

УДК 577.514.537

## ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ УМОВ ВИРОБНИЦТВА ТЕХНІЧНОГО СПИРТУ

Л.О. КОСОГОЛОВА<sup>1</sup>, П.П. ЛОШИЦЬКИЙ<sup>2</sup>, Д.А. КОЛОМІЙЧУК<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Національний авіаційний університет, м. Київ

<sup>2</sup> Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

*В статті досліджено вплив електромагнітного випромінювання високої частоти на дріжджові клітини під час процесу бродіння. Встановлені режими обробки, за яких процес бродіння відбувається максимально ефективно. Результати досліджень свідчать про те, що при обробці дріжджових клітин з частотою 57–68 ГГц протягом 7 хв та на відстані 70 мм від джерела випромінювання збільшує активність дріжджів у 2,5 рази, що дає можливість скоротити процес бродіння до 2 діб. Встановлено, що ефект від опромінення зберігається в наступних генераціях дріжджів, що дає можливість використовувати їх повторно.*

**Ключові слова:** дріжджі, *Saccharomyces cerevisiae* K-81, технічний спирт, бродіння, вплив фізичних факторів, активність культури, високочастотне електромагнітне випромінювання.

**Вступ.** На сьогоднішній день важливою проблемою є оптимізація умов виробництва технічного спирту, так як він має широкі сфери застосування. Технічний спирт широко використовується при виробництві лакофарбової продукції, косметики, парфумів, поверхнево-активних речовин, миючих засобів, його використовують як компонент до палива, який підвищує октанове число [1]. Технічний спирт набув широкого застосування в молекулярній біології для осадження і концентрування ДНК та РНК, у фармації – як розчинник при

отриманні лікарських препаратів, як антисептик [2].

Продуцентами технічного спирту в основному є дріжджі роду *Saccharomyces cerevisiae*. Вони набули широкої популярності в порівнянні з іншими видами дріжджів завдяки своїм властивостям рости на будь-якому цукровмісному середовищі, мати менший термін бродіння (5 – 6 діб), не утворювати високого шару піни при культивуванні, витримувати концентрацію спирту 17 – 18 %, а також виділяти мінімальну кількість шкідливих домішок у продукт [5].

Важливою задачею технолога на спиртовому виробництві є забезпечення оптимальних умов отримання технічного спирту. Існує багато фізичних методів, якими можна цього досягти, але особливий інтерес являє обробка дріжджів електромагнітним опроміненням.

При проходженні електромагнітних хвиль через клітину деякі атоми в результаті поглинання енергії випускають електрони і перетворюються на позитивно заряджені іони. Вільний електрон відразу приєднується до нейтрального атома, який перетворюється на негативно заряджений іон, що призводить до руйнування молекулярних структур. Крім руйнування клітини, дріжджі можна опромінювати з метою активізації їхньої життєдіяльності [9]. Якщо опроміненням збільшити активність дріжджів, то таким чином можна покращити якість готового продукту, а також скоротити технологічний процес, що зменшить собівартість готової продукції.

Стрімкий розвиток спиртової промисловості змушує виробників шукати нові технології, нову сировину, які б забезпечили їх продукції щільне місце на ринку збуту. При цьому підприємці намагаються знизити всі затрати на виробництво якісної конкурентноспроможної продукції до мінімуму. Тому одним із етапів удосконалення технології технічного спирту є скорочення процесу бродіння [3].

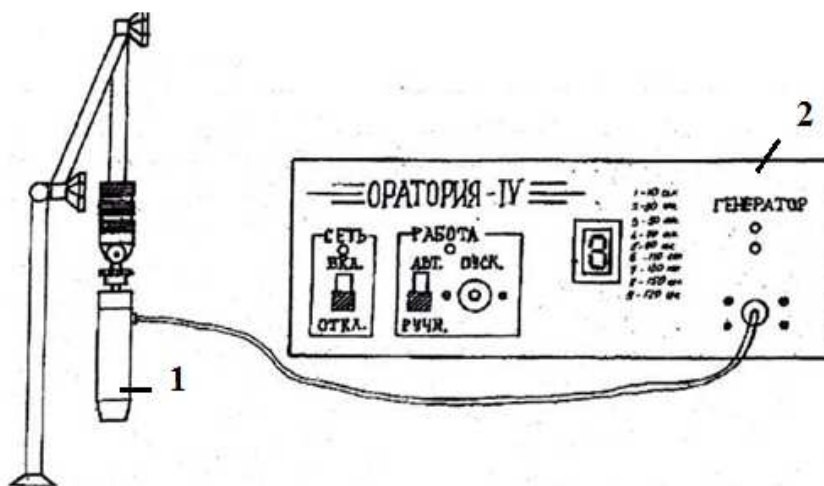
Використання електромагнітного випромінювання в спиртовій промисловості може сприяти вирішенню технологічних задач, пов'язаних зі скороченням процесу бродіння.

