

УДК 663.031.7: 639.64

ВПЛИВ ПЛАЗМОХІМІЧНО АКТИВОВАНОЇ ВОДИ НА ФУНКЦІОНАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПІРУЛІНИ ЯК КОРМОВОГО ЧИННИКА

Гончарова О.В., к.с.-г.н.,

Миколенко С.Ю., к.т.н.

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

Тел. (098)96-42-684, (095)77-35-488

Анотація – стаття присвячена експериментальним дослідженням щодо вивчення ефективності використання спіруліни і плазмохімічно активованої води у якості харчових чинників вирощування гідробіонтів. Встановлено, що використання плазмохімічно активованої води при культивуванні спіруліни як кормового чинника в аквакультурі сприяє стимуляції та поліпшенню функціонального стану гідробіонтів.

Ключові слова – плазмохімічно активована вода, аквакультура, гідробіонти, спіруліна, кормовий чинник, функціональний стан, якість продукції.

Постановка проблеми. Сьогодні в умовах техногенного навантаження у більшості регіонів постає питання, яке вимагає нагального вирішення – забезпечення якості та екологічної безпеки продукції для населення. При забезпеченні організму високобілковими продуктами з відповідним вмістом усіх поживних речовин важливими є технологічні чинники виробництва вже готового продукту або біологічної продукції [1]. В Україні показник споживання рибної продукції не відповідає встановленим діючим нормам, які становлять 21 кг за рік. Тому актуальними є розробка та пошук оптимальних технологій забезпечення населення високобілковою харчовою сировиною і продукцією. Якщо розглянути технологічні аспекти в індустріальній аквакультурі при вирощуванні риби і виробництві вже готової продукції, то можна відмітити найважливіші чинники, що впливають на формування якісних і кількісних характеристик [2]. Природним середовищем для існування гідробіонтів є вода, тому, в першу чергу, необхідно приділяти увагу її гідрохімічним характеристикам, які можна регулювати фізичними, хімічними або фізико-хімічними методами. Обробка води контактною нерівноважною низькотемпературною плазмою дозволяє змінювати властивості води у напрямку підвищення проникаючої здатності за рахунок наявності дрібнокластерної структури [3]. Активну кислотність води також можливо змінювати внаслідок обробки плазмою, при цьому при обробці магістральної води рН переходить у лужну область, а для дистильованої – у кислу. Додатковим позитивним фактором застосування плазмохімічно

активованої води виступає поява активного кисню у вигляді пероксидних і надперекисних сполук водню [4]. Це дозволяє забезпечити прояв антисептичних властивостей такого водного середовища.

Аналіз останніх досліджень. У технологіях виробництва харчової і кормової продукції нетрадиційним методам обробки сировини на сьогодні приділяється значна увага. Відомі позитивні результати використання плазмохімічно активованої води для замочування зерна у технології хліба із диспергованої зернової маси, що дозволяє скоротити тривалість виробничого процесу на 4–8 годин [5]. Вода, піддана дії КНП, дозволяє корегувати хлібопекарські властивості пшеничного борошна зі зниженою ферментативною активністю, зокрема, виробленого із суховійного зерна та слабкого борошна за рахунок впливу на білкові структури тіста [6, 7]. Автори відмічають, що такий технологічний підхід робить можливим одержання якісного продукту з високими споживчими якість та підвищеною мікробіологічною стійкістю без використання штучних поліпшувачів. У роботі [5] встановлено позитивний вплив плазмохімічно активованої води на хлібопекарські дріжджі, фізіологічна активність яких зростає за умови культивування на живильному середовищі з попередньо обробленою водою. Використання плазмохімічно активованої води позитивно позначається на культивуванні фітопланктону *Riccia fluitans* і *Lemna minor L.*, що було виявлено під час біотестування [3].

