

УДК 606:637.146

ХОМЕНКО А.Д., аспірантка
МЕРЗЛОВ С.В., д-р с.-г. наук

Білоцерківський національний аграрний університет

ВИКОРИСТАННЯ КИСЛОМОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ ПІД ЧАС КУЛЬТИВУВАННЯ *SPIRULINA PLATENSIS*

Встановлено вплив різних концентрацій сироватки молока корів у складі поживного середовища на життєдіяльність культури та здатність клітин *Spirulina platensis* використовувати сироватку як джерело Нітрогену, амінокислот та інших есенціальних факторів живлення. За додавання до складу поживного середовища кисломолочної сироватки у кількості 1,0; 2,0; 3,0 та 4,0 % від об'єму *Spirulina platensis* зберігає свою здатність до нарощування біомаси. Однак за рахунок адаптаційних процесів ріст та розвиток культури сповільнюється. Експериментально доведено, що додавання до поживного середовища 8,0 % кисломолочної сироватки призводить до припинення нарощування біомаси спіруліни та загибелі клітин культури. Найбільш оптимальна концентрація кисломолочної сироватки у складі стандартного поживного середовища Заррука – 3,0 % від об'єму (1,5 літра).

Ключові слова: сироватка молока корів, *Spirulina platensis*, поживне середовище, біомаса культури, Нітроген, амінокислоти.

Постановка проблеми. У зв'язку зі збільшенням об'ємів виробництва сиру кисломолочного, сиру твердого сичужного, казеїну кількість молочної сироватки також збільшується і фахівці молочної галузі ведуть інтенсивний пошук нових шляхів її переробки і використання [1]. Питання утилізації сироватки молока корів залишається також актуальним і з погляду раціонального використання ресурсів [2]. Ця проблема існує і на молокопереробних заводах м. Білої Церкви Київської області. Зважаючи на це, дослідження, скеровані на утилізацію сироватки шляхом застосування біотехнології вирощування *Spirulina platensis*, є перспективними, які мають науково-практичне та господарське значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На молокопереробних підприємствах застосовують низку технологій щодо раціонального використання сироватки молока корів [3]. Однак, незважаючи на високу біологічну цінність молочної сироватки та на значну кількість розробок у цьому напрямі, рівень промислової її переробки залишається незначним і великі об'єми цього продукту утилізуються [2, 4, 5].

Молочна сироватка має значну кількість білків – 0,5–1,5 %, які може використовувати *Spirulina platensis* як для побудови клітинних органолідів, мембран, так і для інших життєво необхідних процесів [1, 3, 4, 6].

Spirulina platensis – один із найбільш вивчених видів синьо-зелених мікроводоростей, яку широко культивують у промислових масштабах. Вона є джерелом білка, вітамінів, незамінних амінокислот, мінеральних речовин, незамінних жирних кислот, тому її використовують у годівлі сільськогосподарських тварин та птиці [1]. За певних умов вона може компенсувати частину дефіциту традиційних кормових засобів [7]. Відомо, що важливим компонентом поживного середовища для культивування мікроводоростей, що визначає інтенсивність біосинтезу білків і фотосинтетичних пігментів, є Нітроген [8]. *Spirulina platensis* здатна використовувати Нітроген у різних формах та з різних джерел, у тому числі і з рідких органічних відходів тваринництва та промисловості. За їх використання у певній концентрації одержано позитивні результати нарощування біомаси [7, 8].

Метою роботи було дослідження інтенсивності росту культури *Spirulina platensis* за використання у складі стандартного поживного середовища Заррука різних доз кисломолочної сироватки як джерела Нітрогену та інших есенціальних факторів живлення.

