

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Анацький Андрій Сергійович

УДК 577.152.3+663.15

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ
КАРОТИНВМІСНИХ ПРОДУКТІВ *BLAKESLEA TRISPORA***

03.00.20 – біотехнологія

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Київ – 2012

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі промислової біотехнології і загальної хімії Дніпродзержинського державного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент **Гуляєв Віталій Михайлович**, Дніпродзержинський державний технічний університет, доцент кафедри промислової біотехнології і загальної хімії, перший проректор.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, член-кореспондент АТН України, професор **Маринченко Віктор Опанасович**, Національний університет харчових технологій, професор кафедри біотехнології продуктів бродіння і виноробства.

кандидат технічних наук, доцент **Тодосійчук Тетяна Сергіївна**, Національний технічний університет України «КПІ», заступник завідувача кафедри промислової біотехнології, заступник декана факультету біотехнології і біотехніки.

Захист відбудеться «26» вересня 2012 р. о 13³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.03 Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, аудиторія A-311.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий « » травня 2012 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради Д 26.058.03

Бублієнко Н.О.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На сьогодні єдиним економічно прийнятним у промислових масштабах способом одержання β -каротину є мікробіологічний, заснований на спільному культивуванні двох статевих форм міцеліального грибу *Blakeslea trispora*. Біомаса продуценту виступає вихідною сировиною для створення і випуску широкого асортименту каротинвмісних продуктів, попит на які, завдяки антиоксидантним і радіопротекторним властивостям β -каротину, щорічно зростає у різних галузях народного господарства багатьох країн світу. Тому з боку фахівців - біотехнологів, мікологів, генетиків значна увага приділяється питанням інтенсифікації біосинтезу, збільшення обсягів промислового випуску каротинвмісної біомаси, які дозволили б забезпечити потреби ринку у даній продукції, зробити її конкурентоспроможною, а саме виробництво – прибутковим. Дослідження при цьому спрямовані на підвищення продуктивності грибної культури, розробку нових препаративних форм кінцевого продукту.

Задача інтенсифікації процесів промислового одержання каротинвмісної біомаси і продуктів на її основі є актуальною, від її вирішення залежить стратегія подальшого розвитку технології, галузей, що використовують дану продукцію, ринку споживання, матеріально-технічний, економічний стан виробництва, його майбутнє.

Одним із можливих шляхів вирішення даної задачі є удосконалення чинних і розробка нових технологічних режимів на основних стадіях виробництва, які дозволили б інтенсифікувати відповідні процеси, поліпшити їхні техніко-економічні показники та якість кінцевих продуктів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Напрямок досліджень автора є складовою частиною наукового напряму кафедри промислової біотехнології і загальної хімії Дніпродзержинського державного технічного університету “Дослідження процесів мікробного синтезу біологічно-активних речовин харчового призначення”, що фінансується за рахунок загального фонду державного бюджету, а також чинної на підприємстві ТОВ “НВП “Вітан” наукової програми “Технологія каротиноїдів *Blakeslea trispora*”, до основних завдань якої відносяться селекція високопродуктивних штамів продуценту, створення нових каротинвмісних продуктів.

Мета і завдання дисертації. Мета дисертаційної роботи – інтенсифікація процесів біосинтезу β -каротину продуцентом *Blakeslea trispora*, одержання сухої біомаси і кристалічної форми метаболіту шляхом удосконалення технологічних режимів на стадіях виробництва каротинвмісних продуктів.

Для досягнення вказаної мети поставлені та розв'язані наступні задачі:

- дослідити вплив умов аерації - перемішування культуральної рідини на ріст біомаси і каротиноутворення *Blakeslea trispora* для встановлення діапазону значень pO_2 , відповідного максимальному синтезу β -каротину, і залежностей кількостей утворених цільових продуктів від технологічних параметрів культивування;
- визначити умови збільшення ефективності механічного і термічного

- зневоднення продукту ферментації в процесах одержання сухої біомаси;
- виконати технологічний аналіз показників екстрагування β -каротину з біомаси за різних схем його проведення для впровадження у виробництво такого варіанту, що забезпечує високу ступінь вилучення метаболіту і можливість одержання місцел з різною його концентрацією;
 - визначити оптимальні умови кристалізації β -каротину з олійних розчинів;
 - розробити науково-обґрунтований технологічний режим очищення кристалічної суміші на підставі досліджень її хімічного складу.

Об'єкт досліджень - штам культури *Blakeslea trispora* ТКСТ, продукти біосинтезу (біомаса, β -каротин).

Предмет досліджень – технологічні режими процесів ферментації, сушіння, одержання кристалічного β -каротину.

Методи досліджень – мікробіологічні, біохімічні, хімічні, фізико-хімічні та математичні.

Наукова новизна одержаних результатів. Доведено, що для продуценту *Blakeslea trispora* не підтверджується гіпотеза про стимулюючу каротиногенез дію нестачі або надлишку кисню: максимальне каротиноутворення грибом здійснюється в діапазоні значень pO_2 культуральної рідини 20-30 %.

Використано комплексний підхід до інтенсифікації сушіння каротинвмісної біомаси на підставі визначення кінетичних характеристик процесу: час досягнення першої і другої критичної вологості продукту (60 та 38 %) скорочується за рахунок зменшення частки вільної вологи у біомасі і посилення її випаровування упродовж сушіння.

Вперше запропоновано за кислотним числом кристалічного β -каротину здійснювати коригування технологічного режиму і контроль очищення метаболіту: інтервал значень показника 7,5-8,0 мг КОН/г є критерієм переходу від гідратації до лужного гідролізу домішок кристалів.

Практичне значення одержаних результатів. Змінено регламентну схему аерації-перемішування культуральної рідини для забезпечення рівня pO_2 , відповідного максимальному каротиноутворенню грибом. Підібрано і рекомендовано до промислового використання фільтрувальні матеріали для ефективного зневоднення продукту ферментації, одержаного на кукурудзяно-екстрактних середовищах. Запроваджено комбіновану схему екстракції β -каротину для одночасного виробітку декількох каротинвмісних продуктів (30 %-ї суспензії, 1 %-х, 0,2 %-х олійних розчинів) і повнішого вилучення метаболіту з біомаси, встановлено оптимальні умови його кристалізації за швидкістю охолодження, температурою і перемішуванням розчинів. Удосконалено технологічний режим очищення кристалів β -каротину від домішок за кількістю лугу і температурою гідролізу на підставі досліджень їхнього складу (вміст, температура плавлення карбонових кислот). Матеріали дисертації використовуються у навчальному процесі для студентів спеціальності 6.092901 "Промислова біотехнологія" у Дніпродзержинському

державному технічному університеті та в Українському державному хіміко-технологічному університеті.

Особистий внесок здобувача. Наукові результати, що виносяться на захист, одержані дисертантом особисто. Дисертантом особисто виконані експериментальні дослідження, сформульовані висновки, надані рекомендації щодо режимів технологічних процесів виробництва каротинвмісних продуктів.

Планування експериментів, організацію промислових випробувань проведено спільно з к.т.н. Кунщиковою І.С. (ТОВ"НВП"Вітан"), математичну обробку експериментальних даних, пошук оптимальних умов біосинтезу каротинвмісної біомаси, кристалізації β -каротину виконано разом з к.т.н. Гуляєвим В.М. (Дніпродзержинський державний технічний університет), дослідження компонентного складу культуральної рідини, морфології грибу *Blakeslea trispora* при промисловому культивуванні за різних технологічних параметрів проведено разом з Кунщиковою Є.О. (ТОВ"НВП"Вітан"), які є співавторами опублікованих робіт.