Як свідчать дослідження авторів, не лише гідрохімічний режим водойм, але й кормовий чинник сприяє формуванню морфо-метричних показників гідробіонтів. В аквакультурі є чимало експериментальних робіт щодо аналізу та вивченню впливу біологічно активних добавок різної природи, природних кормів, фітопланктону при підгодівлі риб, на їх організм, швидкість розвитку, меристичні та пластичні параметри, тощо [2].

Слід звернути увагу на перспективну кормову і харчову добавку фітопланктон – спіруліну. Відомо, що спіруліна (*Spirulina Platensis*) є перспективною кормовою і харчовою сировиною, що багата на білок, має збалансований амінокислотний склад, містить вітаміни та мінеральні речовини (табл.1) [8]. У літературі є результати використання різних способів обробки спіруліни для досягнення максимального ефекту при використанні її у якості поживної добавки [9].

Проте в Україні вирощування спіруліни має обмежений характер через недосконалість технологічних підходів, знижену ефективність отримання водоростей через кліматичні умови. Окрему роль відіграє і відсутність розповсюдження практики використання спіруліни як компоненту кормів у аквакультурі. Відомості щодо використання плазмохімічно активованої води в аквакультурі, зокрема, при культивуванні спіруліни, яку після обробки можна використовувати при виробництві кормів для риб, відсутня. Після споживання такого продукту (корму) впродовж вегетаційного періоду формуються і якісні характеристики біологічної продукції, а, саме, м'яса риби, яка надходить до кінцевого споживача.

Таблиця 1 – Фізичні властивості та склад поживних речовин мікрowodорості спіруліни у висушеному вигляді [8]

Показник	Вміст, %
Зовнішній вигляд та консистенція	Дрібнодисперсний розсипний порошок
Смак, запах	Прісний або ледве солоний з характерним для водоростей запахом
Колір	Зелений або синьо-зелений
Вологість, %	10,0
Суша речовина (СР), %	90,0
Поживні речовини (у % до СР):	
сирий протеїн	62,0
вуглеводи	14,7
жири	4,0
клітковина	3,0
зола	6,3

Враховуючи аналітичні показники Департаменту рибного господарства і аквакультури ФАО (FAO), одним з перспективних об'єктів вирощування в індустріальній аквакультурі є тилапія. У Європі ця риба користується високим попитом у населення.

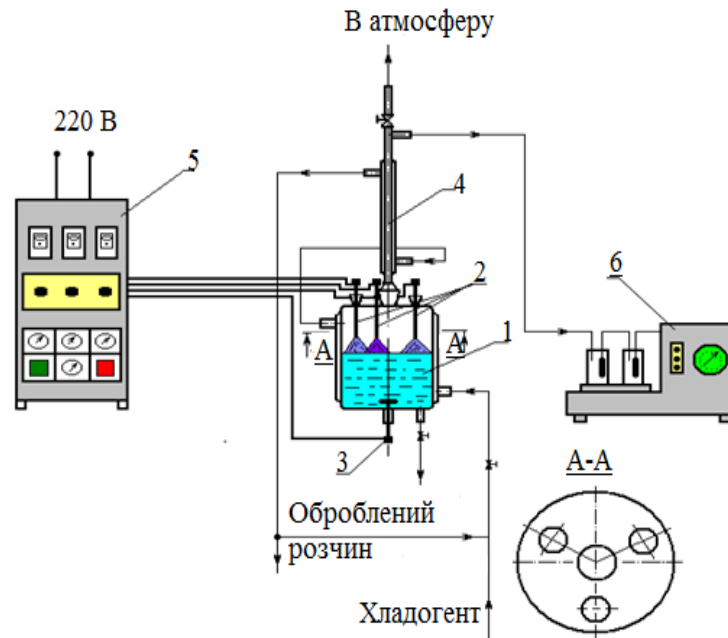
Формулювання цілей статті (постановка завдання). Для вирішення вказаної проблематики метою роботи стало вивчення ефективності використання спіруліни і плазмохімічно активованої води у якості харчових чинників вирощування тилапії.