Матеріал і методика дослідження. Для досліджень використовували чисту культуру ціанобактерії *Spirulina platensis* та сироватку, яку одержують на молокопереробному підприємстві ПАТ ЖЛК «Україна» м. Біла Церква Київської області у процесі виробництва нежирного кисломолочного сиру. Кисломолочна сироватка мала такі середні показники: титровану кислотність 61,5 °Т, рН – 4,06, масову частку жиру – 0,05 %, масову частку білка – 0,67 % та вміст сухої речовини 5,58 %.

Культивування *Spirulina platensis* проводили у фітореакторах, ємністю 50 л кожний, за використання стандартного поживного середовища Заррука. Культуру мікроводорості

цілодобово забезпечували світлом. Для перемішування поживного середовища із клітинами *Spirulina platensis* використовували компресори з барбітажними наконечниками. Температуру поживного середовища впродовж усього періоду витримували на рівні 24– 25 °С.

Було проведено два етапи досліджень з культивування *Spirulina platensis*. Кожен етап дослідження становив 30 діб. Під час проведення першого етапу з метою дослідження інтенсивності культивування *Spirulina platensis* за різних доз кисломолочної сироватки використовували чотири дослідних поживних середовища, до складу яких додавали сироватку та контрольне (без сироватки) (табл. 1).

Таблиця 1 – Схема першого етапу дослідження

Поживне середовище	Кількість доданої кисломолочної сироватки, л	Кількість доданої кисломолочної сироватки, % від об'єму
Контрольне	–	–
I дослідне	1,0	2,0
II дослідне	2,0	4,0
III дослідне	3,0	6,0
IV дослідне	4,0	8,0

Через кожні 7–8 днів до складу дослідних поживних середовищ додавали також свіже середовище з відповідними пропорціями кисломолочної сироватки.

На другому етапі визначали найбільш оптимальні концентрації кисломолочної сироватки у складі стандартного поживного середовища Заррука під час культивування *Spirulina platensis* (табл. 2).

Таблиця 2 – Схема другого етапу дослідження

Поживне середовище	Кількість доданої кисломолочної сироватки, л	Кількість доданої кисломолочної сироватки, % від об'єму
Контрольне	–	–
I дослідне	0,5	1,0
II дослідне	1,0	2,0
III дослідне	1,5	3,0
IV дослідне	2,0	4,0

На відміну від першого на другому етапі дослідження повторне внесення сироватки через 7–8 днів не здійснювали.

У всіх поживних середовищах через день визначали оптичну густину за допомогою фотоелектроколориметра ФЕК 56 М, рН – за допомогою рН метра И–160 МИ. По завершенні тридцятидобового періоду культивування від поживного середовища відділяли культуру *Spirulina platensis* і висушували у сушильній шафі за температури 105±2,0 °С.

Результати досліджень та їх обговорення. За результатами першого етапу досліджень встановлено, що у разі додавання кисломолочної сироватки до I, II та III дослідних поживних середовищ у перші дні дослідження, а також після повторного внесення через кожні 7–8 діб відповідної концентрації сироватки та свіжого поживного середовища, відбувалось певне пригнічення росту та розвитку *Spirulina platensis*. Це можна пояснити адаптацією культури до сироватки. За період дванадцятидобового вирощування культури *Spirulina platensis* у разі додавання кисломолочної сироватки у кількості 4,0 л до 50 л поживного середовища Заррука (IV дослідне поживне середовище) культура мікродорості гинула. Вже на п'яту добу досліджень колір цього середовища змінювався з синьо-зеленого на жовтий і з'являвся неприємний запах. На дванадцятую добу колір змінювався на бурий, що свідчило про загибель основної кількості клітин *Spirulina platensis*.

По завершенні тридцятидобового періоду культивування шляхом висушування було одержано суху масу *Spirulina platensis* (табл. 3).

