

ЖАРЧОВА

і переробна промисловість

Добрий результат ділового
співробітництва

Два роки тому Рівненська
кондфабрика уклала
договір про співпрацю
із ЗАТ "ЕКОТЕХНІКА"

З маркою
ВАТ "ТЕМП"

Черкаські
машинобудівники
нарошують
потужності

Цілющі
властивості
спіруліни

Науковці дослідили метод
зберігання йодованої біомаси

ВАТ "Завод "КИЇВПРОДМАШ" – харчовикам

Нові високоефективні
машини сходять
з конвеєра відомого
в країні підприємства

серпень – вересень/2000



ОБЛАСНЬ

НОВИЙ СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ЙОДОВАНОЇ БІОМАСИ

дає змогу збагатити харчовий раціон
йодовмісними продуктами

А.КОТИНСЬКИЙ,
аспірант
А.САЛЮК,
кандидат технічних наук
Український державний
університет харчових технологій
Л.ЧЕРНУХІНА,
кандидат біологічних наук
Інститут біохімії імені
О.В.Палладіна НАН України

ОСТАННІМ ЧАСОМ в Україні значно поширилися йодозалежні захворювання, спричинені наслідками аварії на Чорнобильській АЕС, а також збідненням на йод харчового раціону. Тому надто актуальною постає проблема виробництва штучно збагачених йодовмісних продуктів, а також одержання їх з натуральної йодовмісної сировини. Такою сировиною може бути біомаса спіруліни, яка, з одного боку, має значну кількість легко засвоюваного білка, певний набір вітамінів та біологічно активних сполук, а з іншого — здатна акумулювати з поживного середовища йод та синтезувати гормональні йодовмісні сполуки.

Мета нашої роботи — розробка методу одержання йодованої біомаси спіруліни з використанням створеного нами площинного аерліфтного фотобіореактора закритого типу.

Об'єктом досліджень була альгологічно чиста культура трихомної ціанобактерії *Spirulina platensis* (Gom) Geitl. штам ЛГУ-603.

Культуру *Spirulina platensis* вирощували в площинному аерліфтному фотобіореакторі, який забезпечує оптимальні умови культивування.

До модифікованого живильного середовища Заррука додавали певну кількість сполук йоду й кобальту. Процес культивування спіруліни відбувався у накопичувальному режимі протягом 120 год. за таких умов: температура середовища — $32,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$; коефіцієнт періодичності — 2,5; концентрація середовища Заррука — 60%; початкова щільність — 0,3 г/л; рН середовища — 10,0—10,5; вологість —

100% і постійній аерації суспензії повітрям. Сполуки йоду та кобальту в живильне середовище вносили дробово. Освітленість культури визначали в процесі дослідження. Необхідне освітлення створювали зовнішнім бічним підсвічуванням лампами типу ДРЛ-250 та ДРЛ-400. Використовували тільки штучне освітлення. Вплив природного освітлення було вилучено ізолюванням приміщення, в якому знаходився фотореактор, металеву фольгою, яка слугувала також як відбивач світла.

У процесі культивування визначали: абсолютну суху біомасу (АСБ) спіруліни; вміст білка, фікоціаніну, хлорофілу, вітамінів B_{12} , С, Е, а також каротиноїдів. Кількісне визначення йоду проводили згідно з ГОСТом 26185—84. Статистичну обробку одержаних результатів здійснювали за критерієм Стьюдента.

На першому етапі роботи визначали вплив освітленості на акумуляцію йоду клітинами спіруліни (див. табл. 1). Найбільша акумуляція йоду у біомасі спіруліни відбувалася при освітленості 8,0 кЛк і була на 70,2% вищою, ніж при 5,0 кЛк, та на 60,0% вище, ніж при 11,0 кЛк. Продуктивність та вміст білка в біомасі спіруліни також були максимальними при освітленості 8,0 кЛк, при цьому вміст білка був на 7,5% більшим, ніж при 5,0 кЛк, і на 11,8% більшим, ніж при 11,0 кЛк. Тому наступні дослідження по одержанню йодованої біомаси спіруліни проводитимуться при освітленості 8,0 кЛк.

