterol
11.	Broccoli	vitamins A, C, K, soluble fiber, sulfur, protein and calcium	gives the body endurance and strength
12.	Buckwheat	buckwheat microgreens contain the “poisonous” substance phagopyrine, moderate consumption will not cause problems, but excessive can cause problems with skin sensitivity	strengthening blood vessels
13.	Carrot	vitamin A, which helps prevent vision loss, fiber, which helps digestion; vitamin K, magnesium, calcium, folic acid, potassium	improves hematopoiesis, metabolism
14.	Wheat	nutrients, vitamins A, C, B, amino acids, minerals	helps fight joint pain

contained in microgreens, reduces the permeability of capillaries and has anti-inflammatory effects, and sulforaphane has anti-cancer and antibacterial effects [7].

The advantage of microgreens is its unpretentiousness to light, heat, space. The harvest requires wide pallets and substrate – earth or jute, depending on the selected crop. The lighting can be lamps fixed in the top part of a rack with a gap of 50–60 cm. In one cycle – 10–12 days with an area of 4 m² you can get 20 kg of shoots. In fig. 1 shows an example of growing microgreens from seeds of different crops.



Fig. 1. Growing microgreens from seeds of various crops

Conclusions. Based on the analysis of scientific research on the use of microgreens in the food industry as a source of nutrients and nutrients with high biological value, we can conclude that it is a valuable food raw material. Studies to determine the consumer properties of microgreens, we conclude that it contains a large number of vitamins, essential amino acids, minerals such as calcium, potassium, phosphorus, magnesium, iodine, iron, etc. and chlorophyll, in addition, has a preventive and curative effect. It strengthens the immune system, increases the body's efficiency, has a beneficial effect on the endocrine and nervous systems, improves kidney function, improves cardiovascular function, reduces capillary permeability and has anti-inflammatory effects, and sulforaphane has anti-cancer and antibacterial effects. However, the further use of microgreens in the food industry requires further studies of consumer properties, which took into account their impact on the human body, ie sanitary, antiseptic, biological properties, as well as their energy and medicinal value. In addition, today the issues of developing resource-saving technologies for processing and storage of finished products remain unresolved and relevant, which will significantly extend the shelf life and use of raw materials, which in the future will lead to the possibility of using these products not only domestic but also European markets.

Therefore, the development, expansion and systematization of consumer characteristics of microgreens as food raw materials from different crops is an important task today, given the trends in innovative technologies in the world and in Ukraine.

BIBLIOGRAPHY:

1. Жариков Г.Г. Микробиология продовольственных товаров. Санитария и гигиена : учебник. Москва : ИЦ Академия, 2007. С. 300.
2. Carolyn, F. Broccoli Microgreens: a mineral-rich crop that can diversify food systems. *Frontiers in Nutrition*. 2018. № 47. P. 48–65.
3. Renna, M, Rinaldi, V.A. Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. *Food Compos Anal*. 2017. № 37. P. 38–43.
4. Waterland, N.L., Moon, Y., Tou, J.C., Kim, M.J., Pena-Yewtukhiw, E.M. Mineral Content Differs among Microgreen. *Baby Leaf, and Adult Stages in Three Cultivars of Kale Park HortScienc*. 2017. P. 566–571.
5. Мікрогрін: що це, види, як вирощувати в домашніх умовах : вебсайт. URL: <http://tps://bhub.com.ua/uk/mikrogrin-shho-tse-vydy-yak-vyroshhuvaty-v-domashnih-umovah/>.
6. Малинкина Е. Вся правда о микрозелени : веб-сайт. URL: <https://www.supersadovnik.ru/text/vsja-pravda-o-mikrozeleni-1007233/>.
7. Specialty Greens Pack a Nutritional Punch. *USDA ARS Online Magazine*. 2014. Vol. 62. № 1. URL: <https://agresearchmag.ars.usda.gov/2014/jan/greens/>.

REFERENCES:

1. Zharikov, G.G. (2007) Mikrobiologiya prodovol'stvennyh tovarov. Sanitariya i gigiena : uchebnik. P. 300. [in Ukrainian]
2. Carolyn, F. (2018) Broccoli Microgreens: a mineral-rich crop that can diversify food systems. *Frontiers in Nutrition*. No. 47. P. 48–65.
3. Renna, M, Rinaldi, V.A. (2017) Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. *Food Compos Anal*. P. 38–43.
4. Waterland, N.L., Moon, Y., Tou, J.C., Kim, M.J., Pena-Yewtukhiw, E.M. (2017) Mineral Content Differs among Microgreen. *Baby Leaf, and Adult Stages in Three Cultivars of Kale Park HortScienc*. P. 566–571.
5. Mikrogrin: shcho tse, vydy, yak vyroshchuvaty v domashnikh umovakh : veb-sait. URL: <http://tps://bhub.com.ua/uk/mikrogrin-shho-tse-vydy-yak-vyroshhuvaty-v-domashnih-umovah/>.
6. Malinkina, E. Vsya pravda o mikrozeleni : veb-sajt. URL: <https://www.supersadovnik.ru/text/vsja-pravda-o-mikrozeleni-1007233/>.
7. Specialty Greens Pack a Nutritional Punch. *USDA ARS Online Magazine*. 2014. Vol. 62. № 1. URL: <https://agresearchmag.ars.usda.gov/2014/jan/greens/>.

УДК 633.522:664.769

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.5.3>

ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА БАГАТОЦІЛЬОВОЇ ПЕРЕРОБКИ НАСІННЯ ПРОМИСЛОВИХ КОНОПЕЛЬ

Петраченко Д.О. – кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник відділу інженерно-технічних досліджень
Інституту луб'яних культур Національної академії аграрних наук України
ORCID ID: 0000-0002-1347-9562

Web of Science Researcher ID: ABC-3313-2021

Коропченко С.П. – кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник,
завідувач відділу інженерно-технічних досліджень
Інституту луб'яних культур Національної академії аграрних наук України
ORCID ID: 0000-0003-4520-4763

Сова Н.А. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції
Дніпровського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-4750-2473

Web of Science Researcher ID: AAD-8848-2019

Худайбердієва К.А. – асистент кафедри технології зберігання і переробки
сільськогосподарської продукції
Дніпровського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-0800-6071

Промислові коноплі – суспільно безпечна сільськогосподарська рослина, всі частини якої знаходять використання в багатьох галузях промисловості. Для організму людини цінність представляє конопляне насіння та продукція на його основі. Адже насіння промислових конопель є повноцінним джерелом рослинних білків, харчових волокон, низки вітамінів та мінеральних речовин, комплексом незамінних жирних кислот. Світова практика засвідчує, що використання продукції з насіння конопель стає пріоритетним напрямом. Виробники на постійній основі впроваджують інновації та представляють на ринку нові продукти. Український ринок продукції з насіння промислових конопель перебуває на етапі розвитку. Це зумовлює пошук нових нетрадиційних напрямів використання як насіння, так і супутніх продуктів його переробки.

У статті розкрито цінність насіння промислових конопель та наведено його хімічний склад. Надано також характеристики та хімічний склад супутніх продуктів переробки насіння, таких як січка, перевій, оболонки, фільтрувальний осад, макуха. На основі цього запропоновано комплексну техніко-технологічну схему багатоцільової переробки насіння промислових конопель. У схемі закладено послідовність дій та операцій, що дозволяє мінімізувати відходи виробництва та підвищити ефективність переробки насіння завдяки використанню всіх отриманих продуктів. Схема передбачає одержання конопляного ядра та олії холодного пресування з подальшим використанням супутніх продуктів переробки як сировини для одержання продукції різного призначення: технічної олії, сипких конопляних продуктів, комбікормів, кормових добавок, твердого біопалива тощо. Впровадження розробленої схеми дозволить розширити асортимент продукції з насіння промислових конопель та сприятиме багатовекторному розвитку аграрних і переробних підприємств.

Ключові слова: насіння конопель, конопляна олія, конопляне ядро, переробка.

Petrachenko D.O., Koropchenko S.P., Sova N.A., Khudaiberdiyeva K.A. Technological scheme of multi-purpose processing of industrial hemp seeds

Industrial hemp is a socially safe agricultural plant, all parts of which are used in many industries. Hemp seeds and products based on it are of value to the human body. After all,

industrial hemp seeds are a full-fledged source of plant proteins, dietary fiber, and the complex of essential fatty acids, a number of vitamins, minerals. World practice shows that the use of hemp seeds is becoming a priority. Manufacturers are constantly innovating and introducing new products to the market. The Ukrainian market for industrial hemp seed products is under development. This leads to the search for new non-traditional uses of both seeds and related products of its processing.

The article describes the value of industrial hemp seeds and presents its chemical composition. The characteristics and chemical composition of related products of seed processing, such as chaff, shell, husk, filtersediment, presscake are presented. Based on this, a comprehensive technical and technological scheme of multi-purpose processing of industrial hemp seeds is proposed. The scheme includes a sequence of actions and operations that minimizes production waste and increases the efficiency of seed processing through the use of all products. The scheme provides for the production of hemp kernel and cold-pressed oil with the subsequent use of by-products of processing as raw materials to obtain products for various purposes: technical oil, bulk hemp products, compound feed, feed additives, solid biofuel etc. The implementation of the developed scheme allows to expand the range of products from industrial hemp seeds and will promote multi-vector development of both agricultural and processing enterprises.

Key words: hemp seeds, hemp oil, hemp kernel, processing.

Постановка проблеми. Промислові коноплі – одна з небагатьох вітчизняних сільськогосподарських культур, всі частини якої (стебло, волокно, насіння, костриця, листя) знаходять використання в легкій, харчовій, косметичній, будівельній та інших промисловостях. Інтерес до культури збільшується у зв'язку з високою цінністю отриманих із неї продуктів [1; 2]. Завдяки природному біохімічному складу конопляне насіння та продукція на його основі дедалі більше привертає до себе увагу, адже має велику цінність для організму людини [3; 4]. Тому розробка та впровадження технологій переробки насіння промислових конопель з метою розширення сфер його використання є актуальним напрямом наукових досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Світова практика засвідчує, що промислові коноплі набувають статусу стратегічної культури, вирощування якої стає пріоритетним напрямом економічної політики урядів багатьох країн та інвестицій приватного бізнесу. Продукцію з насіння промислових конопель застосовують в медичній, харчовій, косметичній, паливній та інших промисловостях [5]. Виробники постійно докладають зусиль до впровадження інновацій та представлення на ринку нових продуктів із конопляного насіння. Це збільшує популярність та попит на цей вид товарів серед пересічних громадян [6; 7].

В Україні сьогодні ринок продукції, як з промислових конопель загалом, так і насіння зокрема, перебуває на етапі розвитку. Зумовлено це упередженим ставленням уряду до рослини, зарегульованістю та бар'єрами на законодавчому рівні, відсутністю сучасної бази для переробки сировини і виробництва продукції [8]. Хоча географічне положення України та науковий селекційний потенціал дає країні всі передумови, щоб стати світовим лідером промислового коноплярства [9].

Насіння промислових конопель є повноцінним джерелом функціональних інгредієнтів, рослинних білків, харчових волокон, низки вітамінів та мінеральних речовин, комплексом незамінних поліненасичених жирних кислот [3; 4]. Завдяки своєму природному складу продукція на основі конопляного насіння привертає до себе дедалі більше уваги не тільки поціновувачів здорового способу життя, а й пересічних громадян, які переймаються власним здоров'ям.

Постановка завдання. Підвищений інтерес до культури промислових конопель зумовлює пошук нових нетрадиційних напрямів використання насіння і супутніх продуктів його переробки. Успішний розвиток нових напрямів гарантовано лише за умови спрощеного впровадження технологій та технічних засобів із переробки насіння в господарствах, які займаються його безпосереднім

виращуванням. Розробка і впровадження технологій та технічних засобів для багатоцільової переробки насіння промислових конопель сприятимуть багатовекторному розвитку аграрних і переробних підприємств.

Виклад основного матеріалу. Напрями багатоцільової переробки насіння промислових конопель повинні ґрунтуватися на його фізіологічних властивостях, а саме на його біологічній та поживній цінності. Згідно з результатами проведених досліджень (табл. 1) насіння промислових конопель багате на протеїн, вітаміни, мінеральні речовини, поліненасичені жирні кислоти. А враховуючи сучасний суспільний попит на якісні харчові продукти, багаті корисними мікро- та макроелементами, конопляна насіннєва продукція як один із продуктів, що покращує фізіологічні процеси в організмі людини, якраз може зайняти відповідну нішу на вітчизняному ринку.

Таблиця 1

Показники складу насіння промислових конопель

№ з/п	Найменування	Вміст
1.	Масова частка клітковини, %	36,9
2.	Масова частка протеїну, %	24,7
3.	Масова частка вітамінів, мг/100 г: B1 B2 B3 (PP) B9 C	1,2 0,07 4,1 36,1 7,2
4.	Масова частка мінеральних речовин, г/кг: Фосфор Кальцій Магній Залізо Цинк Кобальт Марганець	8,4 0,8 2,6 87,7 58,2 0,5 69,5
5.	Вміст ненасичених кислот: C 18:1 олеїнова (ω -9) C 18:2 лінолева (ω -6) C 18:3 альфа-ліноленова (ω -3)	16,2 54,8 14,8

Аналіз світового та вітчизняного ринку коноплепродукції показує, що переробка насіння конопель базується на двох основних продуктах: олії холодного пресування та конопляному ядрі. Ці продукти є основою для виготовлення різноманітної продукції харчового, косметичного та технічного напрямів. Тому для багатоцільової переробки насіння промислових конопель першочерговим постає завдання налагодження процесу одержання конопляного ядра та пресової олії.

В Інституті луб'яних культур розроблено та відпрацьовано низку технологій, які дозволяють переробляти насіння промислових конопель за мінімізованими технологічними ланцюгами. Для задоволення потреб ринку в конопляному ядрі розроблена технологія одержання вільного від неїстівної оболонки ядра. Технологія передбачає переробку насіння конопель чистотою 95–99% без додаткового калібрування, вологістю 6–13% та дозволяє отримати 28–38% готового ядра,

засміченість якого не перевищує 1%. Під час виробництва конопляного ядра в якості супутніх продуктів переробки одержуємо три продукти з високими поживними властивостями (табл. 2): січку (3–7%), перевій (11–17%) та оболонки (52–58%).

Таблиця 2

Склад супутніх продуктів виробництва конопляного ядра

№ з/п	Показник	Вміст у продукті в абсолютно сухій речовині, %		
		Січка	Перевій	Оболонки
1.	Протеїн	20,81	20	12,82
2.	Жир	32,04	32,85	19,49
3.	Клітковина	29,4	27,6	37,7
4.	Зола	6,4	5,62	4,92
5.	Безазотисті екстрактивні речовини	11,35	13,93	25,07

Першим супутнім продуктом виробництва конопляного ядра є січка. Січка – це дрібно розмелене конопляне насіння, збагачене жиром (32,04%) та клітковиною (29,4%). До її складу також входить протеїн (20,81%), безазотисті екстрактивні речовини (11,35%) і зола (6,4%). Враховуючи поживні властивості та структуру продукту, січка придатна для використання у технологіях виробництва харчових продуктів оздоровчого призначення, гранульованих комбікормів та кормових добавок, технічної олії.

Другим супутнім продуктом виробництва конопляного ядра є перевій. Він являє собою дрібні частки ядра та оболонок, збагачені жиром (32,85%) і клітковиною (27,6%). До його складу також входить протеїн (20%), безазотисті екстрактивні речовини (13,93%) і зола (5,62%). З огляду на структурні властивості та поживну цінність перевій можна використовувати для виробництва технічної олії, гранульованих комбікормів для худоби, птиці та риби.

Третім супутнім продуктом виробництва конопляного ядра є оболонки. Цей вид продукту складається з різного розміру часток оболонки, збагачених клітковиною (37,7%) та безазотистими екстрактивними речовинами (25,07%). У складі продукту також присутні жир (19,49%), протеїн (12,82%) та зола (4,92%). Враховуючи структурні властивості та хімічний склад, цю фракцію можна використовувати для виробництва твердого біопалива, кормових добавок, а також в якості підстилки у тваринництві.

Для одержання конопляної олії холодного пресування розроблено технологію переробки насіння за спрощеною ланкою технологічних операцій. Така технологія дозволяє переробляти конопляне насіння чистотою 97–99%, вологістю 7–10% та отримувати 16–22% готової до вживання фільтрованої олії. Результати досліджень показали, що одержана конопляна олія відповідає нормативним документам та задовольняє потреби споживачів. Паралельно з олією отримуємо два супутні продукти переробки (табл. 3) з високими поживними властивостями: макуху в кількості 65–72% та фільтрувальний осад у кількості 5–12%.

Першим супутнім продуктом виробництва олії є макуха – знежирена білково-клітковинна сировина, яку отримують після вилучення з насіння олії. Цей продукт збагачений клітковиною (35,42%) та безазотистими екстрактивними речовинами (25,17%). У складі також присутні протеїн (21,16%), жир (11,57%), зола (6,68%). Враховуючи склад макухи, подальше її використання можливе

у виробництві гранульованих комбікормів і кормових добавок до раціону худоби та птиці, приманок для рибальства, а також у переробці на сипкі конопляні продукти (борошно, клітковину і білкові концентрати).

Таблиця 3

Склад супутніх продуктів виробництва олії

№ з/п	Показник	Вміст у продукті в абсолютно сухій речовині, %	
		Макуха	Фільтрувальний осад
1.	Протеїн	21,16	27,66
2.	Жир	11,57	55,84
3.	Клітковина	35,42	3,77
4.	Зола	6,68	6,81
5.	Безазотисті екстрактивні речовини	25,17	5,92

Другим супутнім продуктом виробництва олії є фільтрувальний осад – осад, який виділяється з олії під час її фільтрування і складається з фосфатидів, олії, води та жирових домішок. Фільтрувальний осад збагачений жиром (55,84%) і протеїном (27,66%). У складі також присутні незначні частки золи (6,11%), безазотистих екстрактивних речовин (5,31%), клітковини (3,38%). Враховуючи склад продукту та його структурні властивості, подальше використання фільтрувального осаду доцільне у виробництві кондитерських виробів, кормових добавок для худоби та птиці, косметичних засобів по догляду за шкірою або як основи у виготовленні продукції енергетичного спрямування.

Проведені дослідження дозволили об'єднати окремі технологічні ланцюги та операції, що лягло в основу розробки техніко-технологічної схеми багатоцільової переробки насіння промислових конопель (див. рис. 1). Завдяки комплексному підходу, врахуванню поживних і структурних властивостей ця схема дозволяє залучити у виробництво всі супутні продукти переробки конопляного насіння, що значно підвищує ефективність процесу. Схема багатоцільової переробки конопляного насіння базується на виробництві двох основних продуктів: конопляного ядра та олії холодного пресування. Вона поєднує в собі технології виробництва конопляного ядра, харчової або технічної олії, сипких конопляних продуктів, гранульованих комбікормів та твердого біопалива. Виходячи з кінцевої мети переробки та наявної кількості необхідної сировини, технологічні ланцюги можуть виконуватися послідовно, а також паралельно.

В основу виробництва конопляного ядра покладено використання механічного обрушування насіння та повітряно-решітної сепарації. У процесі переробки технологія обрушування насіння передбачає одержання фракції необрушеного насіння – так званого продукту повторної обробки. Цю фракцію використовують для повторного обрушування, що є доцільним для отримання максимального відсотка конопляного ядра або харчової олії, якщо, окрім конопляного ядра, на меті є одержання олії. Важливо пам'ятати, що для отримання харчової олії високої якості ці технологічні ланцюги повинні відбуватися послідовно в один день. Адже конопляне насіння за своєю природою схильне до швидкого окиснення, що погіршує його якість та властивості.

Отримані в процесі обрушування супутні продукти: перевій і січку, можна використовувати для виробництва технічної олії за технологічною схемою одержання

олії, де виконуються операції холодного пресування та фільтрування. Інший напрям використання – це виробництво гранульованих комбікормів, під час якого виконуються технологічні операції подрібнення, просіювання та гранулювання. Отримані в процесі обрешування оболонки без додаткової обробки придатні для використання на енергетичні цілі. Однак у натуральному вигляді транспортувати та використовувати оболонки незручно. Тому рекомендуємо виготовляти з них тверде біопаливо за допомогою подрібнення та пресування в паливні брикети.