Таблиця 3 – Кількість одержаної сухої біомаси *Spirulina platensis*

Поживне середовище	Кількість доданої кисломолочної сироватки, л/50 л пож. середовища	Одержано сухої біомаси <i>Spirulina platensis</i> , г	% до контролю
Контрольне	–	20,15±0,143	100
I дослідне	1,0	15,0±0,31**	74,44
II дослідне	2,0	11,97±0,215***	59,4
III дослідне	3,0	3,63±0,156***	18,04
IV дослідне	4,0	(Культура загинула)	–

Примітка: ** ($p \leq 0,01$); *** ($p \leq 0,001$).

З контрольного поживного середовища було одержано найбільше сухої біомаси *Spirulina platensis*. Дещо меншу кількість сухої маси спіруліни одержано з I дослідного поживного середовища, що на 5,15 г або на 25,6 % менше, ніж із контрольного. З III дослідного поживного середовища одержано найменше сухої біомаси спіруліни, що на 16,5 г або у 5,6 раза менше, ніж із контрольного.

Під час проведення другого етапу дослідження встановлено, що додавання кисломолочної сироватки до складу стандартного поживного середовища Заррука зумовлює збільшення їх оптичної густини порівняно з контролем до 7-ї доби. Починаючи з 7–8 доби у дослідних поживних середовищах оптична густина зменшувалась, що пов'язано з адаптацією культури мікроводорості до сироватки, цей період тривав до 13 доби. У контрольному поживному середовищі утворення клітин *Spirulina platensis* не припинялось. Однак на 9-у добу (у зв'язку зі старінням клітин) інтенсивність поділу клітин зменшилась, а самі клітини з'єднались у пласти. Після додавання свіжого поживного середовища відбувалась активація метаболічних процесів, підвищувалась інтенсивність поділу клітин. На відміну від першого етапу дослідження, свіже поживне середовище до-давали без сироватки, що не призводило до повторного пригнічення нарощування біомаси *Spirulina platensis*. З 13-ї доби у дослідних поживних середовищах інтенсифікувався процес нарощування біомаси мікроводорості, оптична густина збільшувалась, однак у III та IV дослідних поживних середовищах вона була меншою, ніж у I та II, що пов'язано з утворенням пластів біомаси мікроводорості і прикріпленням їх до стінок фітореакторів (рис. 1).

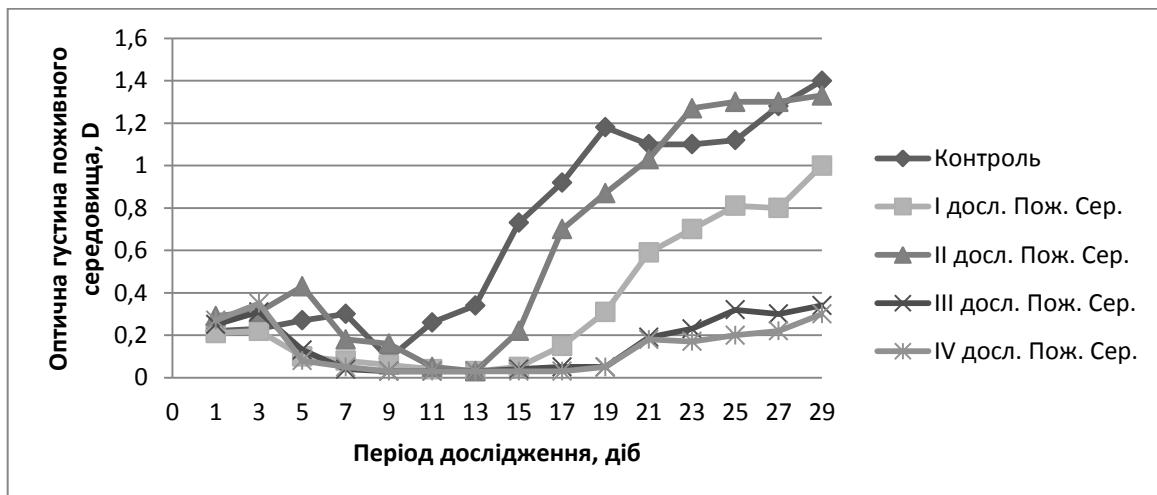


Рис. 1. Зміна оптичної густини поживних середовищ.