Достовірність отриманих у роботі результатів підтверджується актами про проведення промислових випробувань, виконаних на ТОВ"НВП"Вітан".

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи доповідались на науково-технічних семінарах кафедри промислової біотехнології ДДТУ (Дніпродзержинськ, 2005-2010 р.р.), Всеукраїнській науковій конференції "Сучасні наукові досягнення – 2008" (Миколаїв, 2008 р.), V міжнародній науково-практичній конференції "Наукові дослідження – теорія та експеримент 2009" (Полтава, 2009 р.), I міжнародному конгресі "Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування" (Львів, 2009 р.), V міжнародній науково-практичній конференції "Розвиток наукових досліджень 2009" (Полтава, 2009 р.).

Публікації. Результати дисертації викладені в 11 друкованих виданнях, в тому числі 6 статей у спеціалізованих фахових журналах, 1 стаття – у науковому збірнику, 4 тези доповідей - в матеріалах науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена на 141 сторінці машинописного тексту і складається зі вступу, п'яти розділів основної частини, висновків, 6 додатків на 10 сторінках, списку використаних джерел зі 171 найменування, в тому числі 101 – іноземні періодичні видання. Робота містить 17 таблиць, 25 рисунків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Розділ 1. Аналіз сучасного стану технології мікробіологічного β -каротину

Відмічено переваги мікробіологічного синтезу β -каротину, охарактеризовано його промислові продуценти. Наведено огляд дослідних робіт по інтенсифікації біосинтезу біомаси *Blakeslea trispora*. Зазначено шляхи збільшення ступеня вилучення метаболіту з біомаси під час екстрагування.

Розділ 2. Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводили у промислових умовах ТОВ "НВП"Вітан" на основних стадіях виробництва мікробіологічного β -каротину.

Біосинтез β -каротину у ферментерах здійснювали за спільного культивування (+) і (-) статевих форм міцеліального грибу *Blakeslea trispora* (штам ТКСТ) на патоково-екстрактних поживних середовищах за безперервної аерації і перемішуванні. Вміст цільових продуктів у культуральній рідині упродовж біосинтезу визначали наступним чином: біомаса – ваговий метод; β -каротин – фотоелектроколориметрія, вимірюванням оптичної густини розчинів β -каротину в ацетоні на довжині хвилі 450 нм; розчинний кисень – електрохімічний метод (вимірювальна система "Metler Toledo", яка складається з датчика електродного типу "Ingold InPro 6800" і вторинного перетворювача – трансмітера "O₂4050").

На стадії сушіння вимірювання вологості біомаси проводили на автоматичному вологомірі WPS-30S, температури маси і гріючої поверхні – термодатчиком та пірометром, вбудованими у корпус сушарки. Підбір матеріалів для зневоднення біомаси здійснювали в лабораторних умовах фільтруванням культуральної рідини на зразках синтетичних тканин фабрики "Технофільтр" (м. Київ) за такими ознаками: вологість біомаси, швидкість фільтрування, вологопоглинання і термостійкість матеріалу.

Як вихідні матеріали процесу екстракції використовували каротинвмісну біомасу (ТУ У 15.8-32128359-013:2005 "Біомаса бета-каротину для промислової переробки") і рафіновану дезодоровану соняшникову олію (ТОВ "УкрОлія", ДСТУ 4492:2005 "Олія соняшникова. Технічні умови"). Вміст цільової речовини у продуктах екстракції (міцелах, шроті, кристалах, олійних розчинах) визначали згідно з керівним нормативним документом 32128359-002-2004 "Методика выполнения измерений массовой доли бета-каротина в биомассе и продуктах ее масляной экстракции" – вимірюванням оптичної густини розчинів β -каротину, вилученого ацетоном з досліджуваної проби, на фотометрі КФК-3.01-3 на довжині хвилі 450 нм. Склад карбонових кислот у неочищеній кристалічній суміші визначали на газорідинному хроматографі HP 5300 GC фірми Hewlett Packard (Випробувальний біологічний центр Інституту біохімії ім. О.В.Палладіна НАН України). Умови хроматографічного розділення (ГОСТ 30418-96): температура дозатора – 180 °С, інжектор – 250 °С, детектор – 250 °С.

Статистичну обробку експериментальних даних, планування експериментів та встановлення математичних залежностей між показниками досліджуваних процесів здійснено у комп'ютерних програмах Statistica 6.0, Microsoft Excel 2007, MathCAD.

Розділ 3. Удосконалення технологічного режиму аерації-перемішування культуральної рідини на стадії ферментації

Згідно з вимірюваннями введеного для контролю ферментації показника pO_2 встановлено, що за регламентного режиму, котрий передбачає разове збільшення ступеня аерації культуральної рідини від 1,0 до 1,5 м³/(м³·хв) з 24-ї години процесу (наприкінці фази сповільненого росту, рис. 1) і зменшення його

до $0,7 \text{ м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{хв})$ з 48-ї години (фаза відмирання), ріст біомаси відбувається за зниження концентрації кисню від максимальної до 20-30 % насичення, каротиногенез у фазах здійснюється за двох різних її діапазонів – 30-40 і 6-12 % (рис. 2).