Основна частина. При організації експериментальної частини та виборі об'єкту аквакультури (тилапія) для досліджень було враховано, що майже усі її види можуть розвиватися у прісній, солонуватій і навіть морській воді. Витривала ця риба і до заниженого вмісту кисню у воді, також вона витримує кислотність середовища до 4,5 рН. М'ясо тилапії має високий вміст білку і низький – жирів, тому вона є цікавим об'єктом для забезпечення населення незамінними амінокислотами, необхідними для нормального фізіологічного розвитку. Оскільки тилапія споживає фітопланктон, то задачею експериментального дослідження було поставлено вивчення впливу чинника годівлі (спіруліни) на швидкість росту тилапії.

Біомаса спіруліни після надходження до організму чинить біопротекторну і біостимулюючу дію. Це обумовлено хімічним складом водорості (табл. 1). Відомо, що синьо-зелені водорості, до яких відноситься і спіруліна, за структурою мають стінку, утворену мукополісахаридами. Це сприяє полегшенню процесів перетравлення спіруліни за участі ферментних комплексів людини у порівнянні, наприклад, з одноклітинними водоростями (хлорели), що містить целюлозу у складі стінки.

Культуру *Spirulina Platensis* культивували для контрольної групи на дистильованій воді, для дослідної групи використовували воду, піддану дії

контактної нерівноважної плазми. Плазмохімічно активована вода мала рН 9,8, концентрація пероксидних сполук складала 500 мг/л. Воду обробляли в умовах ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет» на лабораторній установці дискретного типу (рис. 1).



1 – реактор; 2 – аноди; 3 – катод; 4 – зворотній холодильник; 5 – електричний блок живлення; 6 – вакуумний пост

Рис. 1. Схема лабораторної тридугової плазмохімічної установки.

Дослідження проводили камерально. Розвиток спіруліни контролювали візуально, із застосуванням світлової мікроскопії, окремо оцінювали рівень пігментації фітопланктону. Функціональні властивості культивованої спіруліни визначали шляхом її використання у якості корму для тилляпії. Уведення спіруліни у раціон тилляпії здійснювали двічі на добу у кількості 1,25 г сирової культури на 1 кг маси тіла риби. Рибу утримували в експериментальному акваріумі. На початку експерименту в кожному акваріумі було по 30 екземплярів риби. Розраховували середньодобовий приріст, контролювали вихід риби.

Результати аналізу розвитку спіруліни, зокрема, зміни її пігментації, представлені на рис.2. Як видно з представлених даних, у дослідній групі процеси фотосинтезу відбувалися більш активно, ніж у контрольній.

Окрім цього, активізувалися процесу накопичення біомаси гідробіонтів. Очевидно, такі результати вказують на позитивний вплив плазмохімічно активованої води на метаболічні процеси та розвиток спіруліни. Це надало підстави продовжити експеримент і почати вводити до раціону тилляпії цей фітопланктон, оскільки саме кормовий чинник найбільше впливає на якісні характеристики м'яса риби як кінцевої біологічної продукції.

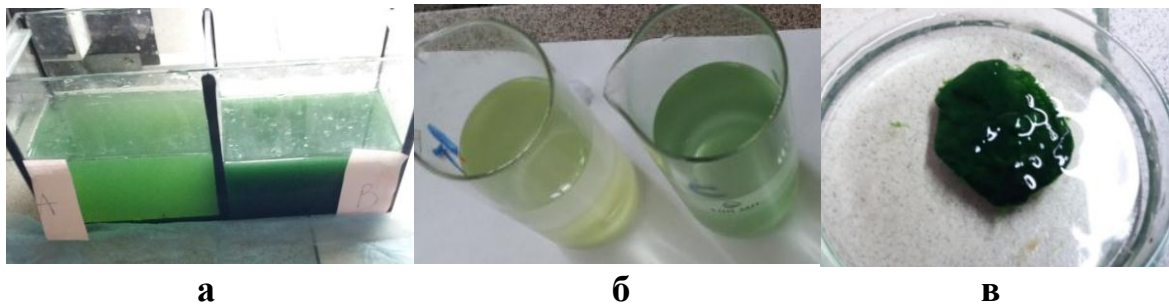


Рис. 2. Зміни розвитку *Spirulina Platensis* при використанні плазмохімічно активованої води: а – культивування культури А(контрольна група), В (дослідна); б – аналіз пігментації у контрольній групі та дослідній, візуальна оцінка; в – підготовчий період фільтрації перед висушуванням культури та введення до раціону гідробіонтів.

