

УДК 663.14.031.232:664.292

Л.Д. Бобрівник, д-р техн. наук
Т.І. Романовська, канд. техн. наук
О.М. Мірошников, канд. хім. наук
Н.Я. Малінова
І.Я. Романовський, д-р техн. наук
Н.І. Левчук, канд. екон. наук

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕКСТРАКЦІЇ ВУГЛЕВОДІВ ВІДЖИМУ ТОПІНАМБУРА

Біотехнологічна переробка цукровмісних рослинних відходів із використанням непатогенних мікроорганізмів дає змогу, комплексно використавши сировину, отримати новий мікробіологічний продукт і зменшити забрудненість оточуючого середовища. Мета досліджень полягала у виявленні оптимальних режимів вилучення вуглеводів з віджиму топінамбура, який є відходом індустріального виробництва. Об'єктами досліджень були сухий топінамбурний віджим та харчові дріжджі.

Топінамбурний віджим висушували при періодичному перемішуванні до 5% вологості на металевих деках, встановлених мішковиною, в умовах Петровського другого цукрового заводу Кіровоградської області. Знизу металеві дека відігравали роль повітропроводу по якому гналося гаряче повітря, нагріте калорифером до 70...80 °С.

Харчові дріжджі виду *Saccharomyces cerevisiae* бралися переважно клібопекарських штамів з метою їх використання для харчових цілей без подальшого перероблення.

Процес екстракції вуглеводів з топінамбурного віджиму оптимізували згідно з попередньо запланованим математичним планом, створеним за допомогою латинських квадратів. Кожен дослід повторювали тричі. Вивчали вплив гідромодуля, температури, рН та тривалості процесу на вміст цукрів в екстракті. Фактори змінювали у таких діапазонах: гідромодуль – від 4 до 13, температуру – від 15 до 90 °С, рН – від 3 до 9, тривалість – з 15 до 60 хв. Критерієм оптимізації параметрів екстракції вуглеводів вбрано: показник вмісту масової концентрації цукрів в екстракті, визначений резорциновим колориметричним методом, та вихід фруктози і фруктозидів з одиниці маси віджиму. Результати експериментів обробляли статистичними методами з використанням пакета *SOPLLOT*.

Методика проведення експерименту полягала у послідовному внесенні в конічну колбу відваженого на аналітичних терезах віджиму топінамбура і відміряного об'єму дистильованої води з попередньо встановленим рН. За 5...10 хв вміст колби нагрівали до потрібної температури на киплячій водяній бані або охолоджували у морозильній камері холодильника. Далі досліді проводили згідно з планом експерименту у водяному ультратермостаті. Після закінчення процесу екстракт відціджували крізь нейлонову тканину і визначали вміст цукрів та сухих речовин, а також об'єм і рН екстракту. Масову частку сухих речовин визначали рефрактометричним методом. Основні показники отриманих екстрактів подано у табл. 1. Для цього експерименту дисперсія відтворюваності експериментальних даних однорідна і довірчий інтервал для значень вмісту вуглеводів в екстракті становить 0,782.

Вплив кожного фактора розглядали окремо на кожному рівні. Розраховували для кожного рівня кожного фактора середнє значення масової концентрації цукрів в екстракті (відгуку факторів). Залежність формалізованих значень факторів від значень їхніх середніх відгуків апроксимували рівняннями.

За допомогою регресійного аналізу встановлено, що залежність масової концентрації цукрів водного екстрак-

ту від гідромодуля описується рівнянням першого порядку з поясненням 95 % експериментальних даних; зв'язок концентрації цукрів з температурою – рівнянням другого порядку з поясненням 96% даних; вплив тривалості екстракції описується рівнянням другого порядку з поясненням 36 % даних.

Таблиця 1
Умови проведення експерименту та основні показники водного екстракту топінамбурного віджиму*

№ дос- лїду	Гїдромо- дуль	Темпера- тура, °С	рН	Тривалї- сть, хв	Фруктоза, визначена резорцино- вим методом, г/100см³	СР, %	V, см³
1	10	15	7	30	2,82	6,0	146
2	13	40	9	45	4,63	5,5	160
3	7	90	5	15	6,98	10,1	128
4	4	65	3	60	13,74	16,9	90
5	10	40	5	60	8,26	7,3	154
6	4	15	9	15	9,80	14,5	85
7	7	65	7	45	8,98	9,9	134
8	13	90	3	30	2,08	5,5	158
9	13	65	5	30	3,90	5,4	164
10	10	90	9	60	6,23	7,2	146
11	4	40	7	15	13,30	16,8	100
12	7	15	3	45	4,71	8,5	124
13	4	90	7	45	12,35	18,1	90
14	7	40	3	30	8,43	9,9	134
15	13	15	5	60	1,89	4,7	152
16	10	65	9	15	5,64	6,8	150

* рН водного екстракту топінамбура у кожному досліді майже однакове і становить 6,2

Методика експерименту не дала можливості встановити зв'язок між масовою концентрацією цукрів екстракту та активною кислотністю екстрагента, що може пояснюватися вмістом у топінамбурному віджимі речовин, які створюють забуференість екстракту. Що стосується тривалості екстракції, то очевидно, що у такому широкому діапазоні та порівняно з іншими факторами її вплив несуттєвий.