Додавання до складу стандартного поживного середовища Заррука кисломолочної сироватки суттєво не впливало на зміну рН середовища, однак цей показник змінювався у дослідних поживних середовищах у більш кислий бік порівняно з контролем. Упродовж усього періоду дослідження рН середовища знаходилось у межах норми – 8,5–10,5.

Отже, у результаті другого етапу дослідження було одержано більшу кількість сухої біомаси *Spirulina platensis*, ніж по завершенні першого етапу (табл. 4).

Таблиця 4 – Кількість одержаної сухої біомаси *Spirulina platensis* за період тридцятидобового культивування

Поживне середовище	Кількість доданої кисломолочної сироватки, л/50 л пож. середовища	Одержано сухої біомаси <i>Spirulina platensis</i> , г	% до контролю
Контрольне	–	21,1±0,12	100,00
I дослідне	0,5	21,74±0,151	102,98
II дослідне	1,0	25,88±0,212**	122,59
III дослідне	1,5	39,94±0,154***	189,19
IV дослідне	2,0	33,58±0,133***	159,07

Примітка: ** ($p \leq 0,01$); *** ($p \leq 0,001$).

Найбільше сухої біомаси спіруліни (39,94 г) було отримано з III дослідного середовища – на 89,2 % більше, ніж у контролі. Внесення 2,0 та 4,0 % сироватки молока до складу поживного середовища також супроводжувалось збільшенням одержаної сухої біомаси *Spirulina platensis* – на 22,6 та 59,1 %, відповідно, порівняно з контролем.

Висновки. Додавання до складу стандартного поживного середовища Заррука кисломолочної сироватки забезпечує *Spirulina platensis* есенціальними факторами живлення та позитивно впливає на нарощування біомаси.

Найбільш оптимальними дозами кисломолочної сироватки у складі стандартного поживного середовища Заррука є 1,0–3,0 % від об'єму. Це сприяє підвищенню інтенсивності нарощування біомаси на 89,2 %.

Додавання кисломолочної сироватки до складу стандартного поживного середовища Заррука впродовж 7–8 доби культивування призводить до зниження оптичної густини, що пов'язано з адаптацією *Spirulina platensis*.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гаврилов Б.Г. Функциональные ингредиенты и пищевые продукты из молочной сыворотки / Б.Г. Гаврилов, Г.Б. Гаврилов // Тезисы Междунар. симп. ММФ «Лактоза и ее производные». – М., 2007. – С. 39–44.
2. Семенова О.И. Молочная сыворотка, как ценный вторичный материальный ресурс / О.И. Семенова, М.М. Самсоненко, Д.А. Леонтьева // Перспективы развития науки в современном мире. – 2012. – № 13. – С. 30–35.
3. De Wit J.N. Lecturer's handbook on whey and whey products: 1st Edition – European whey products association 14 / J.N. de Wit. – Belgium, 2001. – P. 16–20.
4. Сидоров Ю.И. Розроблення технології одержання біологічно активної суміші амінокислот з молочної сироватки / Ю.И. Сидоров, С.А. Познанська, В.П. Новіков // Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2008. – С. 88–96.
5. Чернюшок О.А. Амінокислотний склад сироватки молочної обробленої електроіскровими розрядами / О.А. Чернюшок, О.В. Ардинський, О.В. Кочубей-Литвиненко [та ін.] // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. праць. – 2011. – Вип. 27. – С. 262–263.
6. Чернюшок О.А. Сироватка молочно – біологічно цінний продукт / О.А. Чернюшок, О.В. Кочубей-Литвиненко, В.П. Василів [та ін.] // Харчова наука і технологія. – 2011. – № 1 (14). – С. 40–41.
7. Amha B. *Spirulina (Arthrospira)*: potential application as an animal feed supplement / B. Amha, K. Toshimitsu, O. Yoshimichi // Journal of Applied Phycology. – 1996. – Vol. 8. – P. 303–308.
8. Fedekar F.M. Production and nutritive value of *Spirulina platensis* in reduced cost media / F.M. Fedekar, El-Wahab Abd, S.N. Hoda // The Egyptian Journal of Aquatic Research. – 2012. – Vol. 38, № 1. – P. 51–57.