Для виробництва конопляної олії можна використовувати технологію холодного пресування, яка передбачає операції вилучення олії за допомогою пресування матеріалу та фільтрування. Згідно з технологією для пресування використовують шнековий одноступінчатий прес, а для фільтрації – безвакуумний фільтрувальний мішок або фільтрувальну лінію. Отриману в процесі виробництва макуху спрямовують для виготовлення сипких конопляних продуктів. Для цього виконують операції механічного подрібнення та просіювання, що дозволяє одержати три готові продукти: клітковину, борошно та білковий концентрат. Інший напрям

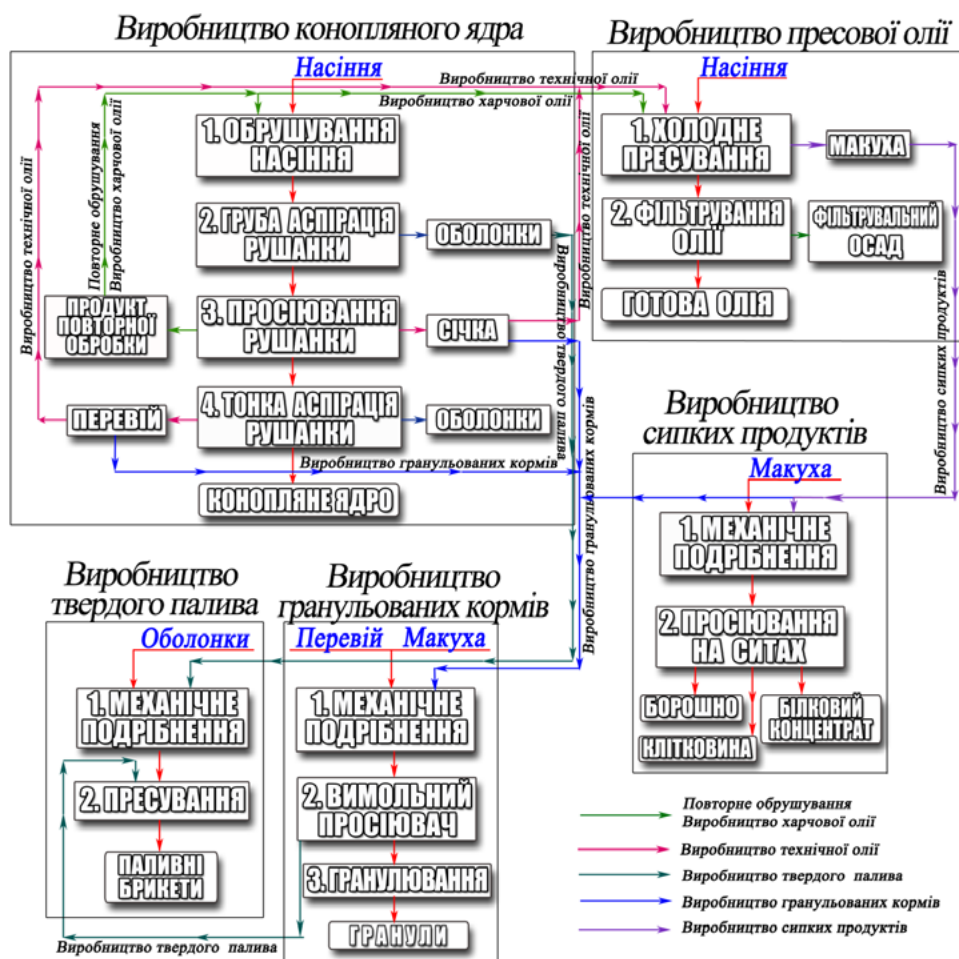


Рис. 1. Схема багатопільової переробки насіння промислових конопель

використання – це виготовлення гранульованих кормів, де виконують операції подрібнення, просіювання та гранулювання. Отриманий у процесі виробництва олії фільтрувальний осад використовують в натуральному вигляді як біологічно цінну харчову, кормову добавку або на енергетичні цілі.

Висновки. Розроблена технологічна схема багатоцільової переробки насіння промислових конопель дозволяє залучити у виробництво всі частини насіння та супутні продукти його переробки. Впровадження технологічної схеми дає змогу одержати нову продукцію та розширити сфери використання складників насіння. Реалізація цієї схеми безпосередньо у господарствах, що культивують коноплі, дозволить підвищити ефективність вирощування конопель та збільшити економічний ефект.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ляліна Н.П. Світовий та вітчизняний досвід використання конопель для виготовлення товарів широкого вжитку. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2014. № 2. С. 86–90.
2. Примаков О.А. Ненаркотичні коноплі: перспективи застосування. *Аграрний тиждень*. URL: <http://a7d.com.ua/plants/14427-nenarkotichn-konopl-perspektivi-zastosuvannya.html> (дата звернення: 29.10.2021).
3. Hemp seed as a nutritional resource: An overview. URL: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10681-004-4811-6> (дата звернення: 29.10.2021).
4. 7 proven benefits of hemp seed. URL: <https://www.organicfacts.net/hemp-seeds.html> (дата звернення: 29.10.2021).
5. Мировой рынок конопли посевной. URL: <http://konoplex.ru/zarubezhnyj-opyt/> (дата звернення: 29.10.2021).
6. Состояние и перспективы мирового коноплеводства. Европа. URL: <https://www.rosflaxhemp.ru/zhurnal/informacija-i-analiz.html/id/2003> (дата звернення: 29.10.2021).
7. Hemp seeds market size, share & COVID-19 impact analysis, by form (whole hemp seed, hulled hemp seed, hemp seed oil, and hemp protein powder), application (food & beverage, personal care products, industrial products, and others), and regional forecast, 2020–2027. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/toc/hemp-seeds-market-103478> (дата звернення: 29.10.2021).
8. Зелена книга. Ринок технічних конопель. URL: https://cdn.regulation.gov.ua/59/54/a3/1e/regulation.gov.ua_Green%20Book_More%20transparent%20regulation%20of%20industrial%20hemp%20in%20Ukraine.pdf (дата звернення: 29.10.2021).
9. Коноплярство: наукові здобутки і перспективи : монографія / В.Г. Вировець та ін. Суми : ФОП Щербина І.В., 2018. 158 с.

REFERENCES:

1. Ljalina, N.P. (2014) Svitovyi ta vitchyzniani dosvid vykorystannia konopel dlia vyhotovlennia tovariv shirokoho vzhytku [World and domestic experience in the use of hemp for the manufacture of consumer goods]. *Visnyk Hersons'kogo nacionalnogo tehnichnogo universytetu*. № 2. P. 86–90. [in Ukrainian]
2. Prymakov, O.A. (2013) Nenarkotychni konopli: perspektyvy zastosuvannja [Non-narcotic hemp: prospects for use]. *Agrarnyj tyzhden'*. Retrieved from: <http://a7d.com.ua/plants/14427-nenarkotichn-konopl-perspektivi-zastosuvannya.html>. [in Ukrainian]
3. Hemp seed as a nutritional resource: An overview. Retrieved from: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10681-004-4811-6>.
4. 7 proven benefits of hemp seed. Retrieved from: <https://www.organicfacts.net/hemp-seeds.html>.

5. Mirovoj rynek konopli posevnoj [The world market for sowing hemp]. Retrieved from: <http://konoplex.ru/zarubezhnyj-opyt/>. [in Russian]
 6. Sostoyanie i perspektivy mirovogo konoplevodstva. Evropa [The state and prospects of world hemp growing. Europe]. Retrieved from: <https://www.rosflaxhemp.ru/zhurnal/informacija-i-analiz.html/id/2003>. [in Russian]
 7. Hemp seeds market size, share & COVID-19 impact analysis, by form (whole hemp seed, hulled hemp seed, hemp seed oil, and hemp protein powder), application (food & beverage, personal care products, industrial products, and others), and regional forecast, 2020–2027. Retrieved from: <https://www.fortunebusinessinsights.com/toc/hemp-seeds-market-103478>.
 8. Zelena knyha. Rynok tekhnichnykh konopel [Green Paper. Technical hemp market]. Retrieved from: https://cdn.regulation.gov.ua/59/54/a3/1e/regulation.gov.ua/Green%20Book_More%20transparent%20regulation%20of%20industrial%20hemp%20in%20Ukraine.pdf. [in Ukrainian]
 9. Vyrovec, V.G., Lajko, I.M., Mygal', M.D., Dudukova, S.V., Zhuplatova, L.M., Kyrychenko, G.I. et al. (2018) Konopliarstvo: naukovy zdobutky i perspektyvy : monohrafiia [Hemp growing: scientific achievements and prospects: monograph]. Sumy : FOP Shherbyna I.V. [in Ukrainian]
-

УДК 633.522: 631.53.01

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.5.4>

АНАЛІЗ ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ХЛІБА ПШЕНИЧНОГО З ПІДВИЩЕНОЮ ХАРЧОВОЮ ЦІННІСТЮ

Резвих Н.І. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри інженерії харчового виробництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-4727-512X

У статті висвітлено найважливіші завдання, які стоять перед харчовою промисловістю України.

Проаналізовано наукові роботи, присвячені дослідженню впливу різних видів сировини на органолептичні показники якості хліба пшеничного.

Досліджено роботи вчених, спрямовані на вивчення впливу рослинних жирів та олій на організм людини і визначення норм їх споживання у щоденному раціоні, розкрито їхню роль в життєдіяльності організму.

Проаналізовано наукову літературу та результати вітчизняних і закордонних досліджень з визначення харчової та біологічної цінності насіння конопель як сировини для одержання рослинної олії. Проведений аналіз харчової та біологічної цінності насіння конопель показав, що воно містить 25% білка, 31% жирів та 34% вуглеводів. У складі конопляного насіння є 20 амінокислот, з яких 8 незамінних (вони не синтезуються в організмі людини). В конопляному насінні міститься велика кількість вітамінів Е, С, Д, К, вітаміни групи В, а також каротиноїди (попередники вітаміну А), макро- і мікроелементи (залізо, магній, калій, фосфор, кальцій, марганець, цинк, сірка, хлор тощо).

Досліджено вплив конопляної олії, що додавалась у різних дозуваннях у рецептуру хліба пшеничного, на його якість з метою отримання дієтичного та оздоровчого продукту з підвищеною харчовою цінністю завдяки вмісту ненасичених жирних кислот у конопляній олії.

Розроблено рецептуру та здійснено оцінку органолептичних показників якості хліба пшеничного, досліджено зміну цих показників.

В результаті дослідження органолептичних показників якості хліба пшеничного, виготовленого з різним дозуванням конопляної олії в рецептурі, встановлено, що якість пшеничного хліба за додавання 34–68 г конопляної олії не погіршується, а залишається високою. Збільшення конопляної олії до понад 68 г у рецептурі призводить до погіршення смаку, кольору, скоринки хліба. Таким чином, у виробництві хліба пшеничного з конопляною олією можна використовувати олію в кількості до 68 г.

Ключові слова: олія конопляна, хлібопекарська продукція, хліб.

Rezvykh N.I. Analysis of organoleptic quality indicators of wheat bread with high nutritional value

The article provides information on the most important tasks facing the food industry of Ukraine.

The scientific works devoted to research of influence of various kinds of raw materials on organoleptic indicators of quality of wheat bread are analyzed.

The researches of the scientists directed on studying of influence of vegetable fats and oils on a human body and definition of norms of their consumption in a daily diet are analyzed, their role in vital activity of an organism is specified.

The scientific literature and the results of domestic and foreign studies to determine the nutritional and biological value of hemp seeds as a raw material for vegetable oil are analyzed. An analysis of the nutritional and biological value of hemp seeds showed that it contains 25% protein, 31% fat and 34% carbohydrates. Hemp seeds contain 20 amino acids, of which 8 are essential (they are not synthesized in the human body). Hemp seeds contain a large number of vitamins E, C, D, K, B vitamins, as well as carotenoids (precursors of vitamin A), macro- and micronutrients (iron, magnesium, potassium, phosphorus, calcium, manganese, zinc, sulfur, chlorine, etc.).

The influence of hemp oil, which was added in different dosages to the recipe of wheat bread, on its quality in order to obtain a valuable product with high nutritional value, dietary and health nature due to the content of unsaturated fatty acids in hemp oil was studied.

The recipe is developed and the assessment of organoleptic indicators of wheat bread quality is carried out and the change of its organoleptic quality indicators is investigated.

As a result of the study of organoleptic quality indicators of wheat bread made with different dosages of hemp oil in the recipe, it was found that the quality of wheat bread with the introduction of hemp oil in the amount of 34–68 g does not deteriorate, but remains high. An increase in hemp oil above 68 g in the recipe leads to a deterioration of its taste, color, crust. Thus, in the production of wheat bread with hemp oil, you can use oil in quantities up to 68 g.

Key words: *hemp oil, bakery products, bread.*

Вступ. Найважливішими завданнями харчової промисловості України в сучасних умовах, згідно з Наказом Міністерства аграрної політики України «Про затвердження галузевої програми розвитку хлібопекарської галузі на період до 2015 р.» від 20 березня 2008 р. № 164, є, по-перше, забезпечення всіх верств населення якісною продукцією відповідно до фізіологічних норм харчування, яка покращує стан здоров'я та подовжує термін життя; по-друге, підвищення конкурентоспроможності хлібопекарської галузі, подолання кризових явищ, забезпечення її економічної стабільності і подальшого ефективного розвитку; по-третє, виробництво хлібобулочних виробів профілактичного призначення групи «Здоров'я», які характеризуються підвищеною харчовою цінністю, збільшеним вмістом харчових волокон, вітамінів, мінеральних речовин, протеїнів, антиоксидантів [1].

Постановка проблеми. Проведені науковцями дослідження з вивчення впливу рослинних жирів на організм людини та визначення норм їх споживання у щоденному раціоні показали, що рослинні жири відіграють значну роль в життєдіяльності організму. Також було визначено ступінь участі рослинних жирів у пластичних процесах організму та їх нормування в харчуванні.

З'ясовано, що особливе значення мають поліненасичені жирні кислоти: лінолева, ліноленова, арахідонова, що не синтезуються в організмі людини. Роль цих жирних кислот полягає в тому, що вони беруть участь в утворенні гормоноподібних речовин, які впливають на регуляцію обмінних процесів.

Рослинні жири є важливим джерелом вітамінів А, Е, Д, які позитивно впливають на функціонування кісткової тканини, розвиток організму та імунні процеси [2].

Аналіз наукової літератури та вітчизняних і закордонних джерел інформації з визначення харчової та біологічної цінності насіння конопель як сировини для одержання рослинної олії довів, що воно має унікальний амінокислотний склад. Так, дослідження насіння 10 канадських провідних сортів конопель, проведені вченими, показали, що вміст жирів у них становить 26,9–30,6%, а білків 23,8–28%. Вивчення вченими жирнокислого складу конопляної олії, одержаної з насіння конопель, показало, що вона складається переважно з ненасичених жирних кислот. Вміст лінолевої кислоти (Омега-6) становить 59,7%, α -ліноленової (Омега-3) – 17%. В усіх десяти сортах γ -токоферол був присутній у значно вищій концентрації, ніж δ -токоферол (2481 мг/г порівняно з 774 мг/г); вміст фенолів становив 1,37–5,16 г/100 г; концентрація – від 25,9 до 38,8%. Українським ученим Н.А. Соговою вперше був проведений аналіз із визначення жирнокислого складу олії з конопель українського сорту «Глесія», в результаті якого було з'ясовано, що вона містить 54,8–55% лінолевої (Омега-6), 16,2% олеїнової (Омега-9), 14,7–14,8% α -ліноленової (Омега-3) та 2,3% гамма-ліноленової (Омега-6) кислот [3].

Отже, проведені закордонними та вітчизняними вченими наукові дослідження показали, що насіння конопель й одержана з нього конопляна олія містять гамма-ліноленову кислоту, яка досить рідко зустрічається в рослинній сировині, та унікальні ненасичені жирні кислоти, порівняно з відомими рослинними оліями, зокрема соняшниковою, та є збалансованими продуктами для здоров'я людини.

У зв'язку з негативним впливом на стан здоров'я та тривалість життя людей нинішньої екологічної ситуації в Україні постає необхідність у забезпеченні населення нашої держави якісною продукцією відповідно до фізіологічних норм харчування, яка покращує стан здоров'я, сприяє нормальному функціонуванню організму людини та подовжує тривалість життя.

Досягти цього можна завдяки ефективному поповненню раціону людини, який наразі характеризується недостатнім вмістом вітамінів і мінеральних речовин, що надходять з їжею, та продуктами масового споживання, за допомогою збагачення харчування, зокрема і хліба, цими нутрієнтами. Оскільки хліб є щоденним продуктом харчування, дедалі частіше споживачі віддають перевагу його натуральному рецептурному складу та відсутності харчових добавок.

Сьогодні в Україні для виготовлення хліба разом із традиційною використовують і нетрадиційну сировину, яка впливає на органолептичні показники одержаного хлібопекарського виробу, а саме на зміну смаку, запаху та аромату хліба, а ще надає хлібу необхідні для людини властивості, покращує його харчову цінність. Підвищити харчову цінність продукту, його безпечність з погляду збалансованого харчування можна завдяки використанню конопляної олії для виготовлення хліба, замінивши соняшникову олію в рецептурному складі, оскільки конопляна характеризується високим вмістом ненасичених жирних кислот і вітамінів.

Багато робіт присвячено дослідженням впливу різних видів сировини на органолептичні показники якості хліба пшеничного. Так, українськими вченими Н.О. Фалендиш та Ю.В. Бадрук встановлено, що завдяки додаванню конопляного борошна й олії відбувається збагачення хліба незамінними амінокислотами, мінеральними речовинами, харчовими волокнами та поліненасиченими жирними кислотами групи $\omega 3$ і $\omega 6$. Додавання конопляного борошна сприяє також підвищенню газоутворювальної здатності тіста та кислотонакопичення, що дозволяє скоротити тривалість його дозрівання на 5–22 хв. Конопляне борошно поліпшує формостійкість тіста завдяки збільшеному вмісту клітковини, пентозанів і лецитину. Хліб, що містить конопляне борошно та олію, має присмний конопляний смак й аромат, темнотонарвану м'якушку з зеленуватим відтінком [4].

Тому вивчення впливу конопляної олії на якість хліба пшеничного з метою отримання дієтичного та оздоровчого продукту з підвищеною харчовою цінністю завдяки вмісту ненасичених жирних кислот є актуальним завданням.

Метою дослідження є розробка рецептури та оцінка органолептичних показників якості хліба пшеничного функціонального призначення.

В результаті дослідження було з'ясовано вплив різних дозувань конопляної олії, яка додавалася до рецептури хліба пшеничного, на зміну його органолептичних показників якості.

В роботі визначали якість виготовлених зразків хліба пшеничного з додаванням конопляної олії за органолептичними показниками.

Виклад основного матеріалу. Об'єктами дослідження стали такі зразки хліба пшеничного: 1 – контрольний, виготовлений за традиційною рецептурою; 2 – із додаванням конопляної олії; 3 – із додаванням удвічі більшого дозування конопляної олії; 4 – із додаванням утричі більшого дозування конопляної олії. Для визначення впливу олії на показники якості хліба пшеничного проводили пробне випікання за загальноприйнятою методикою наукових досліджень в лабораторії здорового харчування кафедри інженерії харчового виробництва Херсонського державного аграрно-економічного університету.

У процесі виробництва хліба використовували такі інгредієнти: борошно пшеничне вищого сорту (600 г); дріжджі пресовані (6 г); сіль кам'яну (5 г); олію конопляну (34 г); цукор (24 г), воду (370 г).

Для визначення органолептичних показників якості дослідних зразків хліба пшеничного з додаванням конопляної олії застосовували загальноприйняті методи і нормативні документи: ДСТУ 7044:2009 «Вироби хлібобулочні. Правила приймання, методи відбирання проб, методи визначення органолептичних показників і маси виробів» та ДСТУ 7517:2014 «Хліб із пшеничного борошна. Загальні технічні умови» [5; 6].

Для візуалізації та більш повного уявлення про стан м'якушки було здійснено дослідження структури зразків хліба пшеничного, отриманого за новими рецептурами (табл. 1).

Всі дослідні зразки хліба пшеничного були виготовлені з пшеничного борошна вищого сорту.

Склад хліба пшеничного корисний, але поява інноваційних інгредієнтів спонукає до проведення нових досліджень. Тому одним із завдань роботи було розроблення рецептури хліба пшеничного з додаванням конопляної олії, яка є джерелом всіх незамінних амінокислот.

Прототипом обрано найпоширенішу за використанням в Україні рецептуру хліба пшеничного на основі соняшникової олії.

Рецептуру дослідних зразків хліба пшеничного наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Рецептура дослідних зразків хліба пшеничного

Найменування рецептурних компонентів	Витрати сировини на 100 г готової продукції, г			
	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4
Борошно пшеничне вищого сорту	60	60	60	60
Цукор-пісок	2,4	2,4	2,4	2,4
Олія соняшникова нерафінована	3,4	-	-	-
Олія конопляна нерафінована	-	3,4	6,8	10,2
Сіль	0,5	0,5	0,5	0,5
Вода	37	37	37	37
Дріжджі	0,5	0,5	0,5	0,5

Під час визначення показника зовнішнього вигляду перевіряли відповідність виготовленого хліба пшеничного формі, в якій проводили випікання. Згідно з нормативними документами виготовлений хліб пшеничний повинен мати випуклу верхню скоринку з відсутністю бокових напливів.

Показник поверхні хліба пшеничного оцінювали візуально, визначали гладкість або шорсткість, наявність чи відсутність на поверхні хліба забруднень, надколів, надрізів, посипки, тріщин.

Забарвлення скоринки було оцінене за ступенем її інтенсивності. Виготовлені зразки хліба пшеничного розрізали ножом на дві рівні частини, при цьому звертали увагу на колір м'якушки та її відтінки. Колір м'якушки визначали за денного освітлення, допускається градація кольору від світло-жовтого до темно-коричневого; встановлювали також наявність підгорілості скоринки. Відзначали

і рівномірність забарвлення та стан м'якушки. Згідно зі стандартами м'якушка має бути пропечена, еластична, неволога на дотик, з розвинутою пористістю, без слідів непромісу й ущільнення. Від стану м'якушки залежить те, наскільки повно і швидко хліб, що потрапить до шлунку та кишечника людини, буде засвоюватися її організмом.