До того моменту, як риба у вигляді готового продукту надходить до споживача, важливим є технологічний процес її вирощування. Після додавання до основного раціону тиліяпії спіруліни, культивованої за визначених умов (з використанням плазмохімічно активованої води та за стандартною схемою), тиліяпія досягла 60 добового віку. Використання спіруліни у якості корму позначалось на поліпшенні метаболічних процесів і рівні засвоєння поживних речовин організмом риб. Такі позитивні зміни відобразилися на показниках швидкості росту гідробіонтів. На початку експерименту було здійснено формування груп дослідження, середня маса тіла вірогідно не відрізнялася між групами (рис.3) і становила $12,10 \pm 0,01$ г.

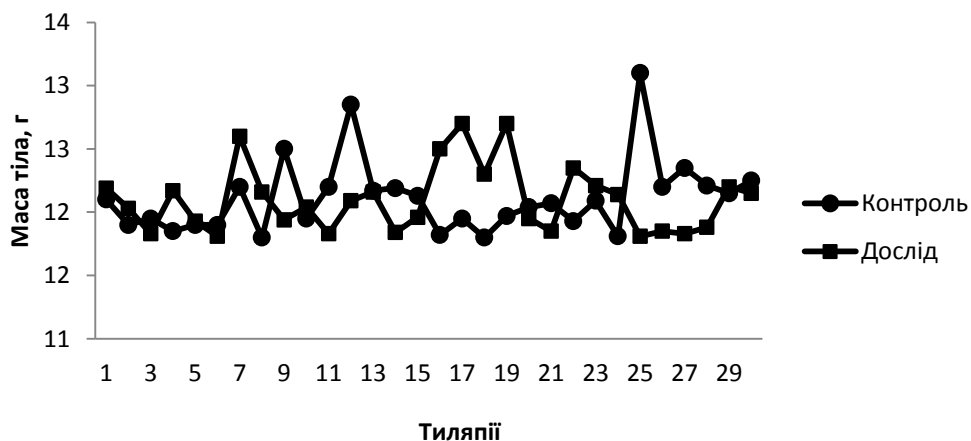


Рис. 3. Розподіл за масою тіла тиліяпії на початку експерименту (n=30).

Додавання до раціону тиліяпії спіруліни, культивованої у воді, підданій дії контактної нерівноважної плазми, сприяло активації метаболічних процесів у організмі гідробіонтів, що позитивно позначилося на показниках маси тіла (рис.3). Так, у дослідній групі середня маса тіла тиліяпії складала 80,7 г, у той час як у контрольній – 72,1 г. Індивідуальний розподіл маси тіла

і середні значення цього показника в кожній групі експерименту відображені на рис. 3, 4.