На другому етапі роботи вивчали вплив різних концентрацій йодиду калію та нітрату кобальту на продуктивність, вміст йоду та білка в біомасі

спіруліни. В літературі є свідчення, що додавання у живильне середовище металокомплексу йодиду кобальту гексагідрату в оптимальних концентраціях 7,5—10,0 мг/л забезпечує добрий ріст спіруліни, максимальний вміст йоду в біомасі — 0,131—0,145% до АСБ та поліпшення якості біомаси за рахунок значного збільшення вмісту каротиноїдів та вітаміну B_{12} . При цьому вміст α -токоферолу та фікоціаніну зменшується приблизно удвічі. Використання у промисловості йодиду кобальту спричиняє подорожчання виробництва спіруліни внаслідок значної вартості комплексу, що підвищує собівартість продукту. Спроба одержати йодовану біомасу спіруліни, використовуючи дешеве джерело йоду, таке як йодид калію у кількостях від 0,01 до 10,0 мг/л, не мала значного успіху, незважаючи на деяке підвищення кількості органічно зв'язаного йоду. Його вміст у біомасі перебуває на недостатньо високому рівні — 0,002—0,031% від АСБ.

Показово, що одночасне внесення у суспензію спіруліни іонів йоду і кобальту у вигляді йодиду кобальту гексагідрату сприяло найбільшому накопиченню йоду клітинами спіруліни. Враховуючи це, досліджували вплив не тільки різних концентрацій йодиду калію на продуктивність і вміст йоду в біомасі, а й у комбінації з джерелом кобальту. Джерелом кобальту слугував нітрат кобальту, який використовується у розчині мікроелементів середовища Заррука.

Відомо, що у великих концентраціях сполуки йоду й кобальту мають негативний вплив на продуктивність синьо-зелених водоростей, зокрема спіруліни, тому сполуки йоду й кобальту в живильне середовище вносили дробово, згідно з графіком наведеним у табл. 2. Причому перша доза нітрату кобальту дорівнювала концентрації цієї сполуки в рецептурі живильного розчину Заррука.

Проводили чотири серії досліджень: контроль — без внесення джерел кобальту та йоду; йод — внесення джерела йоду; кобальт — внесення джерела кобальту; йод + кобальт —

Таблиця 1
Вплив освітленості на процес накопичення йоду в біомасі спіруліни при внесенні 0,2 мг/л йодиду калію

Освітленість, тис. Люкс	Продуктивність, г АСБ/л	Вміст білка, % від АСБ	Вміст йоду, % від АСБ
5,0	1,83 ± 0,03	52,30 ± 1,05	0,0047 ± 0,0002
8,0	2,24 ± 0,05*	56,20 ± 1,08*	0,0080 ± 0,0005*
11,0	2,06 ± 0,03	50,28 ± 1,03	0,0050 ± 0,0004

* — статистично достовірне до показників при освітленості 5,0 тис. люкс.



Таблиця 2
Графік дробового внесення сполук йоду й кобальту до суспензії спіруліни

Момент внесення	Джерело йоду		Джерело кобальту	
	KJ		Co(NO ₃) ₂	
	мг/л	мг.іон/л	мг/л	мг.іон/л
У першу добу при инокуляції середовища суспензією спіруліни n-доба, при досягненні щільності суспензії 1,0 г АСБ/л	0,1	0,0765	0,04	0,0129
n + 1-доба	0,1	0,0765	0,44	0,1417
n + 2-доба	0,9	0,6885	3,96	1,2751
Загальна кількість	8,9	6,8085	5,56	1,7903
	10,0	7,6500	10,0	3,2200

одночасне внесення джерел кобальту та йоду.

У результаті досліджень встановлено, що внесення значної кількості йодиду калію (10,0 мг/л) у живильне середовище пригнічує ріст та продуктивність спіруліни. Так, якщо внесення йодиду калію у кількості 0,2 та 1,0 мг/л сприяло збільшенню продуктивності відповідно на 6,2 та 13,0% порівняно з контролем, то внесення 10,0 мг/л — її знижувало на 7,7%. При концентраціях йодиду калію 0,2 і 10,0 мг/л вміст білка практично не змінювався, незначне збільшення його кількості на 6,4% спостерігалось при концентрації 1,0 мг/л йодиду калію. Внесення нітрату кобальту не мало негативного впливу на продуктивність при всіх досліджуваних концентраціях, але спостерігалось зниження вмісту білка на 18,85% при внесенні нітрату кобальту в кількості 4,40 мг/л. При інших концентраціях нітрату кобальту вміст білка практично не змінювався.

Одночасне додавання у живильне середовище іонів йоду й кобальту сприяло підвищенню продуктивності та вмісту білка, зниженню негативного впливу великих концентрацій йодиду.