Таблиця 2

Результати дослідження показників зовнішнього вигляду зразків хліба пшеничного з підвищеною харчовою цінністю

Зразки	Зовнішній вигляд	Внутрішня структура
1.		
2.		
3.		
4.		

Аромат (запах) і смак визначали під час проведення дегустації хліба. При цьому критеріями оцінки аромату та смаку були характерність (специфічність для певного рецептурного варіанта) і ступінь виразності цих показників. Запах і смак визначали розжовуванням хліба. Смак і запах може бути нормальним, кислим, прісним, гіркуватим або зі стороннім, що не властивий цьому виду виробу, присмаком. Хрускіт свідчить про наявність у хлібі мінеральних домішок. Розжовування визначається також під час дегустації.

При цьому звертають увагу на грудкуватість, соковитість або сухість, ніжність або твердість, крихкість або клейкість м'якушки. У хлібі не допускаються сторонні вклучення, хрускіт від мінеральної домішки, ознаки хвороб. Стороннє вклучення – це вклучення в м'якушці хлібобулочного виробу, яке видно візуально та яке є небезпечним для життя і здоров'я людини. Хрускіт від мінеральної домішки – хруст, який з'являється під час розжовування. Результати дослідження органолептичних показників якості зразків хліба пшеничного з підвищеною харчовою цінністю наведені в табл. 3.

У дослідних зразків хліба стан м'якушки характеризується як помірно великий та рівномірний. Колір м'якушки дослідних зразків – від білого, білого з сіруватим відтінком до сірого. Під час проведення досліджень дефектів смаку та запаху нами не виявлено. Таким чином, всі зразки хліба відповідали вимогам ДСТУ 7517:2014 «Хліб із пшеничного борошна. Загальні технічні умови», жоден зразок не мав дефектів форми.

За результатами досліджень органолептичних показників якості хліба пшеничного з додаванням конопляної олії встановлено, що дослідні зразки хліба пшеничного мають прямокутну форму, не розпливчасту, без напливів, відповідають формі, в якій проводили випікання. Скоринка хліба пшеничного у зразках 1, 2 і 3 не змінилася та залишилася випуклою, а в 4 зразку хліба пшеничного випуклість охарактеризували як середню. Стан поверхні скоринки у зразках 1, 2 і 3 з додаванням конопляної олії не змінився – залишився гладким, без тріщин, надколів і забруднення, а у зразку 4 його охарактеризували як рівний.

Колір скоринки у зразках 1, 2 і 3 світло-коричневий. Таким чином, під час дослідження було встановлено, що збільшення втричі дозування конопляної олії призводить до погіршення кольору скоринки.

Зі збільшенням дозування конопляної олії в рецептурі хліба пшеничного спостерігаються зміни й у характеристиці м'якушки. Зокрема, у зразку 2 за додавання до рецептури 34 г конопляної олії отримуємо білий колір м'якушки. Колір м'якушки стає білим із сіруватим відтінком в разі збільшення дозування конопляної олії вдвічі. Збільшення додавання конопляної олії втричі призводить до погіршення кольору м'якушки, вона стає сірою.

Еластичність м'якушки в усіх досліджуваних зразках хліба пшеничного, незалежно від кількості внесеної конопляної олії, дуже гарна, після натискання форма легко вирівнюється, поверхня хліба пропечена, нелипка, не волога на дотик, без непромісів.

Смак пшеничного хліба за додавання конопляної олії та в разі збільшення її вдвічі залишається пшеничним, без стороннього присмаку, а в разі збільшення її втричі смак стає прісним.

Висновки. Як відомо, конопляна олія є джерелом всіх незамінних амінокислот. В результаті дослідження органолептичних показників якості хліба пшеничного, виготовленого на основі конопляної олії, встановлено, що якість пшеничного хліба за додавання 34–68 г конопляної олії не погіршується, а залишається високою. Збільшення конопляної олії до понад 68 г призводить до погіршення смаку, кольору, скоринки. Таким чином, у виробництві хліба пшеничного з конопляною олією можна використовувати олію в кількості до 68 г.

Використання конопляної олії у виробництві дозволить розширити асортимент хліба та хлібобулочної продукції, дасть змогу розробити і впровадити хлібобулочні вироби оздоровчого, профілактичного, дієтичного харчування для різних вікових груп та зон екологічного неблагополуччя.

Завдяки виробництву хліба пшеничного з додаванням конопляної олії населення України буде забезпечене повноцінною високоякісною хлібопекарською продукцією відповідно до фізіологічних норм харчування різних верств населення, що збільшить щоденне надходження незамінних компонентів харчування, позитивно впливатиме на стан здоров'я людей і тривалість їхнього життя.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Про затвердження галузевої програми розвитку хлібопекарської галузі на період до 2015 р. : Наказ Міністерства аграрної політики України від 20 березня 2008 р. № 164. URL: http://www.uazakon.com/documents/date_e3/pg_gtcywj.htm.
2. Товарознавство і стандартизація продукції безнаркотичної коноплі : монографія / Л.А. Чурсіна та ін. ; за заг. ред. Л.А. Чурсіної. Херсон : ПП Вишемирський В.С., 2012. 308 с.
3. Сова Н.А. Технологія комплексної переробки насіння промислових конопель : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.02. Херсон, 2019. 330 с.
4. Хліб «Конопляний» : пат. 120719 Україна: A21D 13/00/. № u 201705908 ; заявл. 13 червня 2017 р.; опубл. 10 листопада 2017 р., Бюл. № 21. 4 с.
5. Вироби хлібобулочні. Правила приймання, методи відбирання проб, методи визначання органолептичних показників і маси виробів : ДСТУ 7044:2009. URL: https://dnaop.com/html/33865/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_7044_2009 (дата звернення: 22.12.2019 р.).
6. Хліб із пшеничного борошна. Загальні технічні умови : ДСТУ 7517:2014. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=77546 (дата звернення: 22.12.2019 р.).

REFERENCES:

1. Nakaz Ministerstva ahraryoi polityky Ukrayiny "Pro zatverdzhennia haluzevoy prohramy rozvytku khlibopekarskoy haluzy na peryod do 2015 g." vid 20.03.2008 g. № 164 [Order of the Ministry of Agrarian Policy of Ukraine "On the closure of the sectoral program for the development of the bakery industry for the period up to 2015" from 20.03.2008 № 164]. URL: http://www.uazakon.com/documents/date_e3/pg_gtcywj.htm. [in Ukrainian]
2. Chursina, L.A., Bogdunova, O.F., Lulina, N.P., Rezvykh, N.I. (2012) Tovarovedeniye i standartizatsiya produktii beznarkoticheskoy konopli : monografiya [Commodity science and standardization of narcotic cannabis products : Monograph]. Kherson : PP Vishemirsky V.S.
3. Sova, N.A. (2019) Technology of complex processing of seeds of industrial hemp. Extended abstract of candidate's thesis. Kherson : HNTU. [in Ukrainian]
4. Falendish, N.O., Badruk, U.V. Khlib "Konoplyanyy" pat. № 120719 Ukraina, A21D 13/00 ; № u201705908; zajavl. 13.06.2017; opubl. 10.11.2017. Bjul. № 21. [Bread "Hemp": US Pat. № 120719 Ukraine, A21D 13/00; № u201705908; declared 13.06.2017; publ. 10.11.2017 Bull. № 21.].
5. Vyroby khlibobulochni. Pravyla pryymannya, metody vidbyrannya prob, metody vyznachannya orhanoleptychnykh pokaznykiv i masy vyrobiv : DSTU 7044:2009. [Bakery rules of acceptance, methods of sampling, methods of determination of organoleptic indicators and weight of products: DSTU 7044: 2009]. URL: http://dnaop.com/html/33865/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_7044_2009. [in Ukrainian]
6. Khlib iz pshenychnoho boroshna. Zahalni tekhnichni umovy : DSTU 7517:2014 [Bread from wheat flour. General technical conditions: DSTU 7517:2014]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=77546. [in Ukrainian]

УДК 340.49

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.5.5>

STUDY OF THE PARAMETERS OF THE FERMENTATION PROCESS OF NATURAL JUICES

Rogova N.V. – Ph.D., Associate Professor at the Department of Hotel and Restaurant and Resort Information

Higher Educational Establishment of Ukoopspilka

“Poltava University of Economics and Trade”

ORCID ID: 0000-0002-5189-9058

Volod'ko O.V. – Ph.D., Associate Professor at the Department of Hotel and Restaurant and Resort Information

Higher Educational Establishment of Ukoopspilka

“Poltava University of Economics and Trade”

ORCID ID: 0000-0003-1387-181X

The purpose of the article is to highlight the results of the study of the parameters of the fermentation process of birch sap to obtain on its basis new types of natural blended sap.

The general characteristics and expediency of using natural juices are given. It is noted that the juices contain in unchanged form and in optimal amounts useful substances for the body (vitamins, easily digestible organic minerals, trace elements, enzymes, natural sugars, alkali metals, natural medicines, plant hormones, antibiotics, etc). In particular, birch sap, due to the rich composition of macro-and micronutrients, is an effective remedy for many diseases and a useful vitamin drink to strengthen the immune system and nervous system, which is especially true during the pandemic COVID-19.

The results of experimental determination of titrated acidity of fermented birch sap are highlighted. Calculations of titrated acidity were performed according to the equation of kinetics, taking into account the kinetic coefficients determined according to experimental data. The results showed good closeness to the experimental values. The value of the relative error is in the range of 0.24–9.45%, which is quite acceptable for the mathematical description of biochemical processes. The linear direct proportional nature of the dependence of the titrated acidity of fermented birch sap on the initial concentration of sugars is determined: the rate of lactic acid accumulation during fermentation is very low at the beginning of fermentation, higher in the middle stage and reaches the highest values at the end of fermentation.

Given the described nature of the laws of kinetics of lactic acid accumulation, a rational duration of the fermentation process in 4 days is recommended, which allows to achieve a sufficiently high degree of lactic acid accumulation. A further increase in duration leads to a significant slowdown in the fermentation process. It is noted that even after heat treatment and storage, the developed types of juices have significant microbicidal activity, reducing the number of microorganisms in the studied strains by 30 or more times.

Key words: birch sap, biochemical processes, fermentation process, titrated acidity, lactic acid.

Рогова Н.В., Володько О.В. Дослідження параметрів процесу ферментування натуральних соків

Мета статті полягає у висвітленні результатів дослідження параметрів процесу ферментування березового соку для отримання на його основі нових видів натуральних купажованих соків.

Наведено загальну характеристику та доцільність вживання натуральних соків. Зазначено, що соки містять у незмінному вигляді та в оптимальній кількості корисні для організму речовини (вітаміни, легкозасвоювані органічні мінерали, мікроелементи, ензими, природні цукри, лужні метали, натуральні лікарські речовини, рослинні гормони, антибіотики тощо). Зокрема, березовий сік завдяки багатому складу макро- і мікроелементів є ефективним засобом від багатьох хвороб та корисним вітамінним напоєм для зміцнення імунітету й нервової системи, що особливо актуально під час пандемії COVID-19.

Висвітлено результати експериментального визначення титрованої кислотності ферментованого березового соку. Розрахунки титрованої кислотності проведено за рівнянням кінетики з урахуванням визначених за експериментальними даними кінетичних коефіцієнтів. Результати показали гарну наближеність до експериментальних значень. Величина порівняної похибки дорівнює 0,24–9,45%, що цілком прийнятно для математичного опису біохімічних процесів. Визначено лінійний прямо пропорційний характер залежності титрованої кислотності ферментованого березового соку від початкової концентрації цукрів: швидкість накопичування молочної кислоти під час ферментування дуже низька на початку процесу, більша – в середній стадії та досягає найбільших значень наприкінці ферментування.

Враховуючи описаний характер закономірностей кінетики накопичування молочної кислоти, рекомендована раціональна тривалість процесу ферментування впродовж 4 діб, що дозволяє досягти досить високого ступеня накопичення молочної кислоти. Подальше ж збільшення тривалості призводить до значного уповільнення процесу ферментації. Відзначено, що навіть після термічної обробки та зберігання розроблені види соків мають значну мікробіцидну активність, знижуючи кількість мікроорганізмів досліджуваних штамів у понад 30 разів.

Ключові слова: березовий сік, біохімічні процеси, процес ферментації, титрована кислотність, молочна кислота.

The study found that there is a significant potential for domestic producers of juices and juice drinks, the use of which is limited by such factors, as the low level of purchasing power of Ukrainian consumers and the growing level of competition in this segment of the commodity market and modern technologies for harvesting raw materials for the production of birch sap with the extended term of its preservation and substantiation of recommendations on the production of new types of natural blended juices on the basis of fermented birch sap therefore, that the processing industry until recently used for canning only freshly produced birch sap [1]. At the same time, its shelf life before processing is extremely limited, because at high temperatures, it can ferment spontaneously, even during transportation. Unfortunately, the healing product of birch lasts only 3–4 days.

Plant juices supply energy in the form of biophotons, normalize body functions and encourage it to self-repair and produce antibodies against viruses, to diseases and colds contribute to the normalization of biochemical and acid-base balance of the blood and tissues, prevent premature aging. Vegetable juices improve digestion, stimulate the heart, endocrine glands, increase the body's overall resistance to microbes and various diseases. Juice treatment takes into account that each of them has its own, unique characteristics and a certain side effect, which, however, can be compensated by using mixtures of juices [2].

Vegetable juices, or phytosocks (Latin phyto – plant, succus – juice) – a set of cellular and extracellular juice of fresh plant organs, which is released freely (see Nectar, Pasoka, Mucus, Resins and balms) or due to damage to the plant body (Pad, Latex, Gum), or squeezed artificially. Natural juice is obtained from fresh vegetable raw materials (fruits, berries, vegetables, herbs, leaves, flowers) by pressing under high pressure, without the addition of sugar, acids, artificial colors, flavors and preservatives. They are the most useful and much more effective in the body, because they are formed and undergo a biological cycle in a plant cell, which has much in common with the cells of animals and humans. Such juices are easily and quickly (in 10–15 minutes) absorbed by the human body, are fully used to nourish the blood, regenerate and heal tissues, cleanse the body and saturate it with nutrients.

Natural juices cause almost no side effects, allergic reactions, do not accumulate in the body, act slowly, contain native BAS, show the greatest enzymatic, vitamin and volatile activity. In the case of drying, extraction and storage of vegetable raw materials

BAS undergo certain changes under the influence of enzymatic processes and other factors.

From natural juices get juices:

- canned (stabilized) by treatment with chlorobutanol hydrate, ethyl alcohol or citric acid;

- concentrated (condensed) juices are obtained from fresh plant material in vacuum evaporators;

- dried vegetable juices are obtained by sublimation to a residual humidity of 2–3%. They are more stable, free of ballast substances and are used for quick and easy preparation of medicines;

- pigmented juices contain, in addition to active metabolites, organic dyes (see plant pigments).

For therapeutic purposes, juices are used only in doses, under the supervision of a physiotherapist.

One of the most popular cooling and diet drinks is falcon – birch sap., or birch tears [3].

From ancient chronicles it is known that the collection of birch saps (juicers) was carried out in the princely days. This fishery is not forgotten in our time.

Birch sap is a popular cooling and diet drink that is consumed not only by humans but also by bees, which improves the quality of honey.

The pharmacological properties of birch sap are the ability to dissolve urinary stones, most of phosphate and carbonate origin.

It is believed that it heals the blood, stimulates metabolism, strengthens the nervous system, acts as a diuretic. Prolonged use helps to remove kidney stones. It is used as a vitamin, antisclerotic, anthelmintic and tonic. Birch sap is useful in scurvy, gout and rheumatism, diseases of the kidneys, liver and gastrointestinal tract. It can be drunk by diabetics, but without added sugar [4].

More than 5 million liters of birch sap are harvested annually in Ukraine. It heals the blood, activates metabolism, strengthens the nervous system, normalizes the liver, gastrointestinal tract (GI tract), promotes the excretion of salts, urinary and kidney stones, have a vitamin, antisclerotic, anthelmintic effect, nourishes the skin, enhances it, smoothes wrinkles removes pigment spots.

Until recently, the processing industry used only freshly produced birch sap for canning. At the same time, its shelf life before processing is extremely limited, because at high temperatures, it can ferment spontaneously, even during transportation. Unfortunately, the healing product of birch lasts only 3–4 days [7].

Juices are made according to the technology used in the canning industry for the production of blended juices. Fermented birch sap is mixed with prepared juices and sugar according to the recipe and heated to 35–40° C. Finished canned food was sent for storage in the warehouse.

To determine the duration of fermentation (τ) of birch sap, which can provide the required titrated acidity of birch sap due to the accumulation of lactic acid, depending on the initial concentration of sugars c_0 it is necessary to investigate the patterns of fermentation. It is known that the kinetics of the fermentation process depend on many factors. The most important of them are the initial concentration of sugars c_0 and the duration of the fermentation process τ . To reduce energy consumption for the fermentation process, it is desirable to carry out without heating the juice at room temperature.

From the literature [5; 6] it is known that the kinetics of most biochemical processes have significant nonlinearity in duration, and can be described by various mathematical

models, which include a number of kinetic coefficients, which are determined by experimental data.

Taking into account the above, a plan of experiments on indicators was made, given in the table. 1. The same table shows the results of experimental determination of the titrated acidity of fermented birch sap.

Results. The obtained experimental data were approximated by a kinetic equation close to the known mathematical model of Moser [5]:

$$T = T_m c_0^a \frac{\tau^n}{k_s + \tau^n}, \quad (1)$$

T is the titrated acidity, %;

T_m is the maximum value of the titrated acidity that can be reached at the end of the fermentation process, %.

c_0 – initial concentration of sugars in birch sap, %;

τ is the duration of fermentation, hours;

a, k_s , n – kinetic coefficients determined by experimental data.

Table 1

**Experimental plan and results of research of kinetics
of birch sap fermentation process**

Experiment number	Experimental conditions		Titrated acidity, %		Relative tweak, %
	C, %	τ , hour.	experiment	calculation	
	2	3	4	5	6
1	1,4	0	0,00	0,00	-
2	1,4	1	0,12	0,13	5,45
3	1,4	2	0,48	0,49	1,93
4	1,4	3	0,78	0,84	7,10
5	1,4	4	1,09	1,06	2,55
6	1,4	5	1,25	1,20	4,21
7	1,4	6	1,26	1,28	1,48
8	0,9	0	0,00	0,00	-
9	0,9	1	0,1	0,09	9,33
10	0,9	2	0,38	0,35	7,75
11	0,9	3	0,6	0,60	0,24
12	0,9	4	0,75	0,76	1,48
13	0,9	5	0,84	0,86	2,14
14	0,9	6	0,90	0,92	1,80
15	0,4	0	0,00	0,00	-
16	0,4	1	0,05	0,05	1,64
17	0,4	2	0,21	0,19	9,45

The above kinetic coefficients a, k_s , n, which are included in the kinetic equation (1), were determined by us from experimental data by the method of least squares [5; 6], taking into account which the kinetic equation took the following form:

$$T = 1,131 c_0^{0,754} \frac{\tau^{2,410}}{10,521 + \tau^{2,410}}, \quad (2)$$

The calculations were performed in an MS Excel spreadsheet environment using the “Solution Search” procedure.

Calculations of titrated acidity, performed according to the obtained equation of kinetics, showed good approximation to the experimental values, the value of the relative error is in the range of 0.24–9.45%, which is quite acceptable for the mathematical description of biochemical processes.

Geometric interpretation of the dependence of the titrated acidity of fermented birch sap on the sugar concentration and duration of the fermentation process, obtained by equation (2), is shown in Fig. 1.

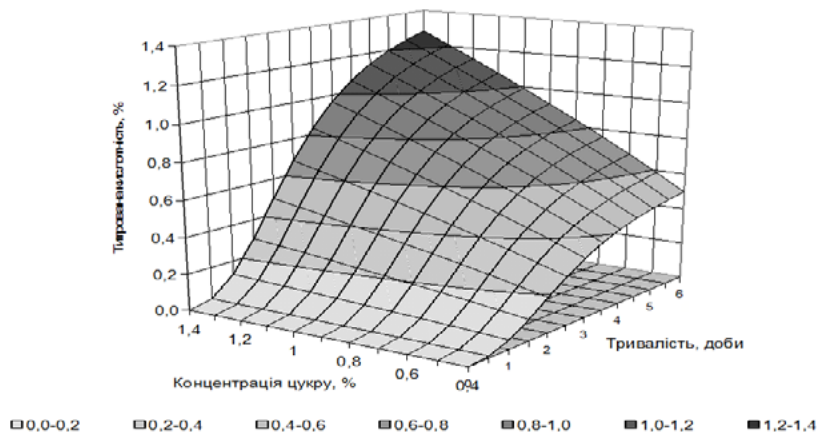


Fig. 1. The dependence of the titrated acidity of the fermented birch sap from sugar concentration and duration fermentation process

The figure clearly shows that the dependence of the titrated acidity of fermented birch sap on the duration of the fermentation process has an s-shaped character, typical of most fermentation processes: at the beginning of fermentation the process speed is very low, in the middle stage it increases rapidly. It is also seen that with increasing initial concentration of sugars c_0 , the fermentation process proceeds faster and during the same duration of the process the titrated acidity increases significantly.