**Матеріали та методи досліджень.** Для визначення оптимальних

параметрів електромагнітного опромінення (частота, спосіб опромінювання, тип опромінювання, час, відстань, опромінююча речовина) в якості продуцента використовували штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae K-81*. Визначали оптимальні параметри впливу на функціональні властивості дріжджів, а саме вплив електромагнітного опромінення на дріжджову клітину з метою її активації. В якості активуючої речовини для опромінення використовували різні концентрації розчину цукрози, крапля якого була поміщена між 2 предметними скельцями, саме скельце знаходилось між дріжджами та джерелом опромінення. Для активації дріжджів порівнювали опромінення з використанням цукрози концентрацією від 1,25 % до 20 %, а також 10 % розчинів фруктози, лактози, ксилози, мальтози, глюкози.

Для визначення впливу високих частот на дріжджову клітину використовували випромінювач “Ораторія – IV ” (рис. 1), який має такі технічні характеристики [6]:

- спектральна щільність шуму  $10^{-18}$  Вт/Гц
- частотний діапазон 57–65 ГГц
- модуляція 5–8 Гц
- інтегральна потужність випромінювання  $2 \cdot 10^{-10}$  Вт/см<sup>2</sup>,  $l = 5,5$  мм



**Рис. 1. Ораторія IV : 1 – джерело випромінювання ; 2 – блок живлення**

Для підрахунку кількості живих та мертвих клітин використовували камеру Горяєва-Тома, попередньо пофарбувавши зразки метиленовим синім.

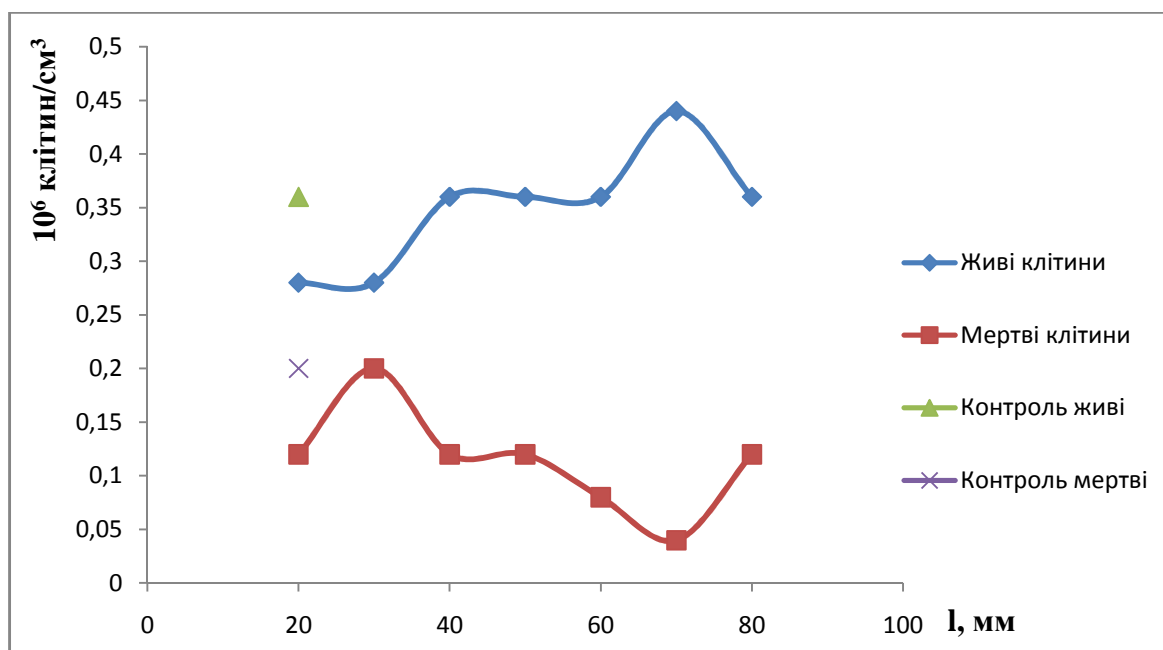
У процесі бродіння визначали показники титруємої та активної

кислотності, вміст сухих речовин.

**Результати та їх обговорення.** Було визначено оптимальну частоту та час опромінення, необхідні для зміни функціональних властивостей дріжджової клітини. Для визначення оптимальної відстані опромінювання між скельцями використовували 10 % р-ин цукру. Результати наведені на рис. 2.