Внесення невеликих (0,2 мг/л) концентрацій йодиду калію та нітрату кобальту (0,44 мг/л) не мало значного впливу на продуктивність та вміст білка,

водночас внесення 1,0 мг/л йодиду калію та 4,40 мг/л нітрату кобальту підвищувало продуктивність на 9,6%. Вміст білка змінювався незначно, але також збільшувався. У випадку з внесенням 10,0 мг/л йодиду калію та 10,0 мг/л нітрату кобальту, порівняно з іншими дослідями, спостерігався найвищий вміст білка — 75,0%, що на 34,31% більше, ніж у контролі, при цьому продуктивність перевищувала на 18,5%.

Вміст йоду в біомасі спіруліни варіював залежно від концентрації сполук йоду й кобальту, а також від наявності в середовищі іонів кобальту. Так, при культивуванні спіруліни в присутності 0,2 мг/л йодиду калію у біомасі накопичувалося йоду тільки 0,008% від АСБ. При збільшенні концентрації йодиду до 10,0 мг/л вміст йоду у біомасі збільшувався до 0,112% від АСБ, що в 14 разів більше, ніж при 0,2 мг/л. Внесення у суспензію спіруліни йодиду калію разом з нітратом кобальту дало вже зовсім інші результати. Якщо при внесенні 0,2 мг/л йодиду калію разом з 0,44 мг/л нітрату кобальту накопичення йоду в біомасі становило 0,013% від АСБ, то при додаванні 10,0 мг/л йодиду калію та 10,0 мг/л нітрату кобальту клітини спіруліни акумулювали йоду вже 0,560% від АСБ.

З табл. 3 видно, що із збільшенням концентрації іонів йоду зменшується

процент його поглинання. Якщо у випадку використання йодиду калію, при внесенні в середовище культивування 0,2 мг/л KJ, процент поглинання йоду становив 52,35%, то при 10,0 мг/л — 14,64%. Це вказує на те, що клітини спіруліни мають певний поріг поглинання йоду, після якого відбувається пере-насичення.

Додавання у середовище культивування йодиду калію разом з нітратом кобальту підвищило цей поріг. Так, при внесенні 0,2 мг/л йодиду калію та 0,44 мг/л нітрату кобальту поглинання йоду становило 87,03%, а при додаванні по 10,0 мг/л йодиду калію і нітрату кобальту — 73,20%, що порівняно з показником при додаванні тільки йодиду калію у 5 разів більше.

Процент поглинання йоду при одночасному внесенні 10,0 мг/л йодиду калію і 10,0 мг/л нітрату кобальту згідно з експериментальними даними перевищував аналогічний літературний показник при використанні 10,0 мг/л йодиду кобальту гексагідрату утричі.

У табл. 3 представлено вміст деяких вітамінів та каротиноїдів залежно від концентрації сполук йоду та кобальту, внесених у суспензію спіруліни. На накопичення ціанкобаламіну кількість внесеного нітрату кобальту практично не впливала. Збільшення вмісту ціанкобаламіну спостерігалось тільки при одночасному внесенні нітрату кобальту і йодиду калію. Така ж залежність простежувалась і в накопиченні аскорбінової кислоти. Одночасне внесення до суспензії сполук йоду й кобальту сприяло зменшенню вмісту каротиноїдів. При внесенні лише нітрату кобальту вміст каротиноїдів збільшувався і був у 1,7 раза вищим, ніж при внесенні нітрату кобальту разом з йодидом калію. Збільшення концентрації нітрату кобальту зменшувало вміст α -токоферолу на 6,4%, водночас внесення йодиду калію сприяло підвищенню вмісту α -токоферолу.

Таким чином, **дробове додавання до суспензії спіруліни йодиду калію разом з нітратом кобальту прискорює біохімічні процеси в клітинах спіруліни, що призводить до значного накопичення йоду.** Сприятливі умови для поглинання йоду забезпечує площинний аерліфтний фотобіореактор, який доцільно застосовувати (як показали дослідження) для одержання біомаси спіруліни із значним вмістом йоду.

Таблиця 3
Вплив різних концентрацій нітрату кобальту та йодистого калію на вміст деяких вітамінів

Умови	Вміст ціанкобаламіну, мкг/100 г	Вміст α -токоферолу, мг/100 г	Вміст аскорбінової кислоти, мг/100 г	Вміст каротиноїдів, %
Co(NO ₃) ₂ — 4,40 мг/л	14,64	235,0	87,9	0,154
Co(NO ₃) ₂ — 10,0 мг/л	14,96	220,0	90,3	0,168
Co(NO ₃) ₂ — 4,40 мг/л + KJ—1,0 мг/л	14,75	171,7	90,9	0,112
Co(NO ₃) ₂ — 10,0 мг/л + KJ—10,0 мг/л	16,40	232,6	94,0	0,098