The dependence of the titrated acidity of fermented birch sap on the initial concentration of sugars c_0 , regardless of the duration of fermentation, is linear and directly proportional. However, it can be noted that the rate of lactic acid accumulation during fermentation depending on the initial concentration of sugars c_0 is also different at different stages of the process: very low at the beginning of fermentation, higher in the middle stage and reaches the highest values at the end of fermentation.

Given the descriptive nature of the laws of kinetics of lactic acid accumulation can be recommended as a rational duration of the fermentation process in 4 days. At this duration, a sufficiently high degree of accumulation of lactic acid is achieved. A further increase in duration leads to a significant slowdown in the fermentation process, which is not rational.

BIBLIOGRAPHY:

1. Мельник І.В. Тенденції розвитку українського ринку соків. *Облік і фінанси АПК*. URL: <http://magazine.faaf.org.ua/tendencii-rozvitku-ukrainskogo-rinku-sokiv.html> (дата звернення: 06.09.2021 р.).

2. Дослідження ринку соків в Україні – прогнози на 2020 р. і ретро-перспектива. *Компанія Pro Consulting*. URL: <https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/issledovanie-rynka-sokov-v-ukraine-prognozy-na-2020g-i-retrospektiva> (дата звернення: 06.09.2021 р.).

3. Дослідження біологічної активності ферментованого березового соку / Н.В. Рогова та ін. *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенко «Сучасні напрями технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв»*. 2006. Вип. 45. С. 371–376.

4. Rohova N.V., Volod'ko O.V. Nutritional and biological value of juices, their effect on the human body and their importance in nutrition. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія «Технічні науки»*. 2020. С. 83–87.

5. Рогова Н.В. Вплив температури на термін ферментування і прозорість березового соку. *Нові технології й обладнання харчових виробництв* : міжвуз. наук.-практ. семінар, м. Полтава, 19 квітня 2018 р. ПУЕТ, 2018. С. 21–23.

6. Rogova N.V. Manufacture technology of fermented birch sap and new combined products based. *Actual problems of the world today : materials of collective monograph / N.V. Rogova, O.V. Volodko*. London, 2019. P. 252–267.

7. Харчова біологічна цінність соків, їх дія на організм людини та їхнє значення в харчуванні / Н.В. Рогова та ін. *Science and society : 9th Intern. conf.*, Hamilton, Canada, 1st February, 2019. Hamilton, 2019. P. 95–98.

REFERENCES:

1. Mel'nik, I.V. (2021) Tendencii rozvitku Ukrain's'kogo rinku sokiv [Trends in the development of the Ukrainian juice market]. *Oblik i finansy APK*. URL: <http://magazine.faaf.org.ua/tendencii-rozvitku-ukrainskogo-rinku-sokiv.html>. [in Ukrainian]

2. Doslidzhennja rinku sokiv v Ukraini – prognozi na 2020 r. i retrospektiva [Research of the juice market in Ukraine – forecasts for 2020 and retrospective]. *Kompaniia Pro Consulting*. URL: <https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/issledovanie-rynka-sokov-v-ukraine-prognozy-na-2020g-i-retrospektiva>. [in Ukrainian]

3. Rogova, N.V. et al. (2006). Doslidzhennja biologichnoi aktivnosti fermentovanogo berezovogo soku [Study of biological activity of fermented birch sap]. *Visnik HNTUSG im. P. Vasilenko «Suchasni naprjamy tehnologii ta mehanizacii procesiv pererobnih i harchovih virobnictv»*. Issue 45. P. 371–376. Kharkiv. [in Ukrainian]

4. Rohova, N.V., Volod'ko, O.V. (2020) Kharchova i biolohichna tsinnist sokiv, yikh diia na orhanizm liudyny ta znachennia v kharchuvanni [Nutritional and biological value of juices, their effect on the human body and their importance in nutrition]. *Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu im. V.I. Vernadskoho. Ser. Tekhnichni nauky*. P. 83–87. Kyiv. [in Ukrainian]

5. Rohova, N.V. (2018) Vplyv temperatury na termin fermentuvannia i prozorist berezovoho soku [The effect of temperature on the fermentation period and transparency of birch sap]. *Interuniversity scientific-practical seeds: «Novi tekhnologii i obladnannia kharchovykh vyrobnytstv»*. P. 21–23. Poltava : PUET. [in Ukrainian]

6. Rogova, N.V., Volod'ko, O.V. (2019) Tekhnologiya proizvodstva berezovogo sbrozhennogo soka i novykh kombinirovannykh produktov na yego osnove [Manufacture technology of fermented birch sap and new combined products based] : materials of collective monograph: *«Aktual'nyye problemy mira segodnya»*. P. 252–267. London. [in English]

7. Rogova, N.V., Volodko, O.V., Bichkov, Ja.M., Ribakova, S.S. (2019). Harchova biologichna cinnist' sokiv, ih diia na organizm ljudini ta znachennja v harchuvanni [Nutritional biological value of juices, their effect on the human body and their importance in nutritio]. *Proceedings of the Conference Title : IX Mizhnarodna konferentsiia «Nauka i suspilstvo»*. P. 95–98. Hamilton. [in English]

УДК 637.524

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.5.6>

ПЕРСПЕКТИВНІ СТАРТОВІ КУЛЬТУРИ ДЛЯ КРАФТОВИХ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ

Шинкарук М.В. – асистент кафедри інженерії харчового виробництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-3036-6778

Балук О.О. – студент II курсу магістратури
кафедри інженерії харчового виробництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету

У статті досліджено проблему поліпшення якості сиров'ялених м'ясних продуктів за допомогою використання стартових культур. У технології м'ясних продуктів визначається тенденція до використання рослинних харчових добавок у поєднанні зі стартовими культурами для поліпшення якості готової продукції. Важливою властивістю є антагонізм – придушення зростання мікроорганізмів, що спричиняють псування продукту. Для відтворення кольору м'ясопродуктів у складі стартових культур повинні бути денітрифікуючі бактерії. До основних технологічних властивостей стартових культур можна віднести зброджування вуглеводів із утворенням молочної кислоти, скорочування часу дозрівання, збільшення виходу готового продукту та подовження термінів зберігання. В разі додавання пропіонових бактерій істотно покращуються структурно-механічні властивості продукту, забезпечується зменшення втрат за теплової обробки, підвищується вологов'язувальна здатність, що позитивно позначається на якості готового продукту. Молочнокислі бактерії є біологічною основою формування ковбаси як харчового продукту, завдяки ним відбувається біологічне перетворення основних компонентів м'яса з утворенням сполук, що зумовлюють смак та аромат, консистенцію; зміна фізико-хімічних параметрів м'ясного фаршу може призвести до розвитку мікробів, здатних викликати псування м'яса. Застосування стартових культур у виробництві м'ясних продуктів забезпечує не лише скорочення часу технологічного процесу, а й гарантує мікробіологічну безпеку готової продукції. Таким чином, бактеріальні закваски є найважливішим фактором формування якості м'ясних виробів. Правильно підібрані культури у заквасці сприяють не тільки формуванню приємного смаку та аромату продукту, стабілізації забарвлення, а й придушенню життєдіяльності гнильних та санітарно-показових бактерій. Крім того, встановлено, що деякі мікроорганізми мають протеолітичну активність, внутрішньоклітинні ферменти, які здатні розщеплювати білки м'яса, таким чином покращуючи структурні характеристики готового продукту. А деякі стартові культури можуть виступати в ролі антиоксидантів, перешкоджаючи окисленню жиру в ковбасних виробках.

Ключові слова: сиров'ялені ковбаси, пропіонові бактерії, молочнокислі бактерії, стартові культури, якість продукції.

Shinkaruk M.V., Baluk O.O. Promising starting cultures for craft sausages

The article presents the problem of improving the quality of cured meat products through the use of starter crops. In the technology of meat products, there is a tendency to use plant food additives in combination with starter crops to improve the quality of finished products. An important property is antagonism – the suppression of the growth of microorganisms that cause spoilage of the product. Denitrifying bacteria must be present in starters to reproduce the color of meat products. The main technological properties of starting crops include the fermentation of carbohydrates with the formation of lactic acid, reducing the ripening time, increasing the yield of the finished product and extending the shelf life. The addition of propionic bacteria significantly improves the structural and mechanical properties of the product, reduces losses during heat treatment, increases the moisture-binding capacity, which has a positive effect on the quality of the finished product. Lactic acid bacteria are the biological basis for the formation of sausage as a food product, namely the implementation of biological transformations of the main components of meat with the formation of compounds that determine the taste and aroma, consistency; change of physicochemical parameters of minced meat in the direction unfavorable for the development of microbes that can cause spoilage of meat. The use of starter crops in

the production of meat products not only reduces the time of the technological process, but also allows to ensure the microbiological safety of finished products. Thus, bacterial starters are the most important factor in shaping the quality of meat products. Properly selected cultures in sourdough contribute not only to the formation of a pleasant taste and aroma of the product, color stabilization, but also suppression of putrefactive and sanitary – indicative bacteria. In addition, it was found that some microorganisms have proteolytic activity, intracellular enzymes that are able to break down meat proteins, thereby improving the structural characteristics of the finished product. And some starter cultures can act as antioxidants, preventing the oxidation of fat in sausages.

Key words: *cured sausages, propionic bacteria, lactic acid bacteria, starting cultures, product quality.*

Одним зі шляхів поліпшення якості сиров'ялених м'ясних продуктів є використання стартових культур. Найбільший інтерес становлять молочнокислі та пропіоновокислі бактерії, що регулюють метаболічні процеси в організмі. Окремі їх представники в процесі життєдіяльності продукують речовини, що надають продукту специфічний смак та аромат, сприяють прискоренню і стабілізації процесу дозрівання, поліпшенню санітарно-гігієнічних умов виробництва. У м'ясному виробництві в якості харчових добавок використовуються овочеві соки, зокрема сік гарбуза, моркви тощо [1; 2; 3].

Наразі в технології м'ясних продуктів спостерігається тенденція до використання рослинних харчових добавок у поєднанні зі стартовими культурами для поліпшення якості готової сиров'яленої м'ясної продукції.

Стартовими культурами, які використовуються у м'ясній промисловості, є мікроорганізми різних видів, зокрема лактобацили, педіококки, стафілококи, мікрококи, дріжджі та міцеліальні гриби.

Для застосування в промисловості стартова культура повинна мати низку властивостей [2]:

- генетичну стабільність;
- відсутність патогенності та токсигенності;
- високу швидкість зростання за культивування та здатність синтезувати потрібні метаболіти в необхідній кількості;
- стійкість до несприятливих чинників зовнішнього середовища (в разі зміни рН середовища, температурного оптимуму зростання тощо).

Після того як штам молочнокислих бактерій, стафілококів, дріжджів і міцеліальних грибів визнаний безпечним для використання у сиров'ялених м'ясних продуктах, вивчають його технологічні та пробіотичні властивості. Для бактерій основною технологічною властивістю є здатність зброджувати вуглеводи (цукор) до молочної кислоти, внаслідок чого відбувається ферментація м'ясної сировини. Під їхньою дією виникає розщеплення білкових компонентів із утворенням пептидів і вільних амінокислот, у результаті продукт розм'якшується до необхідної консистенції і легко засвоюється. Застосування ароматичних сполук сприяє формуванню характерного смаку і запаху.

Важливою властивістю стартових культур є антагонізм – придушення зростання мікроорганізмів, що спричиняють псування продукту, а також небажаної молочнокислої мікрофлори, яка разом із молочною кислотою утворює побічні продукти: оцтову кислоту, вуглекислий газ, етиловий спирт тощо, що шкодять процесу ферментації м'ясної сировини.

Для відтворення кольору м'ясопродуктів у складі стартових культур повинні бути денітрифікуючі бактерії, переважно стафілококи і мікрококи, які відновлюють нітрати і нітроти до оксиду азоту, реагують з міоглобіном м'яса, в результаті

чого продукт набуває стабільного рожево-червоного забарвлення. Зниження рН у кислий бік сприятливе для процесів кольороутворення та стабільності забарвлення під час зберігання [4].

Оксид азоту також має виражений антибактеріальний ефект. Вченими доведено, що оксид азоту в 125 разів ефективніше діє на бактерії родів *Clostridium* і *Listeria*, ніж сам нітрит [4]. Основною мішенню оксиду азоту за потрапляння в мікробну клітину є ферменти і білки; клітинна стінка та мембрана; здатність зв'язувати незамінні поживні речовини; генетичний апарат.

Стафілококи також синтезують фермент каталазу, який сприяє запобіганню окислювального псування м'ясних продуктів під час зберігання.

На основі штаму-суперпродуцента ферменту нітритредуктази *Staphylococcus carnosus* LIA-96 була розроблена технологія вареної ковбаси, що дозволяє виключити залишковий нітрит натрію в продукті завдяки його повному відновленню [5].

Стартові культури здатні знижувати кількість біогенних амінів у ферментованих м'ясних продуктах. Біогенні аміни – це біологічно активні сполуки, які присутні в живих організмах і виконують багато важливих функцій. У м'ясних продуктах біогенні аміни утворюються за допомогою відщеплення α -карбоксильної групи амінокислот під дією мікробних декарбоксилаз, коферментом яких є піридоксаль-5 фосфат. Продукти декарбоксилювання мають високу біологічну активність, з цим пов'язана їхня назва – біогенні аміни. Серед протеїногенних амінів, тобто амінів, що утворюються з амінокислот, необхідно виокремити путресцин, кадаверин, тирамін, гістамін. Путресцин утворюється за декарбоксилювання амінокислоти L-орнітину, кадаверин – за декарбоксилювання амінокислоти L-лізину. Кадаверин, як і путресцин, відносять до групи птомаїнів, вони утворюються анаеробами під час розкладання гнилого м'яса, трупів; проте отруйність цих діамінів незначна. Із тирозину за декарбоксилювання амінокислот утворюється L-тирамін, а з гістидину – L-гістамін [5; 6].

Через те, що в організмі людини величезна кількість біогенних амінів відіграє роль нейромедіаторів, надмірне надходження цих речовин негативно позначається на здоров'ї. При цьому можуть спостерігатися невралгії різних типів, нудота, діарея, підвищення виділення шлункового соку, почастішання серцебиття, зниження діастолічного кров'яного тиску, церебральна депресія, пригнічення репродукції, вазодилатація, артеріальна гіпертензія, ріст пухлин, лейкотаксис.

Серед усіх біогенних амінів найбільш досліджено вплив гістаміну на організм людини. Надходження в організм гістаміну в кількості 8–40 мг, 40–100 мг і понад 100 мг може бути причиною слабого, середнього та інтенсивного отруєнь, відповідно. Надходження в організм тираміну в кількості понад 100 мг стає причиною мігрені [7].

Для акумулювання біогенних амінів у м'ясних продуктах потрібне виконання деяких умов, а саме: присутність попередників (тобто амінокислот), а також мікроорганізмів із декарбоксилаз амінокислот, наявність сприятливих умов для їх росту і прояв декарбоксилазної активності.

Високе мікробне число, яке властиве ферментованим продуктам, неминуче призводить до значного накопичення біогенних амінів, особливо таких, як тирамін, 2-фенілетиламін, триптамін, кадаверин, путресцин і гістамін. Однак потрібно зазначити, що кількість біогенних амінів у продукті одного й того ж типу може сильно відрізнятися. Ці відмінності залежать від багатьох факторів: якісно-кількісного складу мікробної флори, фізико-хімічних параметрів, гігієнічних умов, супутніх технологічному процесу, наявності попередників біогенних амінів – відповідних амінокислот [8].

Навіть за відсутності особливих процесуальних норм і положень щодо наявності цих сполук у ковбасах та інших ферментованих продуктах біогенним амінам приділяється багато уваги, особливо через велику кількість споживачів із підвищеною чутливістю до них, що визначається низькою активністю в організмі людини аміноксидаз – ферментів, залучених до детоксикації цих субстанцій.

Спермідин і спермін, меншою мірою путресцин – єдині аміни, які наявні в значній кількості у свіжому м'ясі, що використовується для виробництва ферментованої ковбаси. Висока концентрація путресцину та інших амінів є атрибутом мікробного зростання і залежить від свіжості м'яса. Одну з ключових ролей у накопиченні біогенних амінів відіграє якість вихідної м'ясної сировини. Однак інші змінні, такі як рН, окислювально-відновний потенціал, концентрація NaCl, компоненти, що входять до рецептури, а також режими технологічного процесу можуть значно впливати на виникнення біогенних амінів у ковбасах. Збільшення вмісту біогенних амінів наприкінці сушіння ковбас і в процесі зберігання є наслідком розвитку амінопозитивних молочнокислих бактерій або залишкової активності декарбоксилаз мікроорганізмів із сімейства *Enterobacteriaceae* [8].

За дозрівання сухих сиров'ялених ковбас білкові зміни є наслідком активності мікробних ендогенних протеолітичних ферментів. Небілкова азотна фракція збільшується впродовж процесу ферментації і сушіння ковбас та включає вільні амінокислоти. Підвищена температура, високі значення рН та низька концентрація солі можуть прискорювати акумуляцію амінокислот, а, отже, стимулювати утворення амінів, проте фактори, що впливають на активність декарбоксилазних ферментів упродовж процесу ферментації та дозрівання, можуть бути важливішими, ніж наявність попередників.

рН – вагомий чинник, який впливає на активність декарбоксилаз амінокислот. Бактеріальні декарбоксилази амінокислот зазвичай мають оптимум дії у кислому середовищі. Кореляція між утворенням біогенних амінів та зменшенням рН у ковбасі завдяки молочнокислій ферментації є очевидною.

Підвищення концентрації солі знижує продукування біогенних амінів. Цей вплив можна пояснити зменшенням кількості клітин мікроорганізмів завдяки високій концентрації NaCl та поступовим руйнуванням мембран клітин, на яких і локалізуються декарбоксилазні ферменти [8].

Температура зберігання ковбас також впливає на утворення біогенних амінів: що нижча вона, то менше амінів утворюється, оскільки низькі температури уповільнюють зростання мікроорганізмів та знижують активність ферментів. Вміст біогенних амінів у ферментованих м'ясних продуктах характеризується значною мінливістю. Ковбаси з порівнянним мікробним профілем можуть відрізнятися за вмістом біогенних амінів [9–11].

Біогенні аміни фізіологічно інактивуються аміноксидазами – ферментами, виявленими у клітинах бактерій, грибів і тварин, здатними каталізувати окисне дезамінування амінів (тобто відщеплення аміногрупи NH_2) з утворенням альдегідів, перекису водню та амонію. У зв'язку з цим були селекціоновані стартові культури з аміноксидазною активністю.

Стартові культури використовуються у виробництві не лише сирих ферментованих ковбас, а й делікатесних продуктів: сиров'ялених, копчено-варених, копчено-запечених. Бактеріальні препарати додають у розсіл безпосередньо перед ін'єкцією та ретельно перемішують. Після проведення ін'єкції та повного циклу масування м'ясу сировину направляють на дозрівання впродовж 48–96 годин.

До основних технологічних властивостей стартових культур можна віднести: зброджування вуглеводів із утворенням молочної кислоти, скорочення часу дозрівання, збільшення виходу готового продукту та подовження термінів зберігання, денітрифікацію, солестійкість. Також серед технологічних властивостей виокремлюють антагоністичну активність до санітарно-показової мікрофлори, синтез бактеріоцинів та антибіотикоподібних сполук (консервантів мікробного походження), ліполіз, протеоліз й утворення смакоароматичних сполук, антиоксидантну активність (завдяки виділенню клітинами таких ферментів, як каталаза, пероксидаза та супероксиддисмутаза, необхідних для усунення токсичного ефекту кисню), зниження вмісту біогенних амінів.

До пробіотичних властивостей (а в цьому випадку стартові культури та збагачені ними продукти є простими пробіотиками) відносять стійкість до кислот і шлункового соку людини, а також до жовчі, адгезію на епітелії та приживлення у травному тракті людини, імунну стимуляцію, антагоністичну активність щодо патогенних мікроорганізмів, антимутагенні властивості.

Якість бакпрепаратів визначається вмістом життєздатних клітин стартових культур, їхньою стійкістю до впливу несприятливих факторів зовнішнього середовища, дотриманням умов і способів їх упакування (бажано, щоб вони були упаковані під вакуумом або в інертній газовій атмосфері) та зберігання (за низьких температур). Істотно впливають на якість склад поживних середовищ, на яких вони вирощені, та правильно підібрані захисні середовища, що забезпечують виживання клітин у препаратах упродовж тривалого часу.

Кількість життєздатних клітин може досягати 10^{10} – 10^{12} КУО/г. Серед основних компаній, що пропонують стартові культури на ринку, можна назвати такі: ВК Giuliani Chemie, Gewurzmuller, Danisco, Moguntia Interrus (Німеччина), Chr. Hansen (Данія), Rhodia Texel (Франція), Wiberg (Австрія), Microlife Technics (США), Vastoferm (Російська Федерація). Залежно від складу мікроорганізмів, кількості мікробних клітин, а також від наявності протекторних середовищ на 100 кг фаршу необхідно від 20 до 100 г бактеріального препарату. Бактеріальні препарати, що використовуються у м'ясній промисловості, містять у собі стартові культури мікроорганізмів, які дають старт процесу ферментації м'ясної сировини.