REFERENCES

1. Gavrilo B.G. Funkcional'nye ingredienty i pishhevye produkty iz molochnoj syvorotki / B.G. Gavrilo, G.B. Gavrilo // Tezisy Mezhdunar. simp. MMF «Laktoza i ee proizvodnye». – M., 2007. – S. 39–44.
2. Semenova O.I. Molochna sirovatka, jak cinnij vtorninij material'nij resurs / O.I. Semenova, M.M. Samsonenko, D.A. Leont'eva // Perspektivy razvitija nauki v sovremennom mire. – 2012. – № 13. – S. 30–35.
3. De Wit J.N. Lecturer's handbook on whey and whey products: 1st Edition – European whey products association 14 / J.N. de Wit. – Belgium, 2001. – P. 16–20.
4. Sydorov Ju.I. Rozroblennja tehnologii' oderzhannja biologichno aktyvnoi' sumishi aminokyslot z molochnoi' syrovatki / Ju.I. Sydorov, S.A. Poznans'ka, V.P. Novikov // Himija, tehnologija rečovyn ta i'h zastosuvannja. – 2008. – S. 88–96.
5. Chernjushok O.A. Aminokyslotnyj sklad syrovatky molochnoi' obroblenoi' elektroiskrovymy rozrjadamy / O.A. Chernjushok, O.V. Ardyns'kyj, O.V. Kochubej-Lytvynenko [ta in.] // Obladnannja ta tehnologii' harchovyh vyrobnyctv: temat. zb. nauk. prac'. – 2011. – Vyp. 27. – S. 262–263.
6. Chernjushok O.A. Syrovatka molochna – biologichno cinnij produkt / O.A. Chernjushok, O.V. Kochubej-Lytvynenko, V.P. Vasyliv [ta in.] // Harchova nauka i tehnologija. – 2011. – № 1 (14). – S. 40–41
7. Amha B. *Spirulina (Arthrospira)*: potential application as an animal feed supplement / B. Amha, K. Toshimitsu, O. Yoshimichi // Journal of Applied Phycology. – 1996. – Vol. 8. – P. 303–308.
8. Fedekar F.M. Production and nutritive value of *Spirulina platensis* in reduced cost media / F.M. Fedekar, El-Wahab Abd, S.N. Hoda // The Egyptian Journal of Aquatic Research. – 2012. – Vol. 38, № 1. – P. 51–57.

Использование кисломолочной сыворотки при культивировании *Spirulina platensis*

А.Д. Хоменко, С.В. Мерзлов

Установлено влияние различных концентраций сыворотки молока коров в составе питательной среды на жизнедеятельность культуры и способность клеток *Spirulina platensis* использовать сыворотку как источник Нитрогена и других эссенциальных факторов питания. При прибавлении к составу питательной среды кисломолочной сыворотки в количестве 2,0; 4,0 и 6,0 % *Spirulina platensis* сохраняет свою способность к наращиванию биомассы. Однако, за счет адаптационных процессов рост и развитие культуры замедляются. Экспериментально доказано, что прибавление к составу питательной среды 8,0 % кисломолочной сыворотки приводит к прекращению наращивания биомассы спирулины и гибели клеток культуры. Наиболее оптимальная концентрация кисломолочной сыворотки в составе стандартной питательной среды Заррука – 3,0 % (1,5 литра).

Ключевые слова: сыворотка молока, *Spirulina platensis*, питательная среда, биомасса культуры, Нитроген, аминокислоты.

Надійшла 18.03.2014.