

ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕТАНОВОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ

Біотрансформація рідких відходів виробництва хлібопекарських дріжджів

**Г.НІКІТІН, академік
Н.ЛЕВІТІНА,
кандидат технічних наук
В.БУБЛІЄНКО, Н.БУБЛІЄНКО,
аспіранти**
Український державний
університет харчових
технологій

Значна частина стічних вод виробництва хлібопекарських дріжджів не піддається очищенню від органічних забруднень. Для зниження забруднень висококонцентровані стоки розбавляють низькоконцентрованими або умовно чистими і після цього направляють у загальний колектор. Ті виробництва, де води очищають, здебільшого використовують хімічні, фізико-хімічні або мікробіологічні методи.

З мікробіологічних методів найчастіше використовують аеробну ферментацію, для чого в аеротенках та окислювальних каналах здійснюють барботування забруднених стоків повітрям. Для ефективної роботи цього методу кількість забруднень у стоках має бути не надто великою, що потребує їх розбавлення, а це, в свою чергу, призводить до збільшення об'ємів та енергозатрат. Недолік цього методу в тому, що значна частина потенційно корисних речовин втрачається, трансформуючись у вуглекислий газ. Крім того, при аераційних методах очищення утворюється значна кількість активного мулу, який також потрібно утилізувати. Кількість забруднень у стічних водах дріжджового виробництва може бути різною і значною мірою залежить від стадії технологічного процесу. Найбільш концентровані стоки, що утворюються на стадії відокремлення дріжджових клітин від культуральної

бражки. Дріжджова бражка містить залишки органічних і мінеральних речовин, що не були використані культурою в процесі росту, та речовини, що утворились у результаті процесів обміну і надійшли в культуральну рідину. Залежно від стадії сепарації ХСК цих стоків коливається в межах 3500—13000 мг O_2 /л.

За рубежом для очищення стоків дріжджових заводів ви-

дріжджів не було.

Бродіння відбувалось у безперервному режимі при температурі 45°C. Для проведення ферментації добові дози завантаження становили 10; 15; 20 і 30% об'єму культуральної рідини в біореакторі. Швидкість розбавлення становила відповідно $4,2 \cdot 10^{-3}$; $6,3 \cdot 10^{-3}$; $8,3 \cdot 10^{-3}$; $1,25 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$. Для стимуляції синтезу вітамінів кобаламінової групи використовували хло-

Таблиця
Продукція біогазу та кобаламінів залежно від швидкості розбавлення

Швидкість розбавлення, $D \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$	Показники					
	без Co			з Co		
	Біогаз		Вітаміни	Біогаз		Вітаміни
	л/л кр	CH_4 %	мкг/г СР	л/л кр	CH_4 %	мкг/г СР
4,2	0,495	85,4	46,7	0,488	83,4	71,1
6,3	0,720	83,7	70,6	0,690	83,2	91,0
8,3	0,950	83,4	73,7	0,882	82,2	94,4
1,25	1,251	80,3	75,3	1,095	79,1	95,1

користують переважно метанову ферментацію, яка не потребує попередньої підготовки стоків, її можна проводити при значній концентрації забруднень. Це дає змогу диференційовано підходити до очищення висококонцентрованих стоків, не змішуючи їх з умовно чистими, що, звичайно, здешевлює вартість процесу. Крім того, при метановому збродженні стоків утворюється значно менше активного мулу. Цей метод — ще й потенційне джерело отримання вітамінів.

Для дослідження процесу метанового бродіння стоків заводу хлібопекарських дріжджів ми використовували дріжджову бражку з цеху сепарації та фільтрації. Забруднення стоків по ХСК становило 4428 мг O_2 /л, кількість сухих речовин — 11,66 г/л, осадку не виділених

риду кобальту в концентрації 5 мкг/л. Це дало змогу дослідити вплив кобальту на процес бродіння в цілому.

Хід процесу бродіння контролювали за кількістю виділеного біогазу, вмістом у ньому метану, глибиною збродження субстрату, хімічним споживанням кисню (ХСК), рН та накопиченням вітамінів групи B_{12} .

Проведені досліди свідчать, що в одиниці об'єму дріжджової бражки при бродінні можна одержати до п'яти об'ємів біогазу, а з одиниці об'єму реактора — 0,5—1,3 л (див. табл.) залежно від швидкості розбавлення. Дослідження показали, що існує пряма залежність між кількістю синтезованого газу й швидкістю розбавлення: чим вона більша, тим більше газу виділяється з одиниці об'єму біореактора.

Але збільшення розбавлення призводить до зменшення приросту об'єму газу порівняно з попереднім. Так, при збільшенні його від $4,2 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$ виділення газу зростає на 45,5%, а при зменшенні з $8,3 \cdot 10^{-3}$ до $1,25 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$ приріст вже становить 31,7%.

Ефективність трансформації забруднень у біогаз визначають за його кількістю на одиницю знятого ХСК (див. рисунок). Вона має зворотну тенденцію до кількості зареєстрованого газу. Тобто, чим більша доза завантаження, тим менша кількість газу утворюється на одиницю знятих забруднень. Глибина очищення при цьому знижується, а ХСК збродженної культуральної рідини зростає.