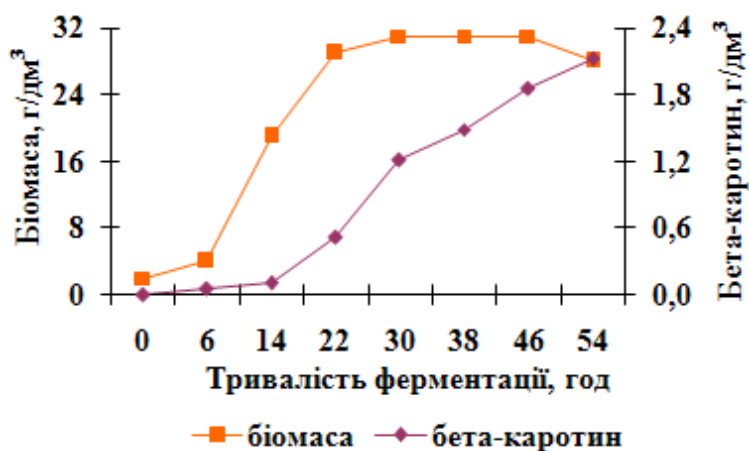


Рис. 1 Біосинтез цільових продуктів *Blakeslea trispora*

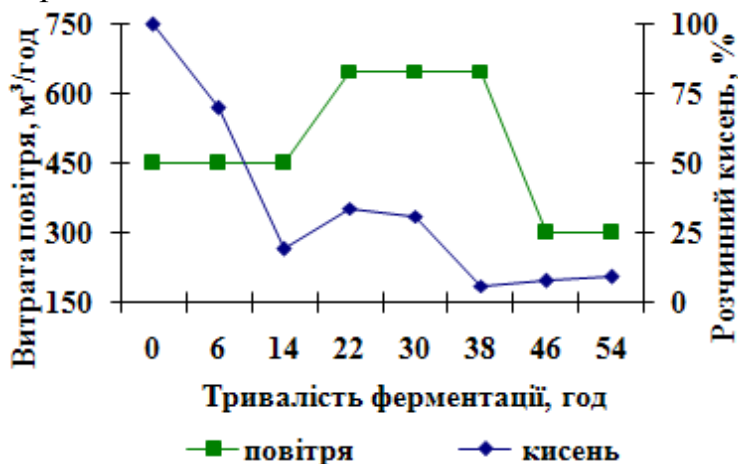


Рис. 2 Режим аерації культуральної рідини

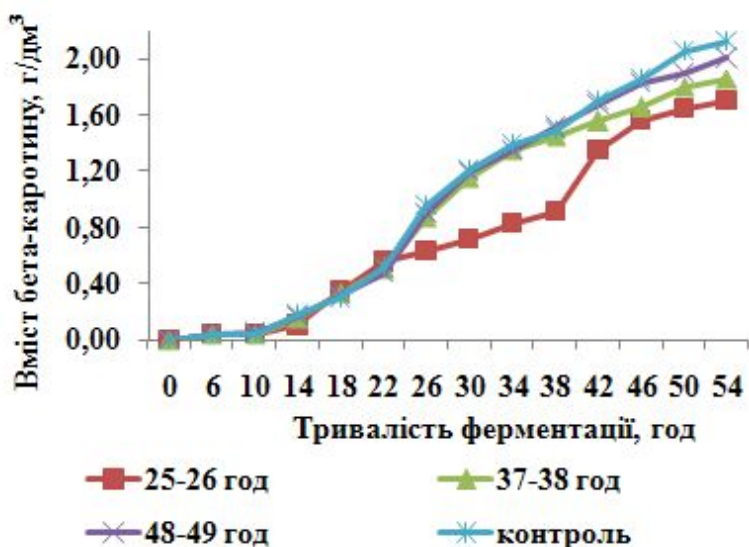


Рис. 3 Каротиногенез за стресового припинення аерації культуральної рідини

Перевірку гіпотези про стимулюючу дію на каротиноутворення нестачі кисню як стрес-фактору для гриба, здійснювали у ферментаціях з припиненням на одну годину аерації середовища, зводячи цим до 0% насичення його розчинним газом. Для отримання очікуваного ефекту – посилення синтезу метаболіту у відповідь на відсутність джерела дихання - такий вплив на культуру здійснювали у визначені години фаз каротиногенезу (рис. 3): час максимальної інтенсивності біосинтезу, падіння швидкості утворення β -каротину, автоліз біомаси. Одержані результати спростували зазначене припущення: не тривала повна відсутність кисню у середовищі не стимулює, а, навпаки, пригнічує синтез β -каротину незалежно від часу припинення аерації. Концентрація метаболіту в розглядуваних варіантах майже однакова до моменту штучного створення безкисневих умов, далі її зростання сповільнюється у дослідях після поновлення аерації, що пов'язано з витратою часу на перехід культури зі стресового стану до нормальних умов

культивування, ослабленням або втратою частиною популяції каротинсинтетичної функції, при цьому максимальна кількість β -каротину на момент завершення біосинтезу на 13-20 % нижче контролю (без стресового впливу).

За зміни витрати аеруючого повітря на різні години ферментації (табл. 1), тобто фази розвитку культури, досліджено вплив ступеня аерації і насичення киснем середовища на біосинтетичну активність грибу *B. trispora* (рис.4, 5).

Таблиця 1

Характеристика дослідних за режимом аерації ферментацій

Варіант режиму аерації	Ступінь аерації культуральної рідини у фазах розвитку культури <i>B. trispora</i> упродовж промислової ферментації, $\text{м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{хв})$						Тривалість ферментації, год	Вміст цільових продуктів у культуральній рідині, % до контролю	
	лаг-фаза	експоненційна	лінійного та сповільненого росту	стаціонарна	відмирання	біомаса		β -каротин	
1	0,7	0,7	0,7	1,5	1,5	51	82	115	
2	1,5	1,5	1,5	0,7	0,7	49	96	87	
3	0,7	1,5	1,5	1,5	1,5	47	96	125	
4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	51	90	125	
5	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	54	94	107	
6 (контроль)	1,0	1,0	1,0	1,5	0,7	54	100	100	

Посилення аерації з 0,7 до 1,5-2,0 $\text{м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{хв})$ інтенсифікує розвиток інокуляту, скорочує тривалість відповідних фаз та всієї ферментації (на 3-7 годин, рис. 4, а), вказує на можливий шлях стимулювання біосинтезу одного з цільових продуктів: приріст клітинної маси за перші десять годин процесу зростає при цьому від 0,5 до 2,0 $\text{г}/(\text{дм}^3 \cdot \text{год})$, концентрація біомаси через добу культивування додатково збільшується на 7-10 $\text{г}/\text{дм}^3$, у стаціонарній фазі – на 12-30 %, що пояснюється відсутністю лімітування ростових процесів киснем, адже насичення ним середовища при 2 $\text{м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{хв})$ не опускається нижче 45 %, забезпечуючи зростаючі по мірі розмноження клітин потреби грибу для дихання і життєдіяльності.

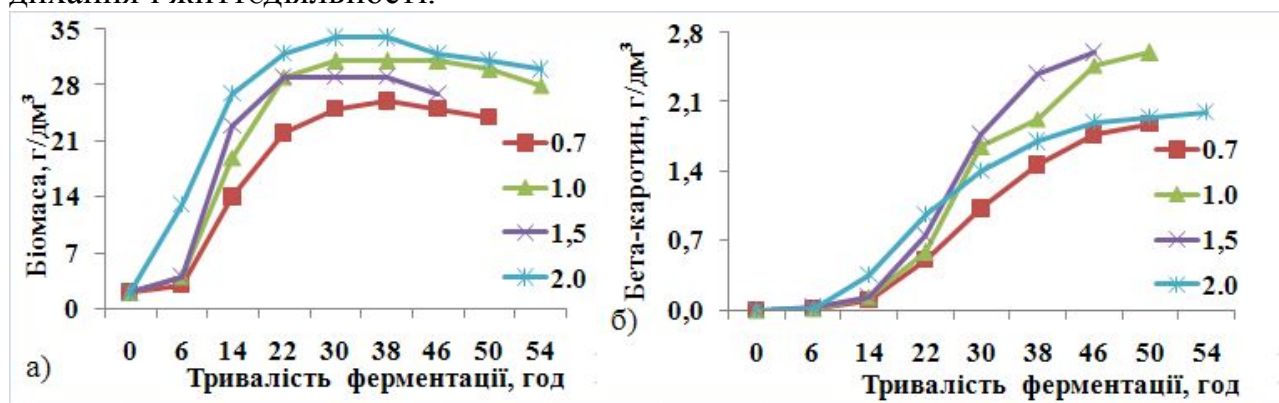


Рис. 4 Біосинтез цільових продуктів за різних режимів аерації культуральної рідини: а) біомаса; б) β -каротин

Примітка: 0,7; 1,0; 1,5; 2,0 – ступінь аерації, $\text{м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{хв})$.



Збільшення аерації до 1,5 $\text{м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{хв})$ позитивно впливає на каротиноутворення, призводить до більшого вмісту метаболіту (при найменшій витраті повітря найнижча і кількість синтезованого β -каротину), однак подальше її зростання

Рис. 5 Каротиноутворення *Blakeslea trispora* за різного насичення киснем середовища

викликає переважання ростових процесів грибу над біосинтетичними, тобто, поряд з максимальною швидкістю набору біомаси та її концентрацією за 2,0 $\text{м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{хв})$ не спостерігається пропорційного стимулювання каротиноутворення – хоча присутність метаболіту у середовищі відмічається вже на 18-ту годину процесу, це говорить лише про скорочення тривалості ростових фаз. Рівень каротиногенезу *B. trispora* в діапазоні 50-65 % насичення киснем (рис. 5) істотно не відрізняється від такого для режимів аерації з $\text{pO}_2 \leq 10\%$.

Отже, каротиноутворення культурою *B. trispora* здійснюється за будь-якого насичення середовища киснем, однак існує вузький його діапазон, характерний для максимального утворення β -каротину – 20-30 %, вище і нижче якого утворення метаболіту проходить з меншою швидкістю і для даного продуценту не підтверджуються положення про додаткову активацію механізмів біосинтезу каротиноїдів у відповідь на обмеження дихання чи, навпаки, зростання концентрації кисню.