Склад мікрофлори залежить від сировини, умов і режиму посолу. З плином часу в розсолі зростає частка молочнокислих бактерій, а серед молочнокислих – кількість штамів, адаптованих до умов посолу. Поширені на сьогодні стартові культури містять переважно такі види культур мікроорганізмів: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus fermenti*, *Lactococcus lactis*, *Bifidobacterium*, *Pediococcus*, *Micrococcus* та *Streptococcus lactis*, *Staphylococcus carnosus*, *Propionibacterium* тощо.

Для утворення та збереження кольору найбільш важливі штами роду *Micrococcaeae* – вони мають здатність розщеплювати нітрат (або нітрит, окислений до нітрату), що сприяє кольороутворенню, впливають на утворення каталази або псевдокаталази, яка розщеплює H_2O_2 , і в такий спосіб запобігають зблідненню сиров'яленої ковбаси.

Для утворення смаку та аромату найчастіше використовують штами роду *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Micrococcus*, *Staphylococcus*. Окремі штами комбінуються так, щоб забезпечити всі три основні процеси під час дозрівання сиров'ялених ковбас.

В результаті вуглеводного обміну мікроорганізмів утворюються продукти, які відіграють важливу роль у формуванні аромату. Утворені разом із молочною кислотою пірвіноградна, оцтова кислоти, етиловий спирт, ацетон та інші речовини

надають сировині, а згодом і м'ясопродукту смак та аромат, який довго зберігається. Важлива роль у формуванні аромату належить продуктам розщеплення жирів: вільним жирним кислотам і карбонільним сполукам. Здібність продукувати ліпази, що беруть участь в цьому процесі, мають бактерії *Lactobacillus* [6].

Staphylococcus, які у стартових культурах утворюють фермент каталазу, що розкладає пероксид водню, котрий виникає в результаті життєдіяльності гетероферментативних штамів молочнокислих бактерій, знижують ризик знебарвлення та згірнення м'ясопродуктів.

У м'ясній промисловості також широко використовують бактерії *Pediococcus cerevisiae*. Зниження рН під час виробництва сиров'ялених видів ковбасних виробів дозволяє прискорити процес їхнього дозрівання. Штам *Pediococcus cerevisiae* використовується в м'ясній промисловості як закваска та ароматотвірна добавка. За допомогою штаму можна регулювати показник рН через дозування вуглеводів, а також тривалість згортання та кількість летких кислот. Додавання цукру дає змогу заквасці утворювати молочну кислоту і надає м'ясним виробам специфічний, властивий їм аромат. Застосування зазначеної культури скорочує технологічний процес виготовлення ковбаси до 48 годин, тоді як зазвичай її до сушіння витримують за температури 7–10° С упродовж 3–7 днів, а потім сушать за 27–44° С упродовж 2–3 днів [8].

Введення у м'ясу сировину при посолі м'яса закваски пропіоновокислих бактерій, наприклад на основі *Propionibacterium shermanii*, істотно покращує структурно-механічні властивості продукту, забезпечує зменшення втрат за теплової обробки, підвищує вологозв'язувальну здатність, що позитивно позначається на якості готового продукту. Пропіонова кислота, а також інші метаболіти пропіоновокислих бактерій, що накопичуються в разі використання ними лактатів – продуктів життєдіяльності молочнокислих бактерій, забезпечують гострий смак та аромат сирів, а також консервацію продукту. Завдяки здатності до синтезу вітаміну B₁₂ пропіоновокислі бактерії знайшли застосування в мікробіологічній галузі як продуценти цього найважливішого для здоров'я людини та тварин і дуже дефіцитного вітаміну. Пропіоновокислі бактерії підвищують імунний статус організму людини, а також його антистресові та антимутагенні властивості, завдяки чому поряд із лактобацилами та біфідобактеріями в останні роки успішно використовуються в пробіотичних фармакопейних препаратах.

Молочнокислі бактерії є біологічною основою формування ковбаси як харчового продукту, найважливішим фактором, що консервує. За допомогою молочнокислих бактерій відбуваються біохімічні перетворення основних компонентів м'яса з утворенням сполук, що зумовлюють смак та аромат, консистенцію; зміна фізико-хімічних параметрів м'ясного фаршу може призвести до розвитку мікробів, здатних викликати псування м'яса; придушують розвиток шкідливої та патогенної мікрофлори завдяки утворенню різних речовин з антимікробною дією [8].

Разом із використанням мікроорганізмів, що мають позитивні технологічні властивості, особливо актуальним є дослідження можливості введення до складу бактеріальних препаратів штамів, які визначають здоровий біоценоз в організмі людини. Біоценоз стимулює процеси ферментації в шлунково-кишковому тракті, рівень засвоюваності поживних речовин. Наразі найбільш перспективним є створення бактеріальних препаратів із використанням представників нормальної мікрофлори людини [12].

Стартові культури під час виробництва м'ясних продуктів використовуються для ферментативного перетворення структури сировини, формування

специфічного аромату, стабільного забарвлення. Вірний вибір культур із застосуванням як класичних, так і спеціальних методів селекції дає змогу досягти бажаних і запланованих результатів.

Виробництво харчових м'ясних продуктів, що утримують стабільні показники якості в процесі зберігання, – одне з найважливіших завдань харчової промисловості. Інтенсивне розширення асортименту продуктів призвело до використання в технології харчових добавок. Для покращення реологічних характеристик і збільшення терміну придатності застосовують стабілізатори, консерванти та антиоксиданти різного походження. Однак дотепер не вирішені всі аспекти біобезпеки, що виникають під час використання у виробництві продуктів харчування харчових добавок.

Забезпечення якісних характеристик та збільшення термінів зберігання продуктів харчування є одним із основних напрямів харчової промисловості. Наразі у м'ясній промисловості використовується чимало різних синтетичних ароматизаторів, барвників, консервантів для подовження термінів зберігання готової продукції, що загрожує здоров'ю споживачів. Однак є і природні добавки, які сприяють не лише збільшенню термінів зберігання, а й допомагають покращити деякі органолептичні та функціонально-технологічні властивості продуктів. До таких добавок належать стартові культури.

Біотехнологічні особливості процесу виробництва ферментованих м'ясопродуктів, таких як сиров'ялені ковбаси, а також відсутність стадії термічної обробки вимагає підвищеної уваги до дотримання санітарно-гігієнічних та технологічних умов їхнього виробництва. Безпека ферментованих м'ясопродуктів обумовлена усуненням низки ризиків біологічного походження, насамперед мікробіологічного характеру. Одним із перспективних напрямів розробки бар'єрних технологій є використання у виробництві ферментованих м'ясопродуктів стартових культур, а також біологічно активних речовин, що продукуються ними внаслідок життєдіяльності.

Антагоністичні властивості мікроорганізмів можуть бути зумовлені різними механізмами:

- високою інтенсивністю розмноження;
- здатністю різко змінювати рН середовища;
- виділенням токсичних продуктів метаболізму;
- синтезом протеолітичних ферментів;
- утворенням антибіотичних речовин тощо.

Культура *Lmb. casei* за введення до модельно-фаршових систем виявляє високий інгібуєчий ефект стосовно *Staph. aureus* та *Pr. vulgaris*. Використання культури *Lmb. casei* як стартової закваски дозволяє гарантувати безпеку ферментованих м'ясопродуктів щодо розвитку мікробіологічних ризиків [13].

Крім того, дослідниками встановлено, що рівень нітритів, які додаються до ковбасного фаршу з метою придушення росту *Clostridium botulinum*, можна зменшити завдяки введенню молочнокислих бактерій. Водночас бактеріальні культури виявляють й антагоністичну дію в м'ясних продуктах щодо таких мікроорганізмів, як *Salmonella*, *Clostridium botulinum*, *Staphylococcus aureus*.

Leuconostoc lactis – мікроорганізми, що здатні виробляти бактеріоцини (специфічні білки, які пригнічують життєдіяльність клітин деяких видів бактерій). Так, продукти, до складу яких входить *Leuconostoc lactis*, мають широкий спектр антибактеріальної активності, можливість придушувати зростання та розвиток деяких видів мікробів [14].

Останніми роками за кордоном увагу акцентують на нових стартових культурах, що синтезують екзополісахариди, які є не тільки натуральною альтернативою харчовим добавкам, що покращують реологічні показники продуктів, а й виступають у ролі факторів, які сприяють адгезії корисних мікроорганізмів на стінках кишківника. Особливий інтерес до ЕПС-активних культур пробіотичних мікроорганізмів зумовлений тим, що на міжнародному рівні молочнокислим та біфідобактеріям надано статус безпеки GRAS (Generally recognized as safe), що підтверджує можливість застосування ЕПС-продуруючих штамів цих мікроорганізмів у виробництві безпечних продуктів харчування.

Оксид азоту також має виражений антибактеріальний ефект. Вченими доведено, що оксид азоту в 125 разів ефективніше діє на бактерії родів *Clostridium* та *Listeria*, ніж сам нітрит. Основною мішенню оксиду азоту за потрапляння в мікробну клітину є ферменти і білки; клітинна стінка та мембрана; здатність зв'язувати незамінні поживні речовини; генетичний апарат. Стафілококи також синтезують фермент каталазу, який запобігає окислювальному псуванню м'ясних продуктів під час зберігання.

У вітчизняному виробництві вітаміну B_{12} в якості продуцента застосовують *Propionibacterium freudenreichii* var. *Shermanii*. Наприклад, у роботі [13] запропоновано спосіб мікробіологічного синтезу вітаміну B_{12} за допомоги штаму бактерій *Propionibacterium shermanii* B-4891, що дозволяє досягати концентрації вітаміну B_{12} у культуральній рідині до 40 мкг/мл.

Вітамін B_{12} – складна неpolімерна сполука, що містить мікроелемент кобальт, важливий для життєдіяльності організму людини. Наразі дефіцит вітаміну B_{12} зумовлений зростанням споживання продуктів, що піддаються технологічній обробці, вживанням фастфуду. Дефіцит вітамінів групи B_{12} може виникнути в разі розвитку паразитарного захворювання, на фоні проблем із переживанням, розладів травлення, гіпоацидного та атрофічного гастритів. B_{12} синтезується виключно мікроорганізмами: бактеріями, актиноміцетами та синьо-зеленими водоростями, тому має надходити в організм із їжею.

Завдяки здатності синтезувати найважливіший для життєдіяльності людини вітамін B_{12} пропіоновокислі бактерії широко застосовуються в мікробіологічній галузі як продуцент цього вітаміну. Пропіоновокислі бактерії підвищують імунний статус організму, а також антистресові та антимутагенні властивості; завдяки цьому разом із лактобацилами та біфідобактеріями використовуються як пробіотичні препарати. За морфологією належать до паличкоподібних.

Більшість пропіоновокислих бактерій не розвивається за рН середовища нижче 5,0–4,5. Вони – факультативні анаероби, можуть переносити лише низький парціональний тиск кисню. Оптимальна температура їх розвитку – 30–35° С, відмирають за температури 60–70° С. Пропіоновокислі бактерії на твердих середовищах за доступу повітря не зростають, адже не витримують наявності атмосферного O_2 , здатні рости в анаеробних умовах і регенерувати завдяки енергії бродіння. Їх вважали організмами, що облігатно здійснюють бродіння [14].

В умовах сучасних вимог ринку та конкурентної боротьби за споживчий попит важливим завданням є забезпечити кращу здатність до збереження готового продукту.

Застосування стартових культур у виробництві м'ясних продуктів дає змогу не лише скорочувати час технологічного процесу, а й гарантує мікробіологічну безпеку готової продукції.

Оскільки у виробничих умовах ферментованих м'ясних виробів безпека продукції залежить від активності молочнокислих мікроорганізмів та сторонньої мікрофлори, варто дослідити вплив стартових культур молочнокислих бактерій на розвиток штамів санітарно-показових мікроорганізмів у м'ясній сировині.

Насамкінець слід наголосити, що результати, одержані вченими, відкривають широкі перспективи для пошуку нових штамів пробіотичних мікроорганізмів, які синтезують цінні біологічно активні речовини, з метою подальшої реалізації їх унікального метаболізму в біотехнології. Також обґрунтовано подальше перспективне їх застосування у створенні харчових технологій із низьким вмістом холестерину з м'ясної сировини [13].

Таким чином, бактеріальні закваски є найважливішим фактором формування якості м'ясних виробів. Правильно підібрані культури в заквасці сприяють не тільки формуванню приємного смаку та аромату продукту, стабілізації забарвлення, а й придушенню життєдіяльності гнильних та санітарно-показових бактерій. Крім того, встановлено, що деякі мікроорганізми мають протеолітичну активність, внутрішньоклітинні ферменти яких здатні розщеплювати білки м'яса, покращуючи у такий спосіб структурні характеристики готового продукту. А деякі стартові культури можуть виступати в ролі антиоксидантів, перешкоджаючи окисленню жиру в ковбасних виробках.

З огляду на вищевикладене подальше дослідження спрямоване на пошук науково-обґрунтованого підбору стартових культур для виробництва сиров'ялених ковбас, здатних не лише забезпечувати високу якість продуктів, але й збагачувати пробіотичними мікроорганізмами, а також ефективно придушувати санітарно-показову мікрофлору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Напівкопчена ковбаса з м'яса птиці : пат. на корисну модель 57556 Україна, МПК (2011.01) А 23 L 1/315, А 23 L 1/317, А 23 В 4/005 / В.М. Пасічний та ін. ; заявл. 01.06.2010 ; опубл. 10.03.2011, Бюл. № 5. Заявник і патентовласник : Національний університет харчових технологій. № U201006767.
2. Коляновська Л.М. Розробка виробництва сирокопчених ковбас функціонального спрямування. *Праці ТДАТУ*. 2017. Вип. 19. Т. 1. С. 83–88.
3. Шинкарук М.В., Балук О.О. Стартові культури у виробництві сиров'ялених ковбас. *Сучасний стан та перспективи розвитку тваринництва України в умовах євроінтеграції* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., присвяченої 81-й річниці від дня народження д-ра с/г наук, проф. В.П. Коваленка, 23 вересня 2021 р. Херсон : ХДАЕУ, 2021. С. 292–296.
4. Крижак С.В., Власенко В.В., Коляновська Л.М. Обґрунтування та розробка сучасних процесів виробництва сирокопчених ковбас функціонального спрямування. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2015. № 3 (92). С. 62–65.
5. Коляновська Л.М. Розробка виробництва сирокопчених ковбас функціонального спрямування. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2016. Вип. 16. Т. 1. С. 83–89.
6. Зміни динаміки летких жирних кислот, вмісту вологи при використанні молочнокислих бактерій у виробництві ковбас / С.В. Крижак та ін. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2016. № 3 (95). С. 117–120.
7. Стартові культури для виробництва сиров'ялених ковбас / І.І. Кишенько та ін. *Харчова наука і технологія*. 2014. № 3 (28). С. 23–27.
8. Тішкіна Н.М., Лещова М.О., Єсіна Е.В. Мікроструктурний аналіз якості фаршу сиров'ялених ковбас. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гіжицького*. 2018. Т. 20. № 83. С. 268–273.

9. Коляновська Л.М. Розробка виробництва сиров'ялених ковбас функціонального спрямування. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2015. Вип. 16. Т. 1. С. 83–88.

10. Пешук Л.В., Рябовол М.В., Клименко А.В. Розробка сиров'ялених ковбас для гурманів. *Ukrainian Food Journal*. 2013. Vol. 2. Issue 2. С. 186–191.

11. Власенко І.Г., Семко Т.В. Крафтова технологія сиров'ялених ковбас. *Новітні технології харчових виробництв. Товари і ринки*. 2016. № 2. С. 98–107.

12. Шинкарук М.В., Балук О.О. Перспективні напрямки розвитку ковбасного виробництва. *Актуальні питання харчової промисловості та перспективи розвитку галузі* : матеріали II Всеукр. студ. інтернет-конференції, 6 травня 2021 р. Херсон : ХДАЕУ, 2021. С. 90–92.

13. Капрельянц Л.В., Пилипенко Л.М., Єгорова А.В. Мікробіологія харчових виробництв : навчальний посібник. Херсон : ФОП Грінь Д.С., 2016. С. 468.

14. Савелькіна Н. А. Біохімія і мікробіологія м'яса і м'ясних продуктів : навчальний посібник. Бердянськ : Видавництво Бердянського ГАУ, 2018. С. 44.

REFERENCES:

1. Pasechnyy, V.M., Provorova, T.I., Gritsenko, A.Yu., Moroz, A.A. Pat. na poleznuyu model' 57556 Ukraina. MPK (2011.01) A23L 1/315, A23L 1/317, A23V 4/005. Polukopchenaya kolbasa myasa ptitsy. Zayavitel' i patentoobladatel' Nats. univ. kharr. tekhnologii. № U201006767, zayavl. 01.06.2010, opubl. 10.03.2011, byul. № 5, 2011. [in Ukrainian]

2. Kolyanovskaya, L.M. (2017) Razrabotka proizvodstva syrokipchenykh kolbas funktsional'nogo tolka. *Trudy TDATU*. Vyp. 19. T. 1. S. 83–88. [in Ukrainian]

3. Shinkaruk, M.V., Baluk, O.A. (2021) Startovyye kul'tury v proizvodstve syryanykh kolbas. *Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya zhivotnovodstva Ukrainy v yevrointegratsii* : materialy Vseukr. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoy 81 godovshchine so dnya rozhdeniya d-ra s/g nauk, prof. V.P. Kovalenka, 23 sentyabrya 2021 g. Kherson : KHGAU. S. 292–296. [in Ukrainian]

4. Kryzhak, S.V., Vlasenko, V.V., Kolyanovskaya, L.M. (2015) Obosnovaniye i razrabotka sovremennykh protsessov proizvodstva syrokipchenykh kolbas funktsional'nogo tolka. *Tekhnika, energetika, transport APK*. № 3 (92). S. 62–65. [in Ukrainian]

5. Kolyanovskaya, L.M. (2016) Razrabotka proizvodstva syrokipchenykh kolbas funktsional'nogo tolka. *Trudy Tavricheskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta*. Vyp. 16. T. 1. S. 83–89. [in Ukrainian]

6. Kryzhak, S.V., Vlasenko, V.V., Kolyanovskaya, L.M., Novgorodskaya N.V. (2016) Izmeneniya dinamiki letuchikh zhirnykh kislot, vlagosoderzhaniya pri ispol'zovanii molochnokislykh bakteriy v proizvodstve kolbas. *Tekhnika, energetika, transport APK*. № 3 (95). S. 117–120. [in Ukrainian]

7. Kishenko I.I., Topchiiy O.A., Kryzhova Yu.P., Rybachuk O.I. (2014) Startovyye kul'tury dlya proizvodstva syryanykh kolbas. *Pishcheyaya nauka i razrabotka*. № 3 (28). S. 23–27. [in Ukrainian]

8. Tishkina, N.M., Leshcheva, M.O., Yesina, E.V. (2018) Mikrostrukturnyy analiz kachestva farsha syrovyalenykh kolbas. *Nauch. visn. Lvov. nats. un-ta veterinarnoy meditsyny i biotekhnologiy im. S.Z. Gzhitskogo*. T. 20. № 83. S. 268–273. [in Ukrainian]

9. Kolyanovskaya, L.M. (2015) Razrabotka proizvodstva syryanykh kolbas funktsional'nogo tolka. *Trudy Tavricheskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta*. Vyp. 16. T. 1. S. 83–88. [in Ukrainian]

10. Peshuk, L.V., Ryabovol, M.V., Klimenko, A.V. (2013) Razrabotka syrovyalenykh kolbas dlya gurmanov. *Ukrainian Food Journal*. Vol. 2. Issue 2. 2013. S. 186–191. [in Ukrainian]

11. Vlasenko, I.G., Semko, T.V. (2016) Kraftovaya tekhnologiya syryanykh kolbas. *Noveyshiye tekhnologii pishchevykh proizvodstv. Tovary i rynki*. № 2. S. 98–107. [in Ukrainian]

12. Shinkaruk, M.V., Baluk, O.A. (2021) Perspektivnyye napravleniya razvitiya kolbasnogo proizvodstva. *Aktual'nyye voprosy pishchevoy promyshlennosti i perspektivy razvitiya otrasli* : materialy II Vseukr. stud. internet-konferentsii, 6 maya 2021 g. Kherson : KHGAEU. S. 90–92. [in Ukrainian]
 13. Kaprel'yants, L.V., Pilipenko, L.M., Yegorova, A.V. (2016) Mikrobiologiya pishchevykh proizvodstv : uchebnoye posobiye. Kherson : FOP GREN' D.S. 468 s. [in Ukrainian]
 14. Savel'kina, N.A. (2018) Biokhimiya i mikrobiologiya myasa i myasnykh produktov : uchebnoye posobiye. Berdyansk : Izd-vo Berdyanskiy GAU. 44 s. [in Ukrainian]
-

ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО, ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ

HYDRAULIC CONSTRUCTION,
WATER ENGINEERING AND WATER TECHNOLOGIES

УДК 631.624

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.5.7>

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ВОДОПОДАЧА НАСОСНИХ СТАНЦІЙ КАХОВСЬКОЇ ЗРОШУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Волошин М.М. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри гідротехнічного будівництва,
водної та електричної інженерії
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-0467-1963

Кузьмич Л.В. – доктор технічних наук,
головний науковий співробітник
Інституту водних проблем і меліорації
Національної академії аграрних наук України
ORCID ID: 0000-0003-0727-0508
Scopus-Author ID: 57192956583

У статті наведено принципи енергоефективної водоподачі насосних станцій Каховської зрошувальної системи. Визначено проблеми, які потребують невідкладного розв'язання з огляду на аналіз літературних джерел. Розкрито способи регулювання подачі насосних установок. Наявні способи регулювання спрямовані на вирішення технологічних завдань і практично не враховують енергетичні аспекти транспортування води. Подано порядок перерахунку за законами геометричної та гідродинамічної подібностей. Розкрито основні залежності, які характеризують енергетику насосів, а саме: потужність, споживану насосом; зміну основних параметрів роботи насосного агрегата за зміни швидкості обертання робочого колеса насоса; потужність, споживану приводом двигуна. Для точних розрахунків запропоновано отримати вихідні дані: паспортні дані насоса і його приводного двигуна. Висловлено пропозицію одержати результати вимірів за повністю закритої напірної засувки, а також результати вимірів за відкритою напірною засувкою. Наведено графічну характеристику споживаної потужності за різних засобів регулювання швидкості обертання вала насоса. Подано добовий графік витрат води за регулювання тиску насоса через дроселювання напірною засувкою і за регулювання за допомогою ЧРП. Наведено додаткові позитивні моменти під час прийняття рішення щодо впровадження частотного регулювання привода. Розкрито доцільність використання ЧРП. Визначено, за допомогою яких чинників зміниться ефект під час установки

перетворювачів частоти. В якості прикладу для впровадження перетворювачів частоти розглянуто Каховську зрошувальну систему. Подано характеристику насосних станцій зрошення в Херсонській області.