При метановому бродінні дріжджових стоків можна досягти значного ступеня очищення. Ми одержали максимальну ступінь очищення при найменшій швидкості потоку 77,8% вилучених забруднень, мінімальну — 64,7% при найбільшому потоці. У досліді з кобальтом інтенсивність процесів очищення знижується. Після метаногенезу ХСК збродженної культуральної рідини становить 950–1500 мг $\text{O}_2/\text{л}$. Це дає підстави для застосування аеробних методів доочищення. Така кількість забруднень потребує значно менших витрат на доочищення, ніж при початковому їх рівні.

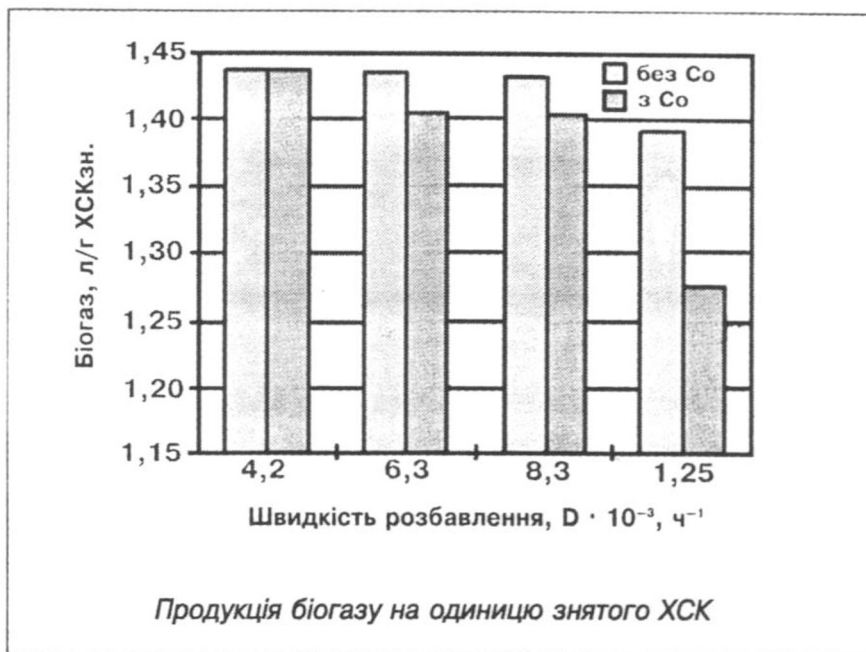
При збродженні дріжджової бражки можна одержувати біогаз із значним вмістом метану. У середньому вміст метану становив 83%. Найбільший його вихід спостерігався при мінімальній швидкості потоку й досягав 85,4%. Збільшення потоку призводило до зменшення кількості метану. Досліди показали, що на метаногенез присутність солей кобальту впливає негативно. Причому із збільшенням завантажень спостерігається синергічний ефект.

Розрахунки свідчать, що проведення метанової ферментації при вибраному температурному режимі та завантаженні 20–30%, процес здатний забезпечити себе необхідною енергією. Так, при завантаженні 20% кількість енергії, що витрачається на нагрівання, підтримання заданої темпера-

тури, перемішування та інші процеси становить 85% кількості, яку можна одержати з виділеного біогазу. При збільшенні дози до 30% практично вся потенційна енергія біогазу йде на підтримання процесу бродіння.

Вітамінний аналіз збродженної культуральної рідини показав, що метанова ферментація відходів дріжджового виробництва дає змогу одержати досить високий вміст вітамінів кобаламінової групи. Досліди показують, що з одного літра

ваних кобаламінів показав, що переважна більшість вітамінів перебуває в активній формі, причому домінує справжня форма вітаміну B_{12} . Застосування кобальту сприяє більш інтенсивному синтезу цієї цінної форми вітаміну. Зростання швидкості потоку впливає на співвідношення між активними й неактивними формами у бік зменшення перших. Якщо мета метанового бродіння — одержання вітамінізованих комплексів, то найкращих результатів за кількістю вітамінів з



збродженної дріжджової води можна одержати 224–591 мкг цианкобаламінів, причому переважатиме вміст активних форм вітамінів. Найбільший вихід вітамінів (у відсутності солі кобальту), що становив 75,3 мкг/г СР, спостерігався при максимальному значенні швидкості потоку. Між швидкістю потоку та виходом вітамінів існує пряма залежність. Застосування солі кобальту стимулювало синтез вітамінів і збільшення їх вмісту. Залежно від потоку приріст кількості вітамінів у присутності кобальту становив 26–52%. Але при збільшенні швидкості потоку стимулюючий вплив кобальту зменшувався, що вказує на пригнічення процесу вітаміноутворення підвищеним вмістом поживних речовин.

Якісний аналіз зареєстро-

урахуванням оптимального вмісту активних форм можна досягти, використовуючи швидкість розбавлення, що коливається в межах $6,3-8,3 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$. Крім того, за цих параметрів вміст справжнього вітаміну B_{12} найвищий. Ці значення швидкості розбавлення підходять як для дослідів з кобальтом, так і без нього. Тому застосування кобальту доцільне, бо сприяє збільшенню загальної кількості вітамінів. До того ж співвідношення активних і неактивних форм краще, ніж у досліді без нього.

Отже, метанова ферментація стоків виробництва хлібопекарських дріжджів — ефективний метод для досягнення високого рівня очищення, вона здатна забезпечити себе енергією й може бути використана для одержання вітамінних препаратів.