Також встановлено, що максимальна на діючому обладнанні частота обертання мішалки 185 хв^{-1} сприяє інтенсифікації процесів споживання субстратів культурою і додатковому посиленню біосинтезу обох продуктів (рис. 6, а), однак це не пов'язано з впливом на концентрацію розчинного газу, яка в інтервалі 140-185 хв^{-1} лишається майже на одному рівні (рис. 6, б), а лише з поліпшенням масообміну в системі рідина – біомаса продуценту.

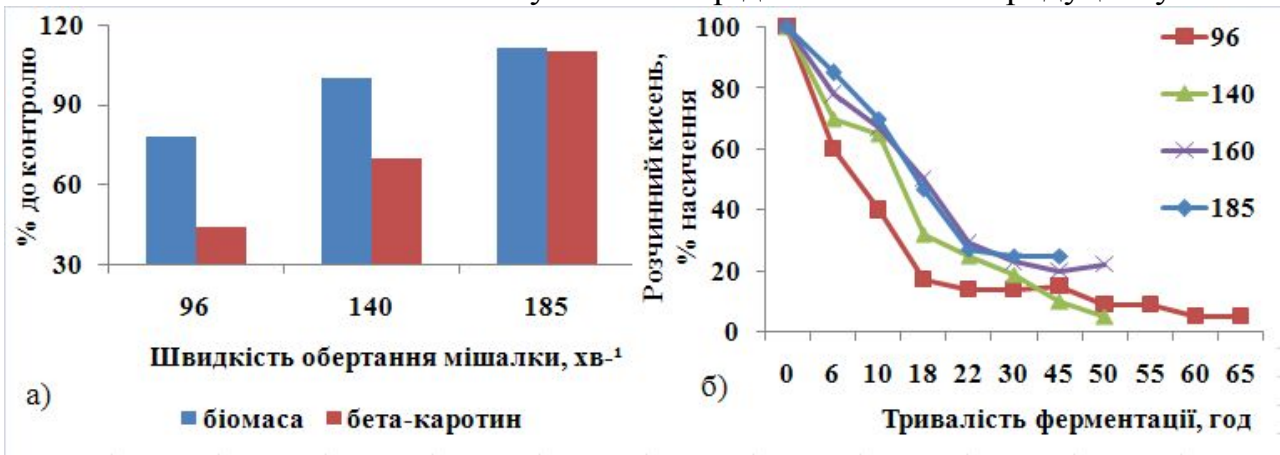


Рис. 6 Основні показники біосинтезу за різної швидкості перемішування середовища (хв^{-1}): а) вміст цільових продуктів наприкінці ферментації; б) pO_2 .

Залежність кількості синтезованих культурою продуктів від основних технологічних параметрів (табл. 2, 3) має вигляд:

$$C_{\beta/\text{м}} = 17,47 + 2,611g\alpha + 2,211gn + 3,171gp\text{O}_2, \quad R^2 = 0,99 \quad (1)$$

$$C_{\beta} = 1,14 + 1,811g\alpha - 0,821gn + 1,361gp\text{O}_2, \quad R^2 = 0,98 \quad (2)$$

де $C_{\beta/\text{м}}$, C_{β} – концентрація біомаси та β -каротину у культуральній рідині наприкінці ферментації, г/дм^3 ; α – ступінь аерації культуральної рідини, $\text{м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{хв})$; n – швидкість перемішування середовища, хв^{-1} ; pO_2 – насичення середовища киснем, %; R^2 – коефіцієнт множинної кореляції.

Таблиця 2

Технологічні параметри біосинтезу за різних режимів

Варіант режиму	Години ферментації	Ступінь аерації, $\text{м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{хв})$	Число обертів мішалки, хв^{-1}	pO_2 (max/min), %
Запропонований	0-10	1,0	160	100/44
	10-докінця	1,5	185	28/20
Базова схема	0-24	1,0	160	100/20
	24-48	1,5	160	41/8
	48-до кінця	0,7	160	9/9

Таблиця 3

Показники ферментації (базова схема-1; запропонований режим-2)

Показник	Фази розвитку культури <i>B. trispora</i>									
	лаг-фаза		експоненційна		лінійного, сповільненого росту		стаціонарна		відмирання	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Тривалість, год	6	6	10	8	14	10	16	16	8	6
Біомаса, г/дм^3 ;	4	4	26	28	30	32	30	32	28	30
β -каротин, г/дм^3	0	0	0,20	0,45	1,21	1,77	1,85	2,60	2,12	2,85

При реалізації запропонованого режиму встановлена різниця в 12-15 % за однакових технологічних параметрів у вмісті цільових продуктів культури *B. trispora* в апаратах, різних за окремими конструктивними характеристиками (табл. 4). Внаслідок цього в апаратах II-го типу створюються менш сприятливі умови масообміну між фазами, що є причиною зниження концентрації розчинного кисню, продуктивності культури.

Порівняння об'ємного коефіцієнту масопередачі для розглянутих апаратів показало, що даний параметр масштабування для II-го типу на 27 % менше, ніж для I-го. Відтворення результатів біосинтезу у ферментері II на рівні з I-м можливе у разі поліпшення в ньому масообміну за рахунок зміни

Таблиця 4

Характеристика промислових ферментерів технологічних

Показник	тип I	тип II
Діаметр апарату, м	1,8	2,0
Висота апарату, м	4,2	3,6
Висота стовпу культуральної рідини, м	3,1	2,6
Кількість відбиваючих перегородок	4	6
Висота відбиваючих перегородок, м	3,2	2,6
Відстань між ярусами мішалки, м	0,9	1,4
Загальна площа перерізу отворів барботеру, м ²	0,0064	0,0044
Лінійна швидкість газу на виході з барботеру, м/с	28	41

параметрів. Згідно з розрахунками, за збільшення числа обертів мішалки до 200 хв⁻¹ в апараті II, відношення коефіцієнтів для обох типів обладнання становитиме 1,13, тобто їхні чисельні значення і, відповідно, умови масопередачі в трьохфазній системі

аеруюче повітря – культуральна рідина – біомаса продуценту, які вони характеризують, будуть майже однаковими, тому можливе досягнення в цих культиваторах одного рівня концентрації цільових продуктів наприкінці ферментації.

Розділ 4. Інтенсифікація сушіння каротинвмісної біомаси

Аналіз даних промислових операцій сушіння дозволив охарактеризувати кінетику процесу наступним чином (табл. 5). Наявність трьох періодів зумовлена видаленням вільної і зв'язаної вологи з продукту. Перехід між ними характеризується падінням у 2-4 рази швидкості випаровування за досягнення першого і другого критичного вмісту вологи (1,5 та 0,9 кг/кг маси

Таблиця 5 або 60 і 38 % вологості

Основні показники сушіння

відповідно). Волога,

Показник	Періоди		
	I	II	III
Вологість біомаси, %	60	38	5
Вміст вологи, кг/кг біомаси	1,5	0,6	0,05
Тривалість сушіння, год	4	3	5
Середня швидкість сушіння: %/год	4,5	7,3	6,6
кг/(кг біомаси·год)	0,5	0,3	0,11
кг/год	280	170	60
Кількість випареної вологи, кг	1100	500	300
% від загальної кількості випареної вологи	57	26	17

утримувана фізико-хімічними силами, складає 43 % від її початкової кількості в матеріалі, однак за часом випаровування складає дві третини всієї тривалості сушіння. Одним із шляхів посилення випаровування в разі контактного теплообміну є збільшення площі взаємодії вологого матеріалу з нагрітою поверхнею.