Адитивно-нелїнійне рівняння має вигляд $y = (14,245 - 2,916x_1 - 0,4875 + 6,4485x_2 - 1,1575x_2^2 + 12,275 - 5,023x_1 + 0,965x_3^2) : 3$, де x_1 – гідромодуль екстракції; x_2 – температура процесу екстракції; x_3 – тривалість процесу; y – масова концентрація цукрів водного екстракту топінамбура, визначена колориметричним резорциновим методом. Усі змінні рівняння мають формалізовані значення, що дає змогу порівнювати їхній вплив на залежну змінну в діапазонах, які досліджували.

Встановлено, що найбільший вплив на процес екстракції цукрів справляють температура та гідромодуль. Тривалість процесу на цьому етапі впливає значно менше. Судячи із знаків, які стоять перед змінними у рівнянні,

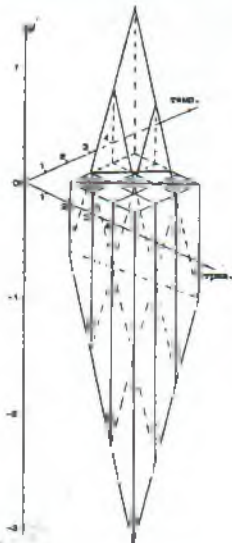
видно, що чим менший гідромодуль (відношення частки води до частки віджиму), тим більша концентрація цукрів, і що найкоротша тривалість процесу (яка вивчалася в експерименті) достатня для отримання водного екстракту. Виявлено, що підвищення температури дає певне збільшення концентрації цукрів в екстракті.

Перша похідна функції виходу цукрів з віджиму топінамбура

$$y' = -0,4968 - 0,7717x_2 + 0,6433x_3$$

дає можливість визначити оптимальні параметри екстрагування вуглеводів віджиму топінамбура.

Графічне зображення першої похідної у тривимірному просторі дає можливість встановити лінію перетину площини першої похідної з площиною нульових її значень. Лінія перетину містить усю сукупність оптимальних значень незалежних змінних, для яких залежна змінна має найбільші значення (рисунк).



Множина оптимальних параметрів процесу екстракції вуглеводів віджиму топінамбура

З'ясовано оптимальну температуру проведення процесу екстракції. Встановлено, що при 42 °С через 15 хв в екстракт переходить більшість цукрів віджиму.

Цілком логічно, що чим менший гідромодуль, тим більше цукрів у водному екстракті, тому ця залежність має оптимальне значення при граничних значеннях вказаних змінних. Для встановлення оптимального значення гідромодуля визначили вихід цукрів з одиниці маси топінамбурного віджиму. Результати розрахунків зведено в табл. 2. Розраховано, що найбільший вихід цукрів з одиниці маси віджиму буде у разі використання гідромодуля 10.

Щоб виявити оптимальне значення рН екстракції, проведено одnofакторний експеримент з використанням встановлених оптимальних параметрів. Після 5 хв набухання сухого віджиму рН суміші доводили розчином H_2SO_4 або $NaOH$ молярною концентрацією 1 моль/л за допомогою рН-метра. Далі екст-

Таблиця 2
Вихід вуглеводів у екстракт з одиниці маси віджиму топінамбура

Гідромодуль	Середнє значення кількості цукрів в екстракті, г	Кількість віджиму, г	Вихід цукрів
4	11,18	40,0	0,28
7	9,53	25,0	0,38
10	7,83	18,2	0,43
13	4,99	14,3	0,35

рагування проводили у водяному ультратермостаті протягом 15 хв, після чого екстракт відділювали та аналізували. Результати наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Вплив рН на процес екстракції

Значення рН екстракту		Вміст СР, %	Середнє значення масової концентрації фруктози, г/100 см ³
початкове	кінцеве		
4	4,5	6,5	5,54
5	5,5	6,9	5,80
6	6,0	7,0	5,80
7	6,5	7,0	5,80
8	7,2	7,5	5,88

Встановлено, що оптимальні значення рН для екстракції вуглеводів не відрізняються від нативного рН топінамбурного соку.

Висновки. За допомогою математичного планування експерименту та статистичного і регресійного аналізу встановлено оптимальні параметри проведення водної екстракції вуглеводів віджиму топінамбура: гідромодуль 10, тривалість 15 хв при 42 °С та інтенсивному перемішуванні. Виявлено, що зміна активної кислотності екстрагента суттєво не впливає на вміст цукрів в екстракті віджиму топінамбура.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грачев Ю.П. Математические методы планирования экспериментов. – М.: Пищ. пром-сть. – 1979. – 199 с.
2. Фертман Г.И., Шойхет М.И. Химико-технологический контроль спиртового и ликероводочного производства. – М.: Пищ. пром-сть. – 1975. – 440 с.

Надійшла до редакції 04.07.98 р.