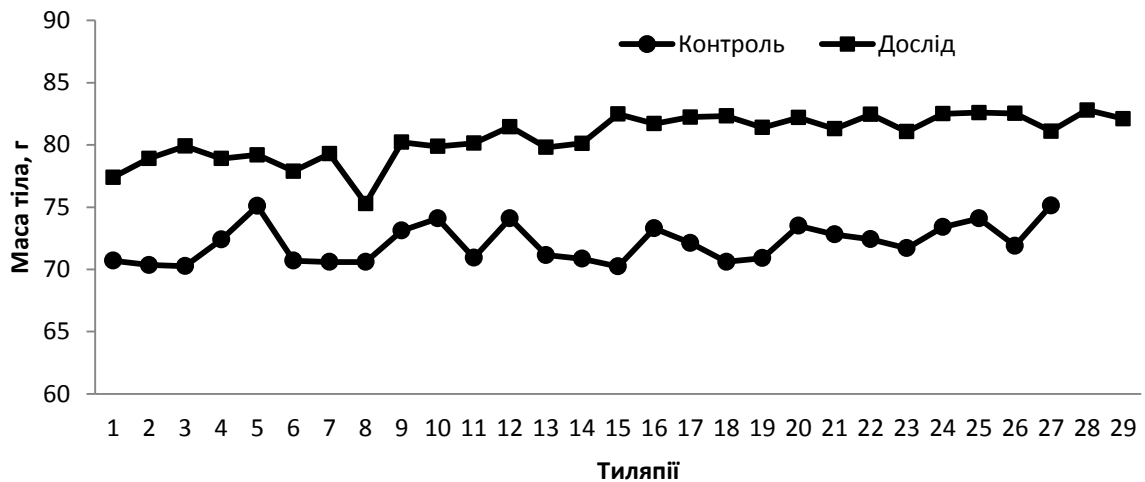


Рис. 4. Вивчення впливу кормового чинника та використання ПАводи при культивуванні спіруліни на швидкість розвитку тилапії.

При аналізі показника використання корму гідробіонтами у кожній групі було встановлено, що риба, яка щоденно вживала спіруліну, культивовану на плазмохімічно активованій воді, мала вищий рівень засвоєння корму: показник швидкості росту і витрат корму на кг приросту на 12,5% відрізнявся від значень для контрольної групи. У групі, де впродовж 60 діб додавали спіруліну (*Spirulina Platensis*), культивовану на додатково обробленій воді, середня маса тіла перевищувала контрольні значення на 11,9%. (рис.5).

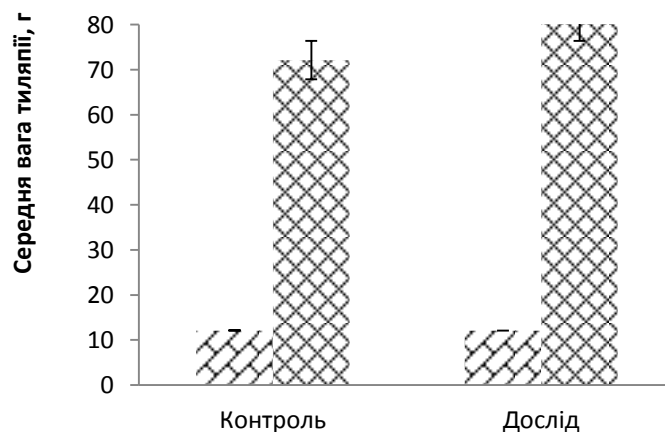


Рис. 5. Аналіз перерозподілу середньої маси тіла на початку та в кінці експерименту споживання гідробіонтами спіруліни (*Spirulina Platensis*), культивованої на плазмохімічно активованій воді, $n_{к1}=30$, $n_{к2}=27$; $n_{д1}=30$, $n_{д2}=29$.

Вихід у контрольній групі складав 90%, у той час, як у контрольній групі, де гідробіонти додатково споживали оброблену спіруліну, становив 97 %.

Отже, якщо при вирощуванні тиліпії до основного загальногосподарського раціону вводити спіруліну, культивовану у воді, попередньо підданій дії контактної нерівноважної плазми, якісні та кількісні показники готової біологічної продукції значно покращуються. Це у цілому здатне сприяти збільшенню обсягів харчової продукції, багатої на білок, оскільки якість і складові раціону риб при вирощуванні корегують їх швидкість росту та формують хімічний склад м'яса готової продукції, що надходить до споживача.

Висновки. Для отримання харчової продукції високої якості і забезпечення населення продовольством у достатній кількості відповідно до фізіологічних вимог необхідно контролювати технологічні процеси впродовж усього виробничого циклу.