Зокрема, вал мішалки сушарки – це порожній циліндр площею 5 м², що дозволяє використовувати його для додаткового підведення тепла і обігріву маси, адже поверхня теплообміну апарату зростає при цьому на 24 % (з 19 до 24 м²). У дослідях з

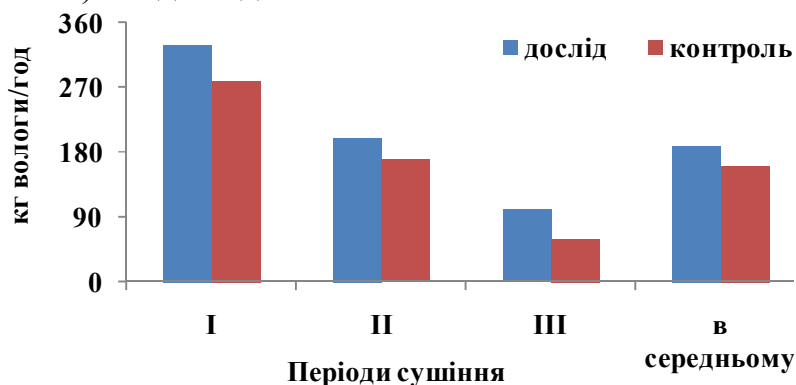


Рис. 7 Швидкість випаровування при обігріві через вал мішалки

подачею гріючої пари, крім рубашки сушильного апарату, ще й у вал мішалки, досягнуто підвищення швидкості термічного зневоднення біомаси до 330 кг/год у першому періоді проти 280 кг/год у контролі (рис. 7), середньої по процесу – на 20 % і скорочення за рахунок цього тривалості сушіння на дві

години – з 12 до 10, що робить доцільним застосування цього технологічного прийому для інтенсифікації випаровування вологи. Припинення такого обігріву за вологості біомаси 35-30 % запобігає досягненню температур, за яких починається розклад термолабільних компонентів клітинної маси і руйнація її структури (60 °C і вище). За зміни температури поверхні сушарки в інтервалі 120-90 °C за рахунок зменшення тиску водяної пари з 0,3 до 0,1 МПа показано, що на фоні відносно низької температури маси (30-35 °C), сповільнення випаровування, подовжується на одну-дві години тривалість окремих періодів сушіння, його середня швидкість становить лише 5,6 %/год проти 7,3 %/год і не спостерігається зниження втрат метаболіту.

Подальше скорочення часу теплової дії на метаболіт можливе при зменшенні початкової вологості продукту. При використанні кукурудзяного борошна у складі ферментаційних середовищ, в культуральній рідині наприкінці біосинтезу залишається не утилізована грибом клітковина, яка спричинює погіршення фільтрування на застосовуваних у виробництві матеріалах (фільтрдіагональ + лавсан) через закупорювання їх пор і підвищену вологість біомаси (до 80 %), оскільки міцно утримує вологу за рахунок водневих зв'язків в конгломератах полісахаридів. На підставі лабораторних досліджень до промислового використання запропонований варіант двошарового фільтрування “кукурудзяно-екстрактної” рідини на синтетичних тканинах артикулів 3В3-КТ (нижній шар) та 11В8-КТО (верхній шар), які, порівняно з контролем, дозволяють збільшити швидкість процесу вдвічі і зменшити вологість біомаси на 5 % - з 80 до 75 %, крім того, мають стійкість до тривалої стерилізації, що виправдовує їх впровадження у технологічний процес у випадку використання в якості джерела вуглеводів для живлення продуценту борошна замість патоки зеленої.

Реалізація вищезазначених заходів з інтенсифікації сушіння дозволила зменшити кількість вологи для випаровування на 500 кг, скоротити його

тривалість з 12 до 8 годин при збільшенні середньої швидкості процесу від 150 до 190 кг/год і знизити втрати β -каротину упродовж висушування на 15 %.

Розділ 5. Дослідження процесів одержання кристалічного β -каротину

При реалізації на трьох ступенях промислової екстракційної установки різних варіантів руху матеріальних потоків збільшено середню концентрацію міцел на протитечії – 22,0 г/кг за першими трьома циклами та 17,7 за наступними сьома (при прямо течії – 16,7 і 5,5 г/кг відповідно, рис.8, а) і, якщо в прямо течійній схемі при багатократній обробці біомаси розчинником вміст β -каротину у міцелах на виході з третьої ступені зменшується від циклу до циклу, то при протитечійному екстрагуванні його можна підтримувати на сталому високому рівні (рис. 8, б) завдяки подачі на останню ступінь кожного циклу свіжої порції біомаси замість проекстрагованого шроту. Це дає змогу одержувати висококонцентровані, порівняно з прямо течією, міцели, з яких більшу частину β -каротину переводити у кристалічну форму.

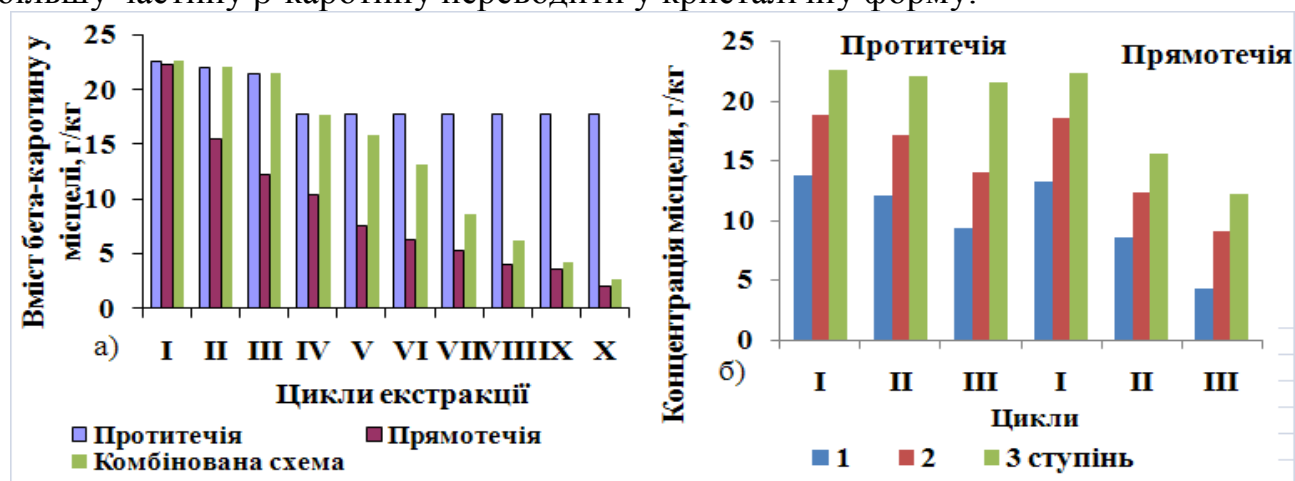


Рис. 8 Вміст β -каротину в міцелах: а) з третьої ступені циклів; б) з кожної ступені.

Наприклад, кількість вилученого з біомаси метаболіту зростає на 32 %, вихід кристалів від кристалізації олійних розчинів – вдвічі. З точки зору можливості одержання в одній технологічній операції декількох каротинвмісних продуктів переваги має комбінована схема, перші три цикли якої здійснюються за принципом протитечії, наступні сім – за прямо течією, до зниження вмісту β -каротину в міцелах до 2-3 г/кг. При цьому міцели з п'яти циклів направляються на кристалізацію для отримання кристалів та, відповідно, 30 %-ї суспензії, наступні - для приготування 1 %-х, 0,2 %-х розчинів, виробіток яких зростає на 50-70 % порівняно з іншими схемами.