Ключові слова: енергоефективність, водоподача, зрошувальні насосні станції, способи регулювання, частотно-регулювальний привод.

Voloshin M.M., Kuzmych A.A. Energy efficient water supply of pumping stations of Kakhovka irrigation system

The article presents the principles of energy efficient water supply of pumping stations of Kakhovka irrigation system. The problems that need to be addressed immediately from the analysis of literature sources are listed. Methods of regulating the supply of pumping units are given. Existing methods of regulation are aimed at solving technological problems and practically do not take into account the energy aspects of water transportation. The order of recalculation according to the laws of geometric and hydrodynamic similarity is presented. The main dependences characterizing the energy of pumps are presented, namely: power consumed by the pump; change of the basic parameters of work of the pump unit at change of speed of rotation of an impeller of the pump; power consumed by the motor drive. For accurate calculations, it is proposed to obtain the initial data: passport data of the pump and its drive motor. It is proposed to obtain the results of measurements with a fully closed pressure valve, as well as the results of measurements with an open pressure valve. The graphic characteristic of the power consumption at various means of regulation of speed of rotation of a shaft of the pump is resulted. The daily schedule of water consumption according to the results of measurements is presented. The calculation of the magnitude of the economic effect is proposed. The calculation of economic efficiency is based on determining the difference between the values of electricity use when regulating the pump pressure by throttling the pressure valve and when adjusting by means of CRP. Additional positive moments at decision-making of introduction of frequency regulation of the drive are resulted. The expediency of using CRP is given. It is presented due to which factors the effect will change when installing frequency converters. The Kakhovka irrigation system is presented as an example for the introduction of frequency frequency converters. The characteristics of pumping stations for irrigation in the Kherson region are given.

Key words: energy efficiency, water supply, irrigation pumping stations, control methods, frequency control drive.

Постановка проблеми. Підвищення цін на електроенергію та воду зумовлює дедалі більший інтерес до енергозбережних технологій. На це також спрямовує Закон України «Про енергозбереження», в якому зазначено, що «енергоефективні продукція, технологія, обладнання – це продукція або метод, засіб її виробництва, що забезпечують раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів, порівняно з іншими варіантами використання або виробництва продукції однакового споживчого рівня чи з аналогічними техніко-економічними показниками» [1].

Стан вивчення проблеми. Аналіз літературних джерел [2; 3; 4] свідчить, що найбільшого поширення в нашій країні набув спосіб традиційного регулювання подачі насосних установок, який полягає в дроселюванні (для зменшення або збільшення подачі за допомогою відкриття або закриття засувки) напірних ліній насосів і в зміні у загальному числі агрегатів, що працюють, по одному з технологічних параметрів: тиску на колекторі або в командній точці мережі, рівня в приймальному та регулювальному резервуарах.

Завдання і методика досліджень. Наведені способи регулювання спрямовані на вирішення технологічних завдань і практично не враховують енергетичні аспекти транспортування води.

За такого регулювання від 5 до 15%, а інколи до 25–30% споживаної електроенергії витрачається нерационально через: втрати енергії в органі, що дроселює; створення надлишкових тисків у трубопроводній мережі; течі та непродуктивні витрати води в мережі й у споживача; збільшення геометричного підйому під час відкачування води з резервуарів каналізаційних насосних станцій тощо.

Насосні установки працюють цілодобово. Від їх роботи безпосередньо залежить енерго- і ресурсозбереження. Про ефективність регулювання режимів роботи відцентрових насосів за допомогою зміни кутової швидкості робочих коліс відомо давно. Характеристика відцентрових насосів перераховуються за законами геометричної і гідродинамічної подібностей. Згідно з цими законами, в разі зміни частоти обертання подача насоса змінюється пропорційно першому ступеню, тиск – пропорційно другому ступеню, потужність – пропорційно третьому ступеню частоти обертання, коефіцієнт корисної дії практично не залежить від частоти обертання. Таким чином, якщо за номінальної частоти обертання пн насос під час подачі Qн розвиває тиск Hн і споживає потужність Nн, то за частоти обертання на новій характеристиці цій точці відповідатиме точка з подачею $Q = Q_n (n/n_n)$, тиском $H = H_n (n/n_n)^2$, потужністю на валу $N = N_n (n/n_n)^3$. Наведемо порядок розрахунку:

1. Основні залежності, що характеризують енергетику насосів.

Потужність, споживана насосом:

$$N = (Q \cdot H \cdot 9,81) / \text{ККД}, \text{ кВт}, \quad (1)$$

де Q – продуктивність, м³/с; H – висота тиску, що дорівнює сумі висот всмоктування і нагнітання, м. в. с.; ККД – коефіцієнт корисної дії установки, що приймається відповідно до каталогу або паспорта.

Зміна основних параметрів роботи насосного агрегата в разі зміни швидкості обертання робочого колеса насоса («формули подібності»):

$$N_1 / N_2 = n_1^3 / n_2^3, \quad (2)$$

$$H_1 / H_2 = n_1^2 / n_2^2, \quad (3)$$

$$Q_1 / Q_2 = n_1 / n_2, \quad (4)$$

де n – число обертів вала робочого колеса в хв.; N – потужність, споживана насосом, кВт; H – тиск, що створюється насосом, м. в. с.; Q – продуктивність насоса, м³/с. Індeksi 1 і 2 відносяться до першого і другого режимів роботи устаткування, відповідно.

Для визначення потужності, споживаної приводним двигуном (Nд, Вт) за відомого його струму, застосовується така формула:

$$N_d = 1,73 \cdot I_d \cdot U \cdot \cos \Phi, \quad (5)$$

де Iд – струм фази двигуна, А; U – напруга двигуна, В; Cos Φ – коефіцієнт потужності двигуна.

2. Отримання вихідних даних для розрахунку.

Допоміжними даними для розрахунку є паспортні дані насоса та його приводного двигуна, занесені в табл. 1.

Таблиця 1

Паспортні дані насоса та його приводного двигуна

Параметр	Значення
Потужність насоса, кВт	
ККД насоса	
Тиск насоса, м	
Подача насоса, м³/ч	
Потужність двигуна, кВт	
Струм двигуна, А	
ККД двигуна	
Cos Φ двигуна	

Основні дані вимірюються за різних режимів роботи насосного агрегата за допомогою відповідних технічних засобів і записуються у таблиці, приклади яких наведені нижче.

Таблиця 2

Результати вимірів за повністю закритої напірної засувки

Вимірюваний параметр	Потужність $N_{\min}$, кВт, або струм $I_{\min}$, А
Засіб виміру	Ватметр, амперметр або лічильник електроенергії

Примітка: виміри за закритої напірної засувки слід проводити максимально оперативно, щоб уникнути перегріву насоса.

Таблиця 3

Результати вимірів за повністю відкритої напірної засувки

Вимірюваний параметр	Потужність $N_{\max}$, кВт, або струм $I_{\max}$, А	Витрата води $Q_{\max}$, м ³ /ч
Засіб виміру	Ватметр, амперметр або лічильник електроенергії	Витратомір

Примітка: виміри за відкритої напірної засувки бажано проводити під час максимального розбору води.

За даними табл. 2 і 3 будується графік (рис. 1) залежності споживаної потужності N від порівняної витрати води $Q/Q_{\max}$ за різних способів регулювання. Для споживаної потужності в разі дроселювання можна записати вираз:

$$N_{\text{дрос}} = N_{\min} + (N_{\max} - N_{\min}) \cdot (Q/Q_{\max}). \quad (6)$$

Для споживаної потужності за частотного регулювання можна записати вираз:

$$N_{\text{чрп}} = N_{\max} \cdot (Q/Q_{\max}). \quad (7)$$

Залежність споживаної потужності за дроселювання $N_{\text{дрос}}$ від порівняної витрати $Q/Q_{\max}$ (Q – поточна витрата, $Q_{\max}$ – максимальна витрата, зазначена

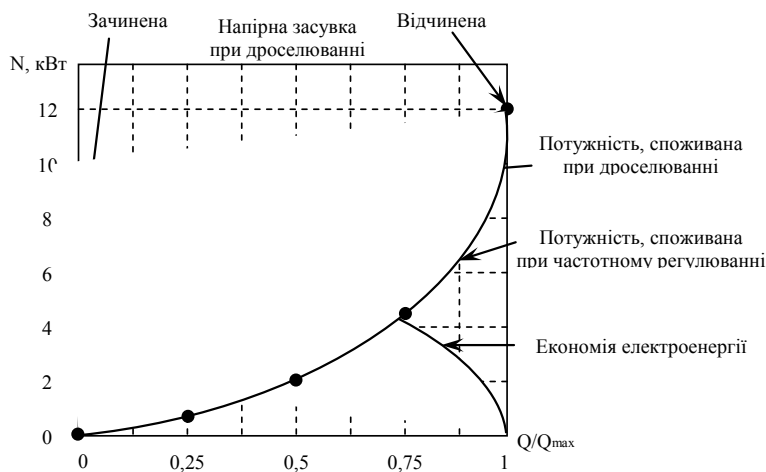


Рис. 1. Споживана потужність за різних засобів регулювання швидкості обертання вала насоса

в табл. 3) утворюється на графіку з'єднанням точок $N_{\max}$ і $N_{\min}$ прямою лінією, залежність споживаної потужності за використання ЧРП $N_{\text{чрп}}$ від порівняної витрати $Q/Q_{\max}$ визначається під час обчислення виразу (7) з підстановкою в нього виміряної раніше величини $N_{\max}$ і декількох значень $Q/Q_{\max}$ (наприклад, від 0 до 1 з кроком 0,25).

Для отримання інформації про завантаження насоса визначається графік його роботи за періодами часу з приблизно однаковим навантаженням (витратою води). Для вимірів використовується витратомір. Виміри добової витрати виконуються впродовж 2–3 днів. За результатами таких вимірів заповнюється табл. 4. Отримані дані щодо добової витрати усереднюються, і будується графік добової витрати води. Приклад графіка наведений на рис. 2.

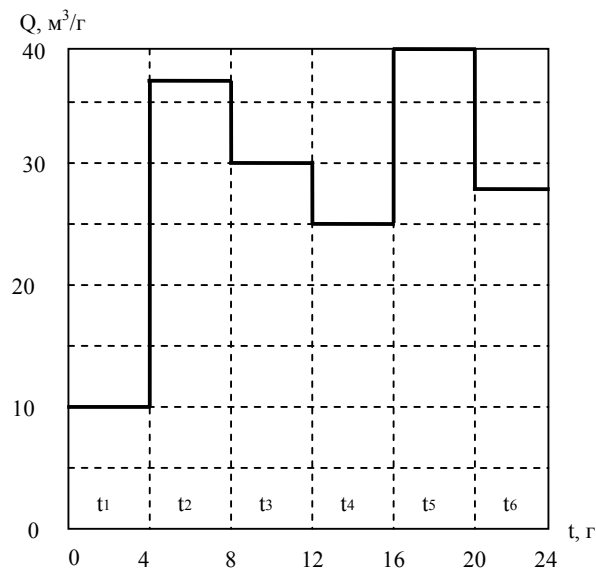


Рис. 2. Добовий графік витрати води за результатами вимірів

Таблиця 4

Добова і загальна витрати води

Період часу t_i , година	t1	t2	t3	t4	t5	...
Добова витрата Q_i , м³/ч (перший день вимірів)						
Добова витрата Q_i , м³/ч (другий день вимірів)						
Добова витрата Q_i , м³/ч (третій день вимірів)						
Середня добова витрата Q_i ср, м³/ч						

Якщо виникають складності з визначенням даних за добовим графіком витрати води (наприклад, через неможливість зняття даних про витрату кожні декілька годин або через відсутність технічних засобів для автоматизації цього процесу, таких як самописець, реєстратор тощо), допускається виміряти лише загальну витрату за декілька (7–10) днів і скласти приблизний вигляд добового графіка витрати води. Під час розрахунків вважається, що устаткування працює в режимі, за якого забезпечуються нормальні параметри подачі води.

3. Розрахунок величини економічного ефекту.

Розрахунок економічної ефективності базується на визначенні різниці між величинами використання електроенергії *за регулювання тиску насоса через дроселювання напірною засувкою та за регулювання тиску насоса за допомогою ЧРП.*

Для кожного раніше певного періоду роботи, в якому визначено приблизно постійне навантаження насоса Q_i , розраховується економія потужності: $\Delta N_i = N_{\text{дросі}} - N_{\text{чрпі}}$. Величини $N_{\text{дросі}}$ і $N_{\text{чрпі}}$ обираються за рис. 1 або обчислюються за формулами (6) і (7). Величина витрати Q_i береться з рис. 2. або табл. 4. Потім визначається сумарна економія електроенергії за певний часовий інтервал роботи устаткування (наприклад, за добу) за формулою:

$$k \Delta \Sigma k = \Delta N_i \cdot t_i, i=1, \quad (8)$$

де $\Delta \Sigma k$ – економія електроенергії за використання ЧРП замість дросельного регулювання, кВт·год.; ΔN_i – економія потужності за i -й період (наприклад, з 0.00 до 4.00), кВт; t_i – час, упродовж якого привід працює з постійним навантаженням Q_i насоса (наприклад, 4 години), год.; k – число періодів часу з постійними значеннями $\Delta N_i \cdot t_i$ (наприклад, 6 періодів).

За цілорічної роботи насоса з приблизно постійним добовим графіком витрати річна економія електроенергії $\Delta \Sigma g$ визначається множенням $\Delta \Sigma k$ на число днів роботи насоса в році, тобто можна вважати: $\Delta \Sigma g = \Delta \Sigma k \cdot 365$. В разі наявності в році декількох періодів часу з характерними добовими графіками витрати, наприклад зима – літо тощо, $\Delta \Sigma k$ обчислюється для кожного такого періоду, а $\Delta \Sigma g$ обраховується як сума заощадженої електроенергії $\Delta \Sigma k$ за всіма періодами, в яких діють свої добові графіки витрати. Далі визначається вартість заощадженої електроенергії за тарифом, що діє для підприємства в цій енергосистемі, з урахуванням чинників економії, наприклад води, електроенергії. З досвіду для оцінки вартості зниження витрати холодної води може вводитися коефіцієнт 1,15, для гарячої води – 1,2, для повітря – 1,1, для палива – 1,02. Таким чином, економія електроенергії та ресурсів становитиме для холодної і гарячої води:

$$CT_{\Sigma \Sigma} = (1,15 \dots 1,2) \cdot T_{\Sigma} \cdot \Delta \Sigma g, \quad (9)$$

де $CT_{\Sigma \Sigma}$ – вартість заощадженої електроенергії та ресурсів, грн; T_{Σ} – тариф на електроенергію в енергосистемі, грн/кВт·год.

Для визначення терміну окупності, а, отже, оцінки економічної ефективності використання ЧРП використовується формула:

$$T_{\text{ок}} = CT_{\text{чрп}} / CT_{\Sigma \Sigma}, \quad (10)$$

де $T_{\text{ок}}$ – термін окупності установки ЧРП, рік; $CT_{\Sigma \Sigma}$ – вартість заощадженої електроенергії та ресурсів за один рік, грн; $CT_{\text{чрп}}$ – вартість ЧРП, грн.

Під час ухвалення рішення про доцільність впровадження ЧРП слід враховувати, що, окрім економічного ефекту від заощадження електроенергії, використання ЧРП дає низку переваг, зокрема:

- знижується знос запірної арматури, оскільки більшість часу засувки повністю відкриті;
- більшість часу насоси працюють за знижених тисків, що зменшує течі в системі водоподачі;
- знижується знос комутаційної апаратури, оскільки її перемикання відбувається за відсутності струму;
- знижується знос підшипників двигуна і насоса, а також крильчатки завдяки плавній зміні числа обертів за відсутності великих пускових струмів;

- зменшується небезпека аварій завдяки виключенню гідравлічних ударів;
- забезпечується одночасний захист двигуна від струмів короткого замикання, замикання на землю, струмів перевантаження, однофазного режиму, недопустимих перенапружень;
- знижується рівень шуму, що особливо важливо в разі розташування насосів поблизу житлових або службових приміщень;
- спрощується подальша комплексна автоматизація об'єктів системи водоподачі [5].

4. Перетворювачі частоти.

Перетворювач частоти (або частотно-регулювальний електропривід) – це статичний перетворювальний пристрій, призначений для зміни швидкості обертання асинхронних електродвигунів змінного струму.

Асинхронні електродвигуни мають значну перевагу перед електродвигунами постійного струму завдяки простоті конструкції та зручності обслуговування. Це зумовлює їх однозначне переважання і повсюдне використання практично в усіх галузях промисловості, енергетики та в міській інфраструктурі.

Відомо, що регулювання швидкості обертання робочого механізму можна здійснювати за допомогою різних пристроїв (способів), серед яких найбільш відомі та поширені такі:

- механічний варіатор;
- гідравлічна муфта;
- електромеханічний перетворювач частоти (системи «генератор – двигун»);
- опір, що додатково вводиться в статор або фазний ротор, тощо;
- статичний перетворювач частоти.

Перші чотири способи відрізняються різними комбінаціями і мають деякі недоліки:

- складності у використанні, обслуговуванні, експлуатації;
- низька якість і діапазон регулювання;
- неекономічність.

Всі вказані недоліки відсутні в разі використання перетворювачів частоти [6]. Регулювання швидкості обертання асинхронного електродвигуна в цьому випадку здійснюється за допомогою зміни частоти і величини напруги живлення двигуна. ККД такого перетворення становить близько 98%, з мережі споживається практично лише активний складник струму навантаження, мікропроцесорна система управління забезпечує високу якість управління електродвигуном і контролює безліч його параметрів, запобігаючи можливості розвитку аварійних ситуацій.

Ефект за установки перетворювачів частоти досягається завдяки таким чинникам:

- економії енергоресурсів;
- збільшенню термінів служби технологічного устаткування;
- зниженню витрат на планово-запобіжні та ремонтні роботи;
- забезпеченню оперативного управління й достовірного контролю за перебігом технологічних процесів тощо.

Значна економія електроенергії легко досягається за однієї умови – приводний механізм повинен що-небудь регулювати (підтримувати будь-який технологічний параметр). Таким чином, використання перетворювачів частоти на зрошувальних системах дасть змогу покращити експлуатаційні можливості насосних станцій, а також дозволить раціонально використовувати воду та електроенергію.

Результати досліджень. Наведемо приклад впровадження перетворювачів частоти. Каховська зрошувальна система (рис. 3.) є найбільшою на території України, яка після повного розвитку повинна була забезпечити зрошення земель на території площею 780 тис. га між Північнокримським каналом і Молочним лиманом.

Джерелом зрошення сільськогосподарських угідь системи є Каховське водосховище. Для подачі води з нього у головний Каховський магістральний канал було споруджено головну насосну станцію, розраховану на подачу $530 \text{ м}^3/\text{с}$ води на висоту 25 м. Систему збудовано з закритою внутрішньогосподарською мережею, застосуванням високопродуктивної дощувальної техніки, автоматизацією водорозподілу і поливу, конструктивними рішеннями, що забезпечують коефіцієнт корисної дії та земельного використання. Всі сільськогосподарські угіддя Каховської зрошувальної системи зрошуються за допомогою машинного водопідйому, переважно за двоступінчастою схемою: перший підйом здійснюється головною насосною станцією, другий – господарськими насосними станціями, які забирають воду з магістрального каналу та розподільників і одночасно створюють напір у закритій зрошувальній мережі, потрібний для роботи дощувальних машин. Додатковий підйом води з магістрального каналу проводиться тільки для подачі у два розподільних канали: Р-1 та Р-1-1.