Проаналізувавши дані можна зробити висновок, що найкраще активує дріжджову клітину 10 % р-ин мальтози, так як кількість живих дріжджів складає  $0,48 \times 10^6$  клітин/см<sup>3</sup>, та мертвих  $0,04 \times 10^6$  клітин/см<sup>3</sup>, тоді як у контролі –  $0,24 \times 10^6$  клітин/см<sup>3</sup> та  $0,16 \times 10^6$  клітин/см<sup>3</sup> відповідно.

Хорошою активуючою дією володіє також і сахароза(живих  $0,44 \times 10^6$  клітин/см<sup>3</sup> та мертвих  $0,04 \times 10^6$  клітин/см<sup>3</sup>). Таким чином, активність дріжджів, у порівнянні із контролем, зросла у 2,5 рази.



**Рис. 2. Вплив опромінювання на активацію *Saccharomyces cerevisiae* K-81 в залежності від відстані випромінювача “Ораторія - IV”**

Проаналізувавши отримані дані, можна зробити висновок, що відстань 70 мм від джерела електромагнітного випромінювання є оптимальною для активації дріжджів, так як саме на цій відстані спостерігається збільшення кількості дріжджових клітин на 10% у порівнянні з контролем.

Було визначено оптимальні параметри електромагнітного опромінення (із

частотою 57–65 ГГц, на відстані 70 мм від джерела випромінювання та тривалістю 7 хв) на дріжджову клітину, з метою її активації. Надалі порівнювали процес бродіння з неопроміненими та опроміненими дріжджами. В якості поживного середовища для одержання технічного спирту використовували мелясу. Потім готували дріжджі для бродіння та термостатували 7 діб за температури 30 °С, при цьому визначали вміст сухих речовин, показники активної та титруємої кислотності на третю, п'яту, сьому добу, а також визначили ці показники до початку бродіння. Результати наведені у табл. 1–2.

Таблиця. 1

**Динаміка зміни кислотності при зброджуванні дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* K-81**

Процес бродіння	Активна кислотність, рН				Загальна титруєма кислотність, 0,1 М-на дм <sup>3</sup> NaOH			
	Бродіння (діб)							
	1	3	5	7	1	3	5	7
Опромінені дріжджі	5,80	5,60	5,45	5,30	1,90	1,92	1,96	2,10
Неопромінені дріжджі	6,00	5,95	5,63	5,34	1,85	1,89	1,95	1,98

Таблиця.2

**Динаміка зміни сухих речовин при зброджуванні дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* K-81**

Процес бродіння	Вміст сухих речовин, %			
	Бродіння (діб)			
	1	3	5	7
Опромінені дріжджі	11,0	9,0	7,7	5,4
Неопромінені дріжджі	11,0	10,0	8,4	7,0

Отримані дані ілюструють те, що всі показники під час бродіння з опроміненими дріжджами змінились у кращу сторону, у порівнянні з неопроміненими (на кінець бродіння активна кислотність суслу з опроміненими дріжджами складала 5,30 та з неопроміненими – 5,34, загальна титруєма

кислотність – 0,58 (0,1 М-на  $\text{дм}^3$  NaOH) – 0,85 (0,1 М-на  $\text{дм}^3$  NaOH), вміст сухих р-ин 5,40 – 7,0 % відповідно). Також було прослідковано вплив електромагнітного випромінювання на дріжджі різних генерацій. Результати досліджень наведені у табл. 3–4.

Таблиця. 3

**Динаміка зміни сухих речовин при зброджуванні  
дріжджів різних генерацій**

Процес бродіння	Вміст сухих речовин, %			
	Бродіння (діб)			
	1	3	5	7
<b>Неопромінені дріжджі</b>				
перша генерація	11,00	10,60	7,80	6,00
друга генерація	11,00	9,20	7,20	6,20
третя генерація	11,00	10,60	8,60	6,80
<b>Опромінені дріжджі</b>				
перша генерація	11,0	10,0	6,60	5,40
друга генерація	11,0	8,20	6,0	5,10
третя генерація	11,0	10,20	8,0	6,40

Таблиця. 4

**Динаміка зміни кислотності при зброджуванні  
дріжджів різних генерацій**

Процес бродіння	Загальна титруема кислотність, 0,1 М - на $\text{дм}^3$ NaOH			
	бродіння(діб)			
	1	3	5	7
<b>Неопромінені дріжджі</b>				
перша генерація	1,85	1,89	1,93	1,98
друга генерація	1,83	1,88	1,9	1,93
третя генерація	1,82	1,84	1,87	1,9
<b>Опромінені дріжджі</b>				
перша генерація	1,90	1,92	1,96	2,1
друга генерація	1,88	1,9	1,93	1,96
третя генерація	1,86	1,88	1,9	1,92

Таблиці ілюструють, що при бродінні з опроміненими дріжджами, вміст сухих речовин третьої генерації дріжджів є гіршим, ніж у першої