При вивченні кінетики кристалізації β -каротину показано, що введення примусового охолодження міцели (з подачею холодоносія в рубашку кристалізатору) від температури екстракції (95 °С) до 30 °С з інтенсивністю 0,4-0,45 °С/хв прискорює формування зародків твердої фази: тривалість індукційного періоду, за якого початкова концентрація розчину лишається сталою, скорочується на 8 годин, зниження вмісту розчинної форми метаболіту відмічається вже з 16-тої години процесу і наприкінці першої доби кристалізації становить 5 % (при самоохолодженні – лише 1,5 %). Подальше

зменшення температури та, відповідно, розчинності цільового компонента, дозволяє одержувати пересичені розчини за нижчого вмісту β -каротину: в інтервалі 28-30 °С кристалізація самоприпиняється при досягненні вмісту метаболіту у місцелі 14 г/кг, за 18-20 °С ця величина становить 11 г/кг і, таким чином, розширюється діапазон концентрацій, в якому триває процес. Механічне перемішування розчину усереднює вміст твердої фази в об'ємі рідини (у стані спокою вона осідає на дно апарату) і значна її частина бере участь в процесі росту зародків, кількість утворених кристалів підвищується тільки за певної швидкості обертання мішалки (рис. 9), в інших випадках лишається майже однаковою, проте більшою, ніж без перемішування. Крім того, відсутня необхідність в постійній роботі мішалки, достатньо проводити періодичне розмішування місцелі, перевага якого полягає у почерговому забезпеченні умов для транспорту молекул до часточок нової фази і нарощування розмірів кристалів. Залежність кількості утворених кристалів від досліджених технологічних факторів математично представлена рівнянням (3):

$$C_K = 1,87 + 4,711gT + 2,621gn - 2,051g\tau, \quad R^2 = 0,98 \quad (3)$$

де C_K – вміст кристалів у розчині, г/кг; T – температура кристалізації, °С; n – швидкість обертання мішалки, $хв^{-1}$; τ – періодичність перемішування розчину, год; R^2 – коефіцієнт множинної кореляції.

Отже, переходу більшої кількості розчинної форми цільової речовини в кристалічну сприяє підтримання в умовах установки температури процесу 18 - 20 °С і періодичне, кожні 4 години перемішування суміші за 80 $хв^{-1}$. За такого

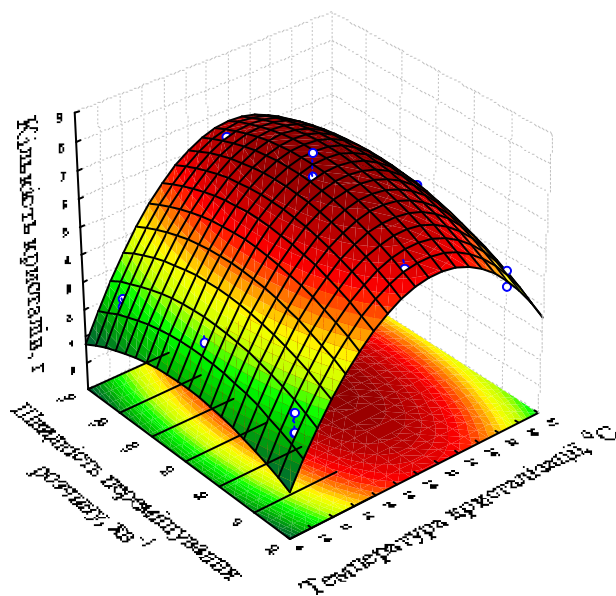


Рис. 9 Утворення кристалічного каротину за різної швидкості перемішування ($хв^{-1}$) і температури олійного розчину

режиму стає можливим, порівняно з контролем, зростання кількості утворених кристалів з місцел на 60 %, скорочення часу індукційного періоду і половини перетворення на 8 і 6 годин відповідно, зростання загальної швидкості процесу від 0,042 до 0,067 г/(кг·год).

При екстракції β -каротину з біомаси розчинником вилучаються також інші, властиві грибу жиророзчинні сполуки,

котрі переходять у рідинну фазу і потім, під час кристалізації основного компоненту, кристалізуються разом з ним, становлячись домішкою до нього. Хроматографічним аналізом встановлено, що серед цих домішок переважають наступні карбокислоти (%): лінолева – 33, 44; олеїнова – 27, 76; пальмітинова – 15, 23; стеаринова – 10,08; арахідонова – 3, 71; інші - < 3.

Контроль лужного гідролізу - центральної технологічної процедури очищення кристалів здійснюється за показником рН промивної води, досягнення нейтральних значень якого після низки промивань кристалічної маси від надлишку луку та “омилених” кислот свідчить про видалення з неї компонентів – домішок, однак, на нашу думку, ефективність очищення більш точно відбиває кислотне число кристалів, яким можна враховувати зміну вмісту жирних кислот у продукті за ходом проведення технологічного процесу. Показано, що введення попередньої трикратної гідратації вихідної маси для гідролітичного розщеплення триглицеридів, водорозчинних фосфатидів дозволяє, видаливши частку домішок до початку омилення, знизити кислотне число кристалів на 5 одиниць. Разом з тим відмічений певний інтервал значень даного показника (7,5-8,0 мгКОН/г), знизити який лише подальшим збільшенням одиничних гідратацій неможливо, що підтверджує наявність у суміші високомолекулярних водонерозчинних сполук і складний механізм взаємодії води з триглицеридами кристалічної маси: спочатку відбувається первинний розклад зазначених речовин на більш прості компоненти (моно – та дигліцериди), з яких під час другої, третьої гідратації вивільняються жирні кислоти, тому і зниження кислотного числа суміші при цьому більше, ніж після однократної обробки водою.

У виробничих умовах температура лужного гідролізу обмежена 50 °С для запобігання можливій інактивації термолабільного β-каротину. Однак враховуючи, що плавлення окремих компонентів маси (пальмітинової, стеаринової кислот) відбувається при 60-70 °С, для збільшення глибини гідролізу і ефективності очищення температура омилення повинна складати 90-100 °С.

Реалізація зазначених заходів, які полягають в коригуванні технологічного режиму очищення кристалів, дозволила досягнути ступеня чистоти кінцевого продукту 75 % (в контролі – 53 %), що відповідає збільшенню обсягів виробітку кристалічного β-каротину на 33 % з однієї технологічної операції переробки вихідної суміші.

ВИСНОВКИ

1. На підставі проведених досліджень удосконалено технологію каротинвмісних продуктів, інтенсифіковано процеси біосинтезу, зневоднення біомаси *Blakeslea trispora* та отримання кристалічного β-каротину шляхом зміни відповідних технологічних режимів.
2. Виявлено, що максимальне каротиноутворення грибом *B. trispora* відбувається за рО₂ культуральної рідини 20-30 %; зростання концентрації кисню до 50 % насичення середовища стимулює ростові