Міжгосподарська зрошувальна мережа має вигляд відкритих каналів із застосуванням протифільтраційних заходів, зокрема ґрунто- і бетоноплівкових екранів. Дренажні, поверхневі та скидні води відводяться скидними каналами загальною довжиною майже 160 км до акумулювальних ставків і водоймищ, які використовуються для рибиництва.

Головна насосна станція Каховської зрошувальної системи також постачає воду іншим зрошувальним системам: Приазовській, Сірогозькій, Північнокримському каналу, Генічеській, Каланчацькій тощо. За даними БУВР нижнього Дніпра наведемо табл. 5.

Станом на 01.11.2021 р. насосними станціями Каховської зрошувальної системи було подано $621,9 \text{ млн м}^3$ води. Для цього було витрачено $182,9 \text{ млн/кВт}$ електроенергії.

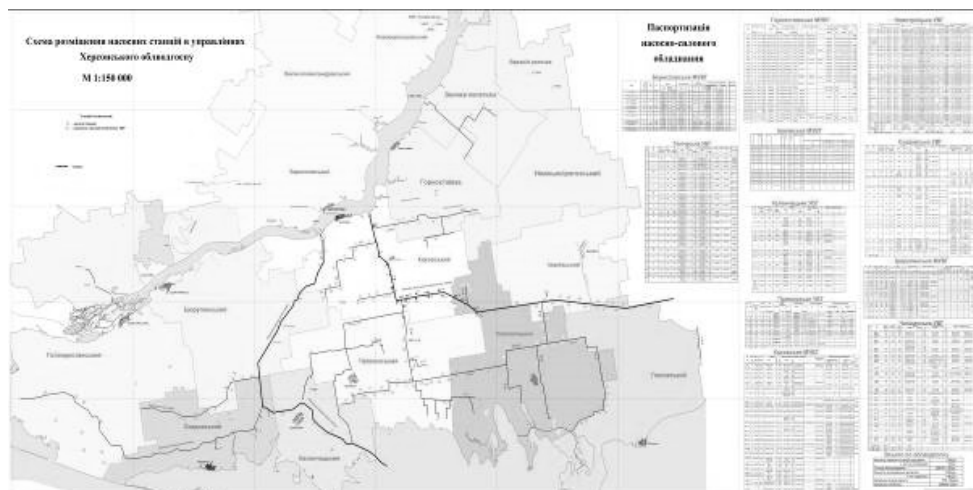


Рис. 3. Схема розміщення насосних станцій на Каховській зрошувальній системі

Таблиця 5

Характеристика насосних станцій зрошення в Херсонській області

Кількість насосних станцій зрошення,	239	шт.
з них на консервації	33	шт.
Площа обслуговування	299301,625	га
Кількість встановлених агрегатів,	1226	шт.
з них ті, що працюють	1162	шт.
Загальна продуктивність	359,19	м³/с
Загальна потужність	366669,5	кВт

Висновки та пропозиції. За підвищення цін на електроенергію та воду запропоновано впроваджувати енергозбережні технології, зокрема застосування на насосних станціях Каховської зрошувальної системи перетворювачів частоти. Впровадження перетворювачів частоти дозволить щорічно економити близько 15–30% електроенергії та, відповідно, коштів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Про енергозбереження : Закон України від 22 грудня 2005 р. № 3260-IV. Київ : Урядовий портал, 2005. 2 с.
2. Лезнов Б.С. Окупаемость регулируемого электропривода в насосных установках. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2002. № 12. С. 21–28.
3. Волошин М.М. Розрахунок економічної ефективності впровадження частотних перетворювачів для насосних агрегатів : методичні рекомендації. Херсон : РВВ ХДАУ «Колос», 2012. 40 с.
4. Куряпов В.Н., Мальцев А.П. Потенциал энергосбережения и его практическая реализация. *Энергоназор и энергоэффективность*. 2003. № 3. С. 33–40.
5. Инструкция по расчету экономической эффективности применения частотно-регулируемого электропривода. Москва : Научно-исследовательский институт электроэнергетики (АО ВНИИЭ) ; Московский энергетический институт, 1997. 12 с.
6. Шкредин Д.Г. Преобразователи частоты в энергосберегающих приводах насосов. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2004. № 7. С. 10–17.

REFERENCES:

1. Pro enerhozberezhennya : Zakon Ukrayiny vid 22.12.2005 № 3260-IV. Kyiv: Uryadovyy portal. 2 s. [in Ukrainian]
2. Leznov, B.S. (2002) Okupayemost' reguliruyemogo elektroprivoda v nasosnykh ustanovkakh. *Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika*. № 12. S. 21–28. [in Russian]
3. Voloshyn, M.M. (2012) Rozrakhunok ekonomichnoyi efektyvnosti vprovadzheniya chastotnykh peretvoryuvachiv dlya nasosnykh ahrehativ : metodychni rekomendatsiyi. Kherson : RVV KHAU "Kolos". 40 s. [in Ukrainian]
4. Kuryapov, V.N., Mal'tsev, A.P. (2003) Potentsial energosberezheniya i yego prakticheskaya realizatsiya. *Energonadzor i energoeffektivnost'*. № 3. S. 33–40. [in Russian].
5. Instruksiya po raschetu ekonomicheskoy effektivnosti primeneniya chastotno-reguliruyemogo elektroprivoda (1997) Moskva : Nauchno-issledovatel'skiy institut elektroenergetiki (AO VNIIE) ; Moskovskiy energeticheskiy institute. 12 s. [in Russian]
6. Shkredin, D.G. (2004) Preobrazovateli chastoty v energosberegayushchikh privodakh nasosov. *Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika*. № 7. S. 10–17. [in Russian]

УДК Б24.01:51.001

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.5.8>

БЕРЕГОЗАХИСНА СПОРУДА

Мироненко І.М. – кандидат технічних наук,

доцент кафедри цивільної інженерії та архітектури

Одеського національного морського університету

ORCID ID: 0000-0002-5322-9859

Литвиненко В.В. – старший викладач кафедри морських і річкових портів,

водних шляхів та їх технічної експлуатації

Одеського національного морського університету

ORCID ID: 0000-0002-0715-5190

Портові огорожувальні споруди: моли та хвилеломи, піддаються впливу природних явищ, що відбуваються у земній, водній (морській) та повітряній сферах. До дії природних явищ прислухаються і вплив факторів, що виникають внаслідок діяльності людини.

Ці фактори можуть поділятися на такі основні групи: геологічні; гідрометеорологічні; експлуатаційні; фактори виконання робіт; сейсмічні; військові.

Практика будівництва та експлуатації портових огорожувальних споруд свідчить, що за певних випадків фактори кожної з перелічених груп можуть стати причиною деформації споруди. Однак узагальнений аналіз матеріалів про пошкодження огорожувальних споруд дозволяє констатувати, що в більшості випадків вирішальними для їх збереження є геологічні фактори, що зумовлюють характер взаємодії фундаменту споруди та ґрунту, а також визначають стан загальної стійкості споруди і ґрунтового масиву, на якому вона зведена.

Портові огорожувальні споруди, піддаючись впливу досить значних вертикальних і горизонтальних сил, створюють інтенсивні та великі за площею навантаження на ґрунти, на яких розташовані. Високе значення напруги ґрунту характерне для молів і хвилеломів гравітаційного типу, що передають навантаження на ґрунт безпосередньо або через підсипку. Найчастіше поверхневі шари морського дна, які є несучими для цих споруд, складаються з неоднорідних і легко стисливих ґрунтів. Тому геологічні фактори мають першорядне значення в проєктуванні і будівництві огорожувальних споруд. Деформації та аварії споруд через невідповідність проєкту або методів виробництва геологічним умовам трапляються дуже часто. Причиною такої невідповідності зазвичай є неправильне уявлення про явища, що відбуваються в ґрунті під навантаженням, а отже, застосування неправильних розрахункових схем і методів визначення взаємодії споруди і ґрунту, що лежить в її основі. Іноді це зумовлено незадовільним проведенням геологічних вишукувань.

Ключові слова: розрідження, підводний хвилелом, піщаний ґрунт, динамічні дії, прискорення, зсуви, масиви.

Mironenko I.M., Litvinenko V.V. Coastal protection structure

Port protective structures – moles and breakwaters are exposed to natural phenomena occurring in three areas: terrestrial, water (sea) and air. The influence of factors that arise as a result of human activity is added to the action of natural phenomena.

These factors can be divided into the following main groups: geological; hydrometeorological; operational; factors of production of work; seismic; military factors.

The practice of construction and operation of port protective structures shows that, in appropriate cases, the factors of each of the listed groups can cause deformations of the structure. However, a generalized analysis of materials on damage to protective structures allows us to establish that in the overwhelming majority of cases, decisive for their safety are geological factors that determine the nature of the interaction between the foundation of a structure and the soil at its base, as well as determine the state of general stability of the structure and the soil massif on which it is erected.

Port protective structures, being exposed to very significant vertical and horizontal forces, create intense and widespread loads on the soils underlying them. The high value of soil tension is characteristic of moles and breakwaters of the gravitational type, which transfer the load to the soil directly or through the backfill. Most often, the surface layers of the seabed carrying these

structures are composed of heterogeneous and easily compressible soils. Therefore, geological factors are of paramount importance in the design and construction of protective structures. Deformations and breakdowns of structures due to inconsistency of the design or work methods with geological conditions occur very often. The reasons for this discrepancy are usually a misconception about the phenomena occurring in the soil under load, and, as a consequence, the use of incorrect design schemes and methods for determining the interaction of the structure and the soil at its base. Sometimes this is due to unsatisfactory geological surveys.

Key words: *liquefaction, underwater breakwater, sandy soil, dynamic effects, acceleration, landslides, massifs.*

Берегозахисні споруди у вигляді підводних хвилеломів, хвилевідбійних стінок та бун утворюють складну систему, що включає в себе саму конструкцію і ґрунтового та водне середовища, що контактують з нею. Побудова моделей, які перебувають під впливом хвильових, інших статичних і динамічних навантажень, та їх кількісна реалізація описані в нелінійній постановці [1–2; 3, с. 87, с. 145]. Такі конструкції є дорогими і використовуються для захисту берегів від морських хвиль, для захисту берегових схилів від зсувних процесів, що виникають внаслідок розмиву ґрунту. Розглянемо конструкції, які забезпечують стійкість схилів до фільтраційного тиску води, тиску ґрунтового середовища і до навантаження, що на них діють.

Проаналізуємо одну з проблем, пов'язану з розрідженням основ під конструкціями берегових укріплень через динамічний вплив морських хвиль.

В районі Ланжерону в Одесі на відстані 100 м від берега на піщане дно було укладено паралельно береговій лінії 110 бутобетонних масивів вагою 17 тонн кожен. Довжина спорудженого хвилелому становила 250 м, ширина – 2,6 м, висота – 1,47 м, а початкова глибина залягання масивів – 1,4 м нижче ординара. Після завершення будівництва північна і південна частини Ланжеронівського пляжу поповнилися піщаними наносами. Це підтвердило позитивну роль хвилелому в захисті морського узбережжя від хвильових навантажень. Згодом під динамічним впливом морських хвиль масиви хвилелому почали занурюватися в піщане дно і поступово були замиті. Однією з причин руйнування хвилелому була незадовільна підготовка основи під масиви, що була розріджена під дією хвиль.

Інші приклади руйнування споруд, пов'язані з розрідженням ґрунтів, наведені в роботах [4–7]. Необхідно відзначити, що це явище спостерігається і спричинює значні руйнування під час землетрусів [8].

Питаннями розрідження водонасичених піщаних ґрунтів стали займатися після аварії ґрунтової греблі у Свірстрої. Тоді ж було розпочато розробку фільтраційної теорії динамічної стійкості водонасичених пісків. Згодом фільтраційна теорія була підтверджена великою кількістю лабораторних і польових експериментів. Згідно з нею для визначення меж втрати стійкості водонасиченими пісками необхідно знати критичне значення інтенсивності динамічного впливу, що характеризується критичним прискоренням a_{cr} . Поняття цього прискорення відповідає тій критичній інтенсивності коливань, коли пісок, що знаходився до цього в стабільному стані, починає знову ущільнюватися. Одеська берегова зона потребує проведення експериментів для більш точного визначення критичного прискорення пісків. Водночас можна скористатися емпіричними формулами [6–7]. Також складно обрахувється розрахункове прискорення частинок у товщі водонасиченого піску $a_{розр}$. Вони можуть бути визначені експериментально.

Розглянемо другий підхід, що дозволяє більш точно з'ясувати прискорення частинок. Критерієм можливості переходу піску в розріджений стан виступає нерівність фільтраційної теорії:

$$a_{\text{розр}} \geq a_{\text{кр}}$$

Проведемо дослідження підводного хвилелому, нелінійна розрахункова модель якого наведена у [2]. Вона становить систему, яка включає хвилелом, його ґрунтову основу і водне середовище (рис. 1).

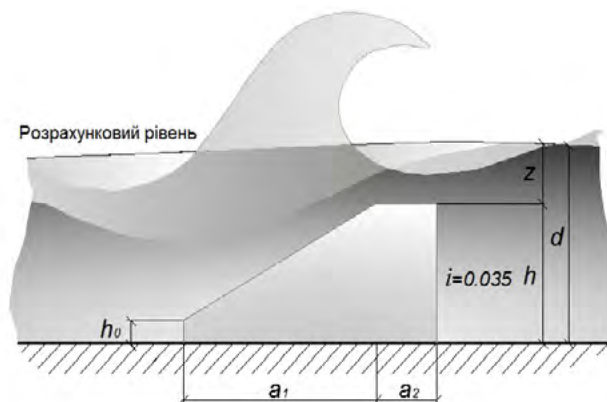


Рис. 1. Підводний хвилелом

Підводний хвилелом був випробуваний в натурних умовах в районі Одеської хвиледослідницької станції [9]. Його розміри: $h_1 = 0,25$ м; $h = 2,90$ м; $a_1 = 4,40$ м; $a_2 = 0,60$ м. Висота хвилі $h_s = 3,00$ м; середня довжина $\lambda_{\text{сер}} = 29$ м, а середній період $T_{\text{сер}} = 5$ с. Ухил дна $i = 0,035$. Характеристики ґрунту основи: $E = 30$ МПа; $\mu = 0,3$; $\varphi_0 = 30^\circ$; $c = 0,003$ МПа. Характеристики бетону хвилелому: $E = 30000$ МПа; $\mu = 0,2$; $\sigma_{bt} = 1,3$ МПа; $\sigma_b = 17$ МПа. Чинне навантаження обраховується з епюри хвильового тиску за 1% забезпеченості, яка побудована за результатами натурних спостережень на Одеській хвиледослідницькій станції.

Розглянемо випадок, коли гребінь хвилі знаходиться над похилою гранню хвилелому і потім відбувається його вплив на хвилелом не у вигляді статичного навантаження, а у вигляді удару, що спостерігається за натурних умов. Для обчислення розрахункового прискорення частинок піщаної основи використовується його динамічна розрахункова модель, розроблена в [2]. Розрідження піщаного ґрунту визначається за фільтраційною теорією.

Для визначення розрахункового прискорення $a_{\text{розр}}$ застосовується метод Ньюмарка, викладений у [3, с. 203]. Критичне прискорення коливань $a_{\text{кр}}$ обчислюється за результатами віброкомпресійних випробувань. У зв'язку з відсутністю точних даних визначення $a_{\text{кр}}$ для намівних пісків берегової зони Одеси на підставі натурних та експериментальних даних [6–7] вважається $a_{\text{кр}} = 5$ см/с².

Виконані розрахунки показали, що отримане розрахункове прискорення $a_{\text{розр}}$ у вузлових точках кінцевих елементів виявилося меншим за критичне прискорення ($0 < a_{\text{розр}} \leq 3$ см/с²), розрідження пісків не повинно відбуватися, що суперечить наведеним вище реальним прикладам. Необхідно зазначити, що:

- хвильове навантаження визначалось як усереднена величина; за натурних умов воно може відхилятися як у більший, так і в менший бік;

- як показано в роботі [10], під час удару хвилі можуть виникнути «голкові» миттєві навантаження інтенсивністю понад 5λ , де λ – висота хвилі; час їх дії становить 0,002–0,005 с, а повторюваність не перевищує 5–8%.

Були виконані різні розрахунки динамічних навантажень, які показали, що в деяких вузлових точках кінцевих елементів основи виникають розрахункові прискорення, що перевищують величину критичного прискорення ($0 < a_{\text{розр}} \leq 8 \text{ см/с}^2$). Отже, в піщаній основі під хвилеломом можуть утворитися ділянки, в яких відбувається розрідження піску. Надалі ці ділянки розширюються, і масиви хвилеломів поступово занурюються в піщану основу.

Загалом для виключення розрідження основи під хвилеломом слід вживати заходи, перераховані в роботах [6–8]. В розглянутому випадку необхідно під масиви хвилелому облаштовувати кам'яну постіль. Процес розрідження і зміцнення незв'язних ґрунтів не залежить від їх гранулометричного складу, але зі збільшенням крупності, а отже, водонепроникності зменшується час їх перебування в розрідженому стані. В разі руйнування структури невеликих шарів великозернистих ґрунтів цей період такий малий, що в них практично не спостерігається прояв розрідження [11].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гришин В.А., Дорофеев В.С. Нелинейные модели конструкций, взаимодействующих с грунтовой средой. Одесса : Внешрекламсервис, 2006. 242 с.
2. Гришин В.А., Дорофеев В.С. Некоторые нелинейные модели грунтовой среды. Одесса : Внешрекламсервис, 2007. 309 с.
3. Гришин В.А., Дорофеев В.С. Расчет противооползневых сооружений. Одесса : Внешрекламсервис, 2009. 215 с.
4. Шадунц К.Ш. Оползни-потоки. Москва : Недра, 1983. 120 с.
5. Гольдин А.Л., Рассказов Л.Н. Проектирование грунтовых плотин. Москва : Энергоатомиздат, 1987. 304 с.
6. Захаров М.Н., Иващенко И.Н. К теории пластического течения грунтов. *Известия Академии наук СССР*. 1972. № 2. С. 185–188.
7. Малышев М.В. Прочность грунтов и устойчивость оснований сооружений. Москва : Стройиздат, 1994. 227 с.
8. Иоселевич В.А., Рассказов Л.Н., Сысоев Ю.М. Об особенностях развития поверхностей нагружения при пластическом упрочнении грунта. *Известия Академии наук СССР*. 1979. № 2. С. 155–161.
9. Ломизе Г.М., Крыжановский А.Л. Основные зависимости напряженного состояния и прочности песчаных грунтов. *Основания, фундаменты и механика грунтов*. 1966. № 3. С. 8–11.
10. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневого процесса. Москва : Недра, 1972. 307 с.
11. Иванов П.Л. Разжижение песчаных грунтов. Ленинград : Государственное энергетическое издание, 1962. 260 с.

REFERENCES:

1. Grishin, V.A., Dorofeev, V.S. (2006) Nelineynnye modeli konstruktsiy, vzaimodiyuyuschih s gruntovoy sredoy [Nonlinear models of structures interacting with the ground environment]. Odesa : Vneshreklamsevis. [in Ukrainian]
2. Grishin, V.A., Dorofeev, V.S. (2007) Nekotoryie nelineynnye modeli gruntovoy sredyi [Some nonlinear models of the ground environment]. Odesa : Vneshreklamsevis. [in Ukrainian]
3. Grishin, V.A., Dorofeev, V.S. (2009) Raschet protivopolznevyyih sooruzheniy [Calculation of landslide protection structures]. Odesa : Vneshreklamsevis. [in Ukrainian]
4. Shadunts, K.Sh. (1983) Opolzni-potoki [Landslides-streams]. Moskva : Nedra. [in Russian]

5. Goldin, A.L., Rasskazov, L.N. (1987) *Proektirovanie gruntovyih plotin* [Design of soil dams]. Moskva : Energoatomizdat. [in Russian]
 6. Zaharov, M.N., Ivaschenko, I.N. (1972) *K teorii plasticheskogo techeniya gruntov* [To the theory of plastic flow of soils]. *Izvestiya Akademii Nauk SSSR*. No. 2, p. 185–188. [in Russian]
 7. Malyishev, M.V. (1994) *Prochnost gruntov i ustoychivost osnovaniy sooruzheniy* [Soil strength and stability of foundations]. Moskva : Stroyizdat. [in Russian]
 8. Ioselevich, V.A., Rasskazov, L.N., Syisoev, Yu.M. (1979) *Ob osobennostyah razvitiya poverhnostey nagruzheniya pri plasticheskom uprochnenii grunta* [On the peculiarities of the development of loading surfaces during plastic hardening of soil]. *Izvestiya Akademii Nauk*. No. 2, p. 155–161. [in Russian]
 9. Lomize, G.M, Kryizhanovskiy, A.L. (1966) *Osnovnyie zavisimosti napryazhenogo sostoyaniya i prochnosti peschanyih gruntov* [Main dependencies of the stress state and strength of sandy soils]. *Osnovaniya, fundamenty i mehanika gruntov*. No. 3, pp. 8–11. [in Russian]
 10. Emelyanova, E.P. (1972) *Osnovnyie zakonomernosti opolznevogo protsesssa* [Main regularities of the landslide process]. Moskva : Nedra. [in Russian]
 11. Ivanov, P.L. (1962) *Razzhizhenie peschanyih gruntov* [Liquefaction of sandy soils]. Leningrad : Gosudarstvennoe energeticheskoe izdanie. [in Russian]
-

УДК 624.01

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.5.9>

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ПРОГИНУ ОДНОСХИЛОЇ БАЛКИ ЗА ЗМІННОЇ ЖОРСТКОСТІ ЗА ДОВЖИНОЮ

Янін О.Є. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри будівництва, архітектури та дизайну
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-0230-8669
Scopus-Author ID: 57219482395

У статті наведено рішення теоретичної задачі визначення прогину односхилої балки за лінійної зміни жорсткості вздовж прольоту. Актуальність розв'язання такої задачі зумовлена необхідністю забезпечення умов нормальної експлуатації та дотримання вимог техніки безпеки. Вдосконалення методу визначення максимальних прогинів балочних елементів базується на тому, що, згідно з нормами проєктування залізобетонної балки, прогин треба обраховувати за загальними правилами будівельної механіки. Розглядається випадок, коли напруження в конструкції набагато менше за граничні значення. Тоді пластичний складник деформації порівняно малий.