Експериментальним шляхом було встановлено, що використання додатково підготовленої води шляхом плазмохімічної активації при культивуванні спіруліни сприяє активації метаболічних процесів, фотосинтезу, що позначається на рівні пігментації гідробіонтів. Використання спіруліни, культивованої на плазмохімічно активованій воді, при вирощуванні тиліпії сприяє активації розвитку цієї риби, підвищенню середньої маси тіла на 11,9% і збільшенню виходу кінцевої продукції на 7%. Обґрунтованим і практичним у подальшому буде вивчення хімічного складу спіруліни та м'яса тиліпії, виявлення змін біохімічного аналізу крові риби за умови використання для культивування спіруліни води, підданої дії контактної нерівноважної плазми.

Література:

1. Гончарова, О.В. Гармонізація та біотехнологічне оновлення методів детермінації якості біологічної продукції [Текст] / О.В. Гончарова, Пугач А.М. // Молодий вчений. – №9 (36). – 2016. – С. 111-114
2. Гончарова, О.В. Досвід використання інноваційних біотехнологій на прикладі моделі в аквакультурі / О.В. Гончарова, А.М. Пугач, Г.А. Белокуров // Матеріали XXXIV Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Ключові аспекти наукової діяльності», 1 - 15 березня 2017 року. – С. 32-34.
3. Pivovarov, A. Biotesting of plasma-chemically activated water with the use of hydrobionts / A. Pivovarov, S. Mykolenko, O. Honcharova // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Т. 4. – №. 10 (88). – С. 44-50.
4. Пивоваров, А.А. Неравновесная плазма: процессы активации воды и водных растворов / А.А. Пивоваров, А.П. Тищенко – Днепропетровск, 2006. – 225 с.
5. Mykolenko, S. Investigation of the effect of water exposed to nonequilibrium contact plasma onto saccharomyces cerevisiae yeast //

S. Mykolenko, D. Stepanskiy, A. Tishchenko, O. Pivovarov // Ukrainian food journal. – 2014. – №. 3, Issue 2. – С. 218-228.

6. *Миколенко, С.Ю.* Вплив плазмохімічно активованої води на фізіологічну повноцінність зерна пшениці для виробництва цільнозернових продуктів / С.Ю. Миколенко, О.А. Півоваров, Ю.О. Чурсінов, В.Ю. Соколов // Вісник ДДАЕУ. – 2016. – №1. – С. 57-63.

7. *Мыколенко, С.Ю.* Исследование влияния плазмохимически активированной воды на функционально-технологические свойства муки разных видов // Наукові праці ОНАХТ. – 2014. – Т. 1. – №. 46. – С. 157-161.

8. *Петряков, В.В.* Изучение физических свойств и состава питательных веществ микроводоросли *Spirulina platensis*, выращенной в лабораторных условиях / В.В. Петряков // Научный альманах. – 2015. – №. 2. – С. 149-152.

9. *Голодний, І.М.* Руйнування клітин водорості спіруліни за допомогою електрогідроефекту / І.М. Голодний // Енергетика і автоматика. – 2016. – № 2. – С. 57-63.

ВЛИЯНИЕ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПИРУЛИНЫ КАК КОРМОВОГО ФАКТОРА

Гончарова Е.В., Мыколенко С.Ю.

Аннотация - статья посвящена экспериментальным исследованиям по изучению эффективности использования спирулины и плазмохимически активированной воды в качестве пищевых факторов выращивания гидробионтов. Установлено, что использование плазмохимически активированной воды при культивировании спирулины как кормового фактора в аквакультуре способствует стимуляции и улучшению функционального состояния гидробионтов.

INFLUENCE OF PLASMA-CHEMICALLY ACTIVATED WATER ON THE FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF SPIRULINA AS A FODDER FACTOR

O. Honcharova, S. Mykolenko

Summary

The study is devoted to experimental research of the effectiveness of the use of spirulina and plasma-chemically activated water as fodder factors for hydrobionts cultivation. It has been revealed that the use of plasma-chemically activated water for spirulina cultivating as a fodder factor in aquaculture contributes to stimulation and improvement of the functional state of hydrobionts.