- процеси культури, спричинює їхнє переважання над біосинтезом β -каротину.
3. Встановлено значення технологічних параметрів культивування: ступінь аерації – $1,5 \text{ м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{хв})$, швидкість перемішування середовища – 185 хв^{-1} , за яких забезпечується рівень pO_2 20-30 % у фазах каротиногенезу, поліпшується масообмін у біореакторі, що дає змогу інтенсифікувати біосинтез культурою: збільшити кількість цільових продуктів на 10 % (біомаса) і на 34 % (β -каротин), скоротити тривалість ферментації на 9 годин.
 4. Рекомендовано для відтворення результатів біосинтезу у ферментерах двох типів, відмінних між собою за окремими конструктивними характеристиками, вирівняти в них умови масообміну між фазами за коефіцієнтом масопередачі, що на 27 % менше для апаратів II-го типу порівняно з I-м, чого можна досягти збільшенням швидкості перемішування культуральної рідини до 200 хв^{-1} .
 5. Показано, що ефективно зневоднення продукту ферментації досягається у разі заміни застосовуваних у виробництві фільтрувальних тканин матеріалами, придатними до розділення вихідної суспензії з домішками неутилізованої грибом клітковини, та введення додаткового обігріву маси через вал мішалки сушарки, що відповідає зменшенню загальної її кількості у біомасі на 500 кг і часу сушіння на 4 години за рахунок скорочення тривалості першого періоду процесу.
 6. Впроваджено у промислове використання комбіновану схему екстрагування β -каротину з біомаси. Організація протитечії на перших трьох циклах екстракції дозволяє збільшити середню концентрацію місцел на 32 % та одержувати з них кристалічний β -каротин для приготування 30 %-ї суспензії. Місцели з наступних 5-7 прямотечійних циклів використовуються для виробництва 1 %-х, 0,2 %-х олійних розчинів провітаміну А, виробіток яких зростає на 50 % порівняно з чинною схемою.
 7. Удосконалено технологічний режим кристалізації β -каротину. Зростанню на 60 % кількості кристалів цільової речовини сприяє підтримання температури розчину $20 \text{ }^\circ\text{C}$ і його періодичне перемішування (30 хвилин кожні 4 години) за швидкості 80 хв^{-1} .
 8. Визначено у складі неочищених кристалів β -каротину вміст вільних карбоксилот, серед яких переважають лінолева, олеїнова, пальмітинова і стеаринова; запропоновано технологічні заходи (гідратація кристалічної суміші, збільшення температури лужного гідролізу), які дозволяють підвищити ступінь чистоти кінцевого продукту на 20 %.
 9. Економічний ефект від впровадження розроблених технологічних заходів складає 52 тис. грн./рік при річному виробництві каротинвмісної продукції 8,4 т (в перерахунку на 100 %-й β -каротин).

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ З ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Кунщикова И.С. Изучение динамики основных параметров периодической культуры *Blakeslea trispora* в промышленном ферментере / И.С. Кунщикова, А.И. Божкова, А.С. Анацкий // Збірник наукових праць ДДТУ. – 2006. – Випуск 7. – С. 275-281.
Особистий внесок дисертанта: дослідження вмісту розчинного кисню у культуральній рідині за фазами розвитку грибної культури.
2. Кунщикова И.С. Сравнение геометрических соотношений конструктивных элементов промышленных ферментеров и их влияние на биосинтез β -каротина / И.С. Кунщикова, Е.А. Кунщикова, С.В. Мосин, А.С. Анацкий // Збірник наукових праць ДДТУ. – 2007. – Випуск 8. – С. 183-187
Особистий внесок дисертанта: аналіз динаміки біосинтезу у ферментерах двох типів, надання рекомендацій щодо вирівнювання в них умов масообміну за рахунок технологічних параметрів.
3. Кунщикова И.С. Интенсификация процесса сушки каротинсодержащей биомассы / И.С. Кунщикова, А.С. Анацкий // Вопросы химии и химической технологии.- 2008.- №1.-С.66-68.
Особистий внесок дисертанта: проведення промислових експериментів, обробка даних.
4. Кунщикова И.С. Анализ эффективности обезвоживания биомассы на фильтр-прессе / И.С. Кунщикова, А.С. Анацкий // Вопросы химии и химической технологии.- 2008.- №3.-С.34-37.
Особистий внесок дисертанта: обґрунтування причин підвищеної вологості біомаси, низької ефективності зневоднення її повітрям.
5. Гуляев В.М. Дослідження кінетики кристалізації β -каротину з олійних розчинів / В.М. Гуляев, А.С. Анацький // Збірник наукових праць ДДТУ. – 2011. – Випуск 1 (16). – С. 197-201.
Особистий внесок дисертанта: одержання математичної залежності кількості утворених кристалів β -каротину від технологічних параметрів кристалізації.
6. Гуляев В.М. Удосконалення промислового способу очищення кристалів β -каротину / В.М. Гуляев, А.С. Анацький // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. - №4. – С.43-45.
Особистий внесок дисертанта: розробка комплексу технологічних заходів щодо збільшення ступеня чистоти кристалічного β -каротину.
7. Анацький А.С. Вплив ступеня аерації культуральної рідини на біосинтетичну активність грибної культури *Blakeslea trispora* / А.С. Анацький, Є.О. Кунщикова // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. - 2009.- №7.-С.15-19.
Особистий внесок дисертанта: математична обробка результатів дослідних ферментацій, надання рекомендацій щодо ведення технологічного процесу культивування.

8. Анацький А.С. Шляхи інтенсифікації процесу сушіння каротинвмісної біомаси / А.С. Анацький // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції “Сучасні наукові досягнення - 2008”, 29-30 листопада 2008 р. – Миколаїв: Ажур-Експрес, 2008 – Т.3. – С. 130-132.
Особистий внесок дисертанта: визначення можливих шляхів посилення випаровування вологи на сушильній установці.
9. Анацький А.С. Автоматичне управління режимом аерації культуральної рідини у виробництві β-каротину / А.С. Анацький // Матеріали Четвертої Міжнародної науково-практичної конференції “Наукові-дослідження – теорія та експеримент - 2009”, 18-20 травня 2009 р. – Полтава: Інтер-графіка, 2009 – Т.6. – С. 8-9.
Особистий внесок дисертанта: технічне рішення питання підтримання заданих значень pO_2 культуральної рідини упродовж ферментацій.
10. Анацький А.С. Підбір фільтрувальних тканин для ефективного збездоднення каротинвмісної біомаси / А.С. Анацький, Є.О. Кунцікова // Матеріали Першого Міжнародного конгресу “Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування.”, 28-29 травня 2009 р. – Львів: Львівська політехніка, 2009 – С. 51.
Особистий внесок дисертанта: дослідження з пошуку матеріалів для фільтрування культуральної рідини на кукурудзяно-екстрактній основі, промислове випробування відібраних зразків тканин.
11. Гуляєв В.М. Порівняння промислових способів екстракції β-каротину з біомаси *Blakeslea trispora* / В.М. Гуляєв В.М., А.С. Анацький // Матеріали П'ятої Міжнародної науково-практичної конференції “Розвиток наукових досліджень 2009”, 23-25 листопада 2009 р. – Полтава: Інтер-графіка, 2009 – Т.6. – С.58-59.
Особистий внесок дисертанта: аналіз технологічних показників процесу екстракції за різних варіантів його проведення.

АНОТАЦІЯ

Анацький А.С. Удосконалення технології каротинвмісних продуктів *Blakeslea trispora*. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 03.00.20 – біотехнологія. – Національний університет харчових технологій Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, Київ, 2012.

Дисертація присвячена удосконаленню технологічних режимів на основних стадіях промислового виробництва каротинвмісних продуктів для інтенсифікації відповідних процесів, покращення їхніх техніко-економічних показників.

Досліджено зміну вмісту розчинного кисню у культуральній рідині при промислому культивуванні *Blakeslea trispora* по фазам розвитку періодичної

культури. Встановлено діапазон pO_2 і значення технологічних параметрів (ступінь аерації, години біосинтезу для її зміни, швидкість перемішування), за яких відбувається максимальне утворення β -каротину продуцентом, скорочення тривалості ферментації за рахунок інтенсифікації ростових процесів.

Визначено кількісні показники сушіння вологої біомаси, можливі шляхи його інтенсифікації. Здійснено підбір матеріалів для ефективного зневоднення продукту ферментації при фільтруванні культуральної рідини.

Запропоновано комбіновану схему екстрагування β -каротину з біомаси для одночасного виробництва декількох каротинвмісних продуктів. Досліджено процеси одержання кристалічного β -каротину, наведено рекомендації для збільшення виходу і ступеня чистоти кристалів.

Ключові слова: β -каротин, біомаса, розчинний кисень, аерація, сушіння, екстрагування, кристалізація, очищення кристалів.

АННОТАЦИЯ

Анацкий А.С. Усовершенствование технологии каротинсодержащих продуктов *Blakeslea trispora*. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 03.00.20 – биотехнология. – Национальный университет пищевых технологий Министерства образования и науки, молодежи и спорта Украины, Киев, 2012.

Диссертация посвящена усовершенствованию технологических режимов получения каротинсодержащих продуктов на основных стадиях промышленного производства (ферментация, сушка, экстракция), изучению влияния комплекса факторов на протекание соответствующих процессов с целью их интенсификации, улучшения технико-экономических показателей.

На стадии ферментации проведено комплексное изучение влияния условий аэрации-перемешивания культуральной жидкости на интенсивность биосинтеза продуцентом *Blakeslea trispora*. Для контроля процесса введен показатель pO_2 – насыщение среды растворенным кислородом, измерения которого показали, что накопление биомассы культурой осуществляется при снижении концентрации кислорода от максимального до 20-30 % насыщения, каротинообразование в фазах осуществляется при двух ее различных диапазонах – 30-40 и 6-12 %. В опытных ферментациях с изменением расхода аэрирующего воздуха на различные часы, то есть фазы развития культуры, установлено, что биосинтез β -каротина происходит при любом насыщении среды кислородом, однако максимальное его количество накапливается при поддержании pO_2 в фазах каротиногенеза на уровне 20-30 %, выше и ниже которого продукция метаболита грибом ограничивается. При увеличении степени аэрации культуральной жидкости в первые сутки интенсифицируется размножение клеток посевного материала, сокращается продолжительность фаз роста и, в целом, всего процесса. Также отмечен положительный эффект на биосинтез увеличения скорости перемешивания среды, однако он не связан с влиянием на концентрацию растворенного кислорода, которая в интервале 140-

185 мин⁻¹ остается примерно на одном уровне, а лишь с улучшением условий массообмена между фазами биомасса-жидкость. При реализации предложенного технологического режима культивирования установлена разница в 12-15 % при одинаковых технологических параметрах накопления целевых продуктов грибом в аппаратах, отличающихся между собой по отдельным конструктивным характеристикам (число отражательных перегородок, расстояние между ярусами мешалок, площадь отверстий барботеров). Вследствие этого в ферментерах II-го типа создаются менее благоприятные условия массообмена между фазами, что является причиной снижения концентрации растворенного кислорода и продуктивности культуры. Сравнение коэффициента массопередачи для двух типов оборудования указывает, что приведение условий массообмена во втором аппарате в соответствие с первым по данному параметру масштабирования, который на 27 % меньше для одного из них, и воспроизведение результатов биосинтеза возможно при дальнейшем увеличении в нем скорости перемешивания среды – до 200 мин⁻¹.

На стадии сушки обобщены производственные данные по процессу, установлены его периоды и их количественные показатели. Показано, что удаление влаги из продукта ферментации происходит в три периода, переход между которыми характеризуется падением скорости испарения в 2-4 раза, интенсификация процесса на действующей установке состоит в снижении влажности материала после фильтрования и усилении испарения влаги. В частности, для эффективного обезвоживания биомассы, полученной на кукурузно-экстрактных средах с использованием кукурузной муки, характеризующейся повышенной влажностью (до 80 % против 72-75 % на паточно-экстрактных) из-за содержащихся в ней примесей не утилизируемой грибом клетчатки, на основании лабораторных исследований к промышленному применению рекомендованы синтетические материалы, позволяющие повысить скорость фильтрования такой культуральной жидкости в 2-2,2 раза и снизить на 4-5 % ее влажность по сравнению с тканями, традиционно используемыми в производстве (фильтр-диагональ и лавсан), что соответствует уменьшению общего количества влаги в биомассе на 500 кг и общего времени сушки на 2 часа за счет сокращения продолжительности первого периода. Введение дополнительного обогрева массы в процессе сушки через вал мешалки сушилки позволяет повысить скорость испарения влаги с 280 до 330 кг/ч в первом периоде и, в среднем, со 150 до 190 кг/ч, что приводит к дополнительному сокращению длительности процесса, составляющей при этом 8 ч вместо 12.

На стадии экстракции исследованы процессы экстрагирования метаболита из биомассы, его последующей кристаллизации из масляных растворов и очистки кристаллов с целью увеличения выхода и степени чистоты кристаллического β-каротина, расширения ассортимента продукции, получаемой за одну технологическую операцию переработки исходного продукта. Технологический анализ-сравнение различных вариантов

организации промышленной экстракции для оценки возможности одновременного получения нескольких каротинсодержащих продуктов позволил рекомендовать к использованию комбинированную схему экстрагирования – промежуточную между прямо- и противоточной. Организация противотока на первых трех циклах дает возможность получать высококонцентрированные мисцеллы, которые затем направлять на кристаллизацию, выделять из них кристаллический β -каротин для выработки 30 %-й суспензии, мисцеллы с последующих 5-7 проточных циклов использовать для приготовления 1 %, 0,2 %-х масляных растворов провитамина А. В исследованиях кинетики кристаллизации установлено, что переходу большего количества растворенной формы β -каротина в кристаллическую способствует постоянное охлаждение раствора и периодическое перемешивание при определенной скорости вращения мешалки (80 мин^{-1}) – таким образом за 120 часов процесса удается снизить концентрацию кристаллизационного раствора на 7-8 г/кг, против 3-4 г/кг в контроле. При изучении состава неочищенных кристаллов установлены доминирующие компоненты - примеси в смеси, совокупность свойств которой предложено характеризовать кислотным числом, которое использовать для контроля процесса очистки, уточнения его технологических параметров. В частности, перед омылением кристаллической массы предложено проводить ее гидратацию для гидролиза триглицеридов, удаления из нее водорастворимых фосфатидов.

Ключевые слова: β -каротин, биомасса, растворенный кислород, аэрация, сушка, экстрагирование, кристаллизация, очистка кристаллов.

ANNOTATION

Anatsky A.S. – The improvement of technology of caroten's content products of *Blakeslea trispora*.- Manuscript.

The thesis for scientific degree of the candidate of technical sciences on specialty 03.00.20 – biotechnology. – National University of Food Technology, Ministry of Education and Science, Youth and Sports of Ukraine, Kiev, 2012.

Dissertation is devoted to the improvement of the technological modes on the basic stages of industrial production of caroten's content products for intensification of these processes, improvement of their technical-economic indexes.

The change of maintenance of the dissolved oxygen in the cultural liquid during industrial cultivation of *Blakeslea trispora* on the growth's phases of periodic culture is explored. The range of pO_2 and values of technological parameters (expense of aeration air, hours of biosynthesis for its change, speed of mixing) which maximal accumulation of β -carotene by producent is set, abbreviation of duration of fermentation due to intensification of growth processes.

The quantitative indexes of process of drying of moist biomass and its possible ways of intensification are certain. The selection of materials for effective dehydration of the product of fermentation at filtration of cultural liquid is executed

The combined chart of extraction of β -carotene from biomass for simultaneous production of a few carotene's content products is offered. The processes of receipt crystals of β -carotene are explored, recommendations on the increase of degree of cleanness of crystals are resulted.

Key words: β -carotene, biomass, dissolved oxygen, aeration, drying, extraction, crystallization, purification of crystals.