Об'єктом теоретичного дослідження є однопрольотна шарнірно оперта односхила балка прямокутного поперечного перерізу, яка завантажена рівномірно розподіленим лінійним навантаженням. Більшість сталевих і залізобетонних балок мають двотавровий поперечний переріз, для якого осьовий момент інерції у площині згину приблизно пропорційний кубу висоти. Тому для спрощення взято прямокутний переріз.

Виходячи з геометричної схеми балки, отримано лінійну залежність між координатою вздовж прольоту та її висотою. На цій підставі складена функція осьового моменту інерції поперечного перерізу.

Для отримання аналітичної формули прогинів і кутів повороту балки за довжиною прольоту виконано інтегрування диференційного рівняння зігнутої осі. Згинальний момент у перерізі балки від заданого лінійного навантаження представлений у вигляді квадратичної залежності.

Послідовне інтегрування диференційного рівняння дозволило отримати функції кута повороту і прогину. Постійні інтегрування виходять з того, що прогини на лівій і правій опорах дорівнюють нулю.

Для практичного підтвердження правильності отриманого результату для прогинів розглядався випадок, коли ухил балки дорівнює нулю. Аналіз формули деформацій балки показав, що треба розкривати математичну невизначеність за допомогою правила Лопітала. Таке завдання пов'язане з певними математичними труднощами і вирішувалося за допомогою комп'ютерного середовища MathCAD.

Задача знаходження прогинів і кутів повороту балки була розв'язана за контрольних вихідних даних. За допомогою комп'ютерного середовища MathCAD було безпосередньо отримане графічне рішення диференційного рівняння зігнутої осі, а також побудовані графіки функцій прогинів і кутів повороту.

Аналіз цих графіків показав, що максимальний прогин і нульовий кут повороту мають одну абсцису, що відповідає теоретичним передумовам. Доведено, що балка має максимальний прогин не посередині прольоту, а ближче до лівої опори, де її висота менша.

Ключові слова: односхила балка, прогин, кут повороту, змінна жорсткість вздовж прольоту, диференційне рівняння зігнутої осі.

Yanin O.E. Improvement of the technique for calculating the deflection of a single-inclined beam with variable rigidity along length

The article discusses the solution of the theoretical problem of determining the deflection of a single-inclined beam with a linear change in stiffness along the span. The urgency of solving such a problem is due to the need to ensure normal operating conditions and comply with safety conditions. The improvement of the method for determining the maximum deflections of beam elements is based on the fact that, according to the design standards of a reinforced concrete beam, the deflection must be determined according to the general rules of structural mechanics.

The case is considered when the stress in the structure is much less than the limiting value. Then the plastic component of deformation is relatively small.

The object of theoretical research is a single-span hingedly supported single-inclined beam of rectangular cross-section, loaded with a uniformly distributed linear load. Most steel and reinforced concrete beams have I-beams cross section, for which the axial moment of inertia in the bending plane is roughly proportional to the cube of the height. Therefore, for simplicity, a rectangular section is adopted.

Based on the geometric scheme of the beam, a linear relationship was obtained between the coordinate along the span and its height. On this basis, the function of the axial moment of inertia of the cross section is compiled.

To obtain an analytical formula for the deflections and angles of beam rotation along the length of the span, the differential equation of the curved axis was integrated. The bending moment in the beam section from a given linear load is presented as a quadratic dependence.

Successive integration of the differential equation made it possible to obtain the functions of the angle of rotation and deflection. Integration constants are found on the assumption that the deflections on the left and right supports are equal to zero.

For practical confirmation of the correctness of the result obtained for deflections, a special case was considered when the slope of the beam is equal to zero. Analysis of the deformation formula of the beam showed that it is necessary to disclose the mathematical uncertainty using the Lopital's rule. This problem is associated with certain mathematical difficulties, and it was solved using the MathCAD computer environment.

The problem of finding the deflections and angles of rotation of the beam was solved with the control initial data. Using the computer environment MathCAD, a graphical solution to the differential equation of the curved axis was directly obtained, and graphs of the functions of deflections and angles of rotation were also built.

Analysis of these graphs showed that the maximum deflection and zero angle of rotation have the same abscissa, which corresponds to the theoretical assumptions. It was shown that the beam has a maximum deflection not in the middle of the span, but closer to the left support, where its height is less.

Key words: single-inclined beam, deflection, angle of rotation, variable stiffness along the span, differential equation of a curved axis.

Залізобетонні та металеві балки широко застосовуються у промислових, громадських і житлових будівлях в якості ригелів, а також несучих елементів перекриттів та покриттів. Для забезпечення умов нормальної експлуатації й дотримання вимог техніки безпеки такі конструкції повинні мати певну жорсткість, виходячи з технологічних, конструктивних й естетичних норм. Тому необхідно вдосконалити методи визначення максимальних прогинів балочних елементів. Вони можуть мати різні форми і розміри, яким відповідають певні математичні методи визначення деформацій. Згідно з чинними нормами [1; 2] прогин залізобетонної балки треба визначати за загальними правилами будівельної механіки з урахуванням пружно-пластичних властивостей матеріалів. Якщо напруження у конструкції набагато менше за граничні значення, то пластичний складник деформації порівняно малий. У такому разі відбуваються переважно пружні

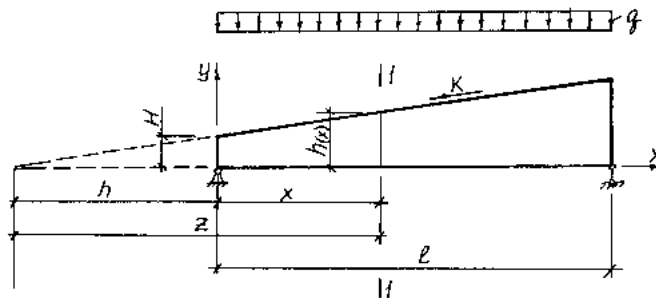


Рис. 1. Розрахункова схема балки

деформації. Згідно з нормативними вимогами [3] визначений максимальний прогин балки не повинен перевищувати граничне значення.

Розглянемо однопрольотну шарнірно опертую односхилу балку прямокутного поперечного перерізу, яка завантажена рівномірно розподіленим лінійним навантаженням q [4] (рис. 1). Припустимо, що матеріал працює пружно.

Більшість сталевих і залізобетонних балок мають двотавровий поперечний переріз, для якого осьовий момент інерції у площині згину приблизно пропорційний кубу висоти [5–6]. Тому для спрощення можна розглядати прямокутний переріз.

Відстань від лівої опори до точки перетину ліній верху і низу балки позначимо h . Тоді:

$$h = \frac{H}{k}, \quad (1)$$

де H – висота балки на лівій опорі;

k – ухил верхнього поясу балки.

Положення поперечного перерізу балки за довжиною будемо характеризувати абсцисою x або $z=h+x$. Змінна висота балки на відстані x від лівої опори з урахуванням формули (1):

$$h_{(x)} = H + kx = k(h + x). \quad (2)$$

Тоді осьовий момент інерції поперечного перерізу в цьому місці:

$$I_{(x)} = \frac{bh_{(x)}^3}{12} = \frac{bk^3(h+x)^3}{12}, \quad (3)$$

де b – ширина поперечного перерізу балки.

Щоб отримати аналітичну формулу прогинів і кутів повороту балки за довжиною прольоту, треба проінтегрувати диференційне рівняння зігнутої осі, яке має вигляд:

$$y'' = \frac{M_{(x)}}{E \cdot I_{(x)}}, \quad (4)$$

де $M_{(x)}$ – згинальний момент у перерізі балки від заданого лінійного навантаження q :

$$M_{(x)} = \frac{1}{2}qx(l-x), \quad (5)$$

де l – проліт балки.

Після підстановки у диференційне рівняння (4) виразів для $I_{(x)}$ і $M_{(x)}$ з формул (3) та (5) отримуємо:

$$y'' = \frac{6q}{Ebk^3} \frac{x(l-x)}{(h+x)^3} = \frac{6q}{Ebk^3} \frac{(z-h)(l-z+h)}{z^3}. \quad (6)$$

Послідовно інтегруючи його, одержимо функції кута повороту і прогину:

$$y' = \varphi = \frac{6q}{Ebk^3} \left[-\ln z - \frac{l+2h}{z} + \frac{h(l+h)}{2z^2} + c \right]; \quad (7)$$

$$y = \frac{6q}{Ebk^3} \left[-(z+l+2h) \ln z + z(c+1) - \frac{h(l+h)}{2z} + d \right]. \quad (8)$$

Постійні інтегрування c і d знайдемо, виходячи з того, що прогини на лівій і правій опорах дорівнюють нулю:

- 1) за $x=0$ (або $z=h$) $y=0$;
- 2) за $x=l$ (або $z=h+l$) $y=0$.

У результаті отримуємо систему рівнянь:

$$-(h+l+2h)\ln h + h(c+1) - \frac{(l+h)}{2} + d = 0; \quad (9)$$

$$-(h+l+2h)\ln(h+l) + (h+l)(c+1) - \frac{h}{2} + d = 0. \quad (10)$$

Звідки

$$c = (2 + \frac{3h}{l})\ln(h+l) - (1 + \frac{3h}{l})\ln h - \frac{3}{2}; \quad (11)$$

$$d = (4h+l + \frac{3h^2}{l})\ln h - (2h + \frac{3h^2}{l})\ln(h+l) + \frac{l}{2} + h. \quad (12)$$

Після підстановки знайдених постійних інтегрування c та d у формули (7) і (8) будемо мати за $z=h+x$:

$$y = \frac{6qh^3}{EbH^3} \left[(x+l+3h)\ln \frac{h}{h+x} + (2x + \frac{3h(h+x)}{l} - \frac{3h^2}{l})\ln \frac{h+l}{h} + \frac{h}{2} - \frac{x}{2} + \frac{l}{2} - \frac{h(l+h)}{2(h+x)} \right]; \quad (13)$$

$$y' = \varphi = \frac{6qh^3}{EbH^3} \left[\ln \frac{h}{h+x} + (2 + \frac{3h}{l})\ln \frac{h+l}{h} - \frac{10hx + hl + 2xl + 3x^2 + 6h^2}{2(h+x)^2} \right]. \quad (14)$$

Щоб підтвердити правильність отриманої формули для прогинів, доцільно розглянути частковий випадок, коли ухил балки $\kappa=0$ і $h \rightarrow \infty$. Для цього треба знайти $\lim_{h \rightarrow \infty} y$. Аналізуючи формулу (13), можна дійти висновку, що існує потреба розкривати невизначеність, наприклад, за допомогою правила Лопітала [7]. Така задача пов'язана з певними математичними труднощами, тож її доцільно вирішувати за допомогою комп'ютерного середовища MathCAD. В результаті було отримано, що:

$$\lim_{h \rightarrow \infty} y = -\frac{1}{2}qx \frac{(-2x^2l + x^3 + l^3)}{EbH^3}. \quad (15)$$

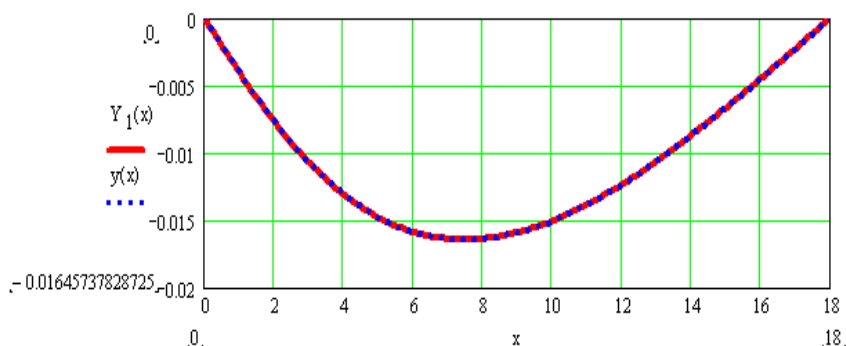


Рис. 2. Графік прогинів балки

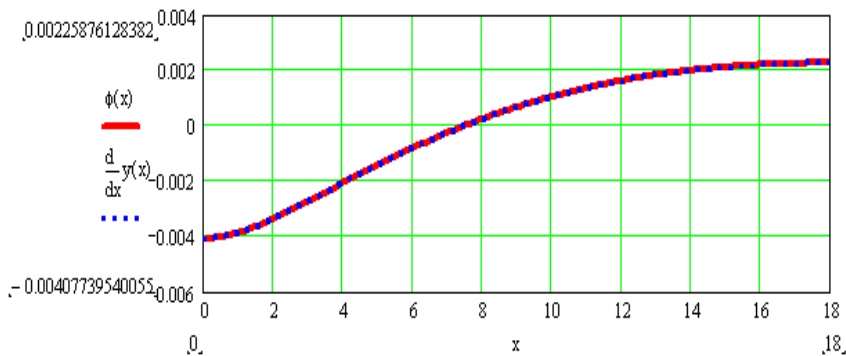


Рис. 3. Графік кутів повороту балки

Цей вираз збігається з відомою формулою [8]. Таким чином, формула для прогину (13) отримала певне підтвердження.

Задача знаходження прогинів і кутів повороту балки була розв'язана за таких контрольних вихідних даних: $l = 18$ м; $H = 0,9$ м; $k = 1/12$; $q = 30$ кН/м; $E = 30000$ МПа; $b = 0,3$ Н.

За допомогою комп'ютерного середовища MathCAD було безпосередньо отримане графічне рішення диференційного рівняння зігнутої осі (6), яке було позначене $Y_1(x)$, а також побудовані графіки функцій, згідно з формулами (13) і (14). Вони наведені на рис. 2 і 3.

На рис. 2 графіки $y(x)$ і $Y_1(x)$ співпали, що є ще одним підтвердженням правильності виконаних математичних перетворень. Таке підтвердження є дуже важливим з погляду адекватності запропонованого результату.

Із графіків видно, що максимальний прогин і нульовий кут повороту мають одну абсцису $x = 7,5$ м $< l/2 = 9$ м. Тобто балка має максимальний прогин не посередині прольоту, а ближче до лівої опори, де її висота менша.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення / Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. Київ, 2011. 71 с.
2. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування / Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. Київ, 2011. 118 с.
3. ДСТУ Б В.1.2-3 2006. Прогини і переміщення. Вимоги проектування / Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. Київ, 2006. 10 с.
4. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування / Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. Київ, 2006. 78 с.
5. Вахненко П.Ф. Залізобетонні конструкції. Київ : Урожай, 1995. 368 с.
6. Мандриков А.П. Примеры расчета железобетонных конструкций : учебное пособие для техникумов. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Стройиздат, 1989. 506 с.
7. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления для втузов. Москва : Физматгиз, 1963. 856 с.
8. Соппротивление материалов : учебник для вузов / под ред. А.Ф. Смирнова. Изд. 3-е, перераб. и доп. Москва : Высшая школа, 1975. 480 с.

REFERENCES:

1. DBN V.2.6-98:2009 (2011) Betonni ta zalizobetonni konstruktsiyi. Osnovni polozhennya / Ministerstvo rehional'noho rozvytku ta budivnytstva Ukrayiny. Kyiv. 71 s. [in Ukrainian]
 2. DSTU B V.2.6-156:2010 (2011) Betonni ta zalizobetonni konstruktsiyi z vazhkohto betonu. Pravyta proektuvannya / Ministerstvo rehional'noho rozvytku ta budivnytstva Ukrayiny. Kyiv. 118 s. [in Ukrainian]
 3. DSTU B V.1.2-3 2006 (2006) Prohyny ta peremishchennya. Vymohy proektuvannya / Ministerstvo rehional'noho rozvytku ta budivnytstva Ukrayiny. Kyiv. 10 s. [in Ukrainian]
 4. DBN V.1.2-2:2006 (2006) Navantazhennya ta vplyvy. Normy proektuvannya / Ministerstvo rehional'noho rozvytku ta budivnytstva Ukrayiny. Kyiv. 78 s. [in Ukrainian]
 5. Vakhnenko, P.F. (1995) Zalizobetonni konstruktsiyi. Kyiv : Urozhay. 368 s. [in Ukrainian]
 6. Mandrykov, A.P. (1989) Prymery rascheta zhelezobetonnykh konstruktsyy : uchebnoe posobye dlya tekhnikumov. 2-e yzd., pererab. y dop. M. : Stroyizdat. 506 s. [in Russian]
 7. Pyskunov, N.S. (1963) Dyfferentsyal'noe y yntehral'noe yschyslenyya dlya vtuzov. M. : Fizmatyuz. 856 s. [in Russian]
 8. Soprotyvlenye materyalov : uchebnyk dlya vuzov (1975) / pod red. A.F. Smyrnova. Yzd. 3-e, pererab. y dop. M. : Vysshaya shkola. 480 s. [in Russian]
-

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Балук О.О.....	38	Мироненко І.М.	58
Володько О.В.....	32	Петраченко Д.О.	16
Волошин М.М.	49	Резвих Н.І.....	24
Голуб Л.С.	3	Рогова Н.В.....	32
Горач О.О.	10	Сова Н.А.	16
Земелько М.Л.....	3	Худайбердієва К.А.....	16
Коропченко С.П.....	16	Шинкарук М.В.	38
Кузьмич Л.В.....	49	Янін О.Є.....	63
Литвиненко В.В.....	58		

ЗМІСТ

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ.....	3
Голуб Л.С., Земелько М.І. Розробка емульгаторів для кондитерської промисловості.....	3
Gorach O.O. Analysis of consumer properties of microgreen and benefits of use in nutrition	10
Петраченко Д.О., Коропченко С.П., Сова Н.А., Худайбердієва К.А. Технологічна схема багатоцільової переробки насіння промислових конопель	16
Резвих Н.І. Аналіз органолептичних показників якості хліба пшеничного з підвищеною харчовою цінністю	24
Rogova N.V., Volod'ko O.V. Study of the parameters of the fermentation process of natural juices	32
Шинкарук М.В., Балук О.О. Перспективні стартові культури для крафтових ковбасних виробів	38
ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО, ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ	49
Волошин М.М., Кузьмич Л.В. Енергоефективна водоподача насосних станцій Каховської зрошувальної системи.....	49
Мироненко І.М., Литвиненко В.В. Берегозахисна споруда.....	58
Янін О.С. Вдосконалення методики розрахунку прогину односхилої балки за змінної жорсткості за довжиною.....	63

CONTENTS

FOOD TECHNOLOGY	3
Holub L.S., Zemelko M.L. Development of emulsifiers for the confectionery industry	3
Gorach O.O. Analysis of consumer properties of microgreen and benefits of use in nutrition	10
Petrachenko D.O., Koropchenko S.P., Sova N.A., Khudaiberdiieva K.A. Technological scheme of multi-purpose processing of industrial hemp seeds	16
Rezvykh N.I. Analysis of organoleptic quality indicators of wheat bread with high nutritional value	24
Rogova N.V., Volod'ko O.V. Study of the parameters of the fermentation process of natural juices	32
Shinkaruk M.V., Baluk O.O. Promising starting cultures for craft sausages.....	38
HYDRAULIC CONSTRUCTION, WATER ENGINEERING AND WATER TECHNOLOGIES	49
Voloshin M.M., Kuzmych A.A. Energy efficient water supply of pumping stations of Kakhovka irrigation system.....	49
Mironenko I.M., Litvinenko V.V. Coastal protection structure.....	58
Yanin O.E. Improvement of the technique for calculating the deflection of a single-inclined beam with variable rigidity along length	63

Таврійський науковий вісник

Випуск 5

Технічні науки

Підписано до друку 07.12.2021 р.

Формат 70×100/16. Папір офсетний.
Умовн. друк. арк. 5,85.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
73021, м. Херсон, вул. Паровозна, 46-а
Телефони: +38 (0552) 39-95-80, +38 (095) 934-48-28, +38 (097) 723-06-08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 6424 від 04.10.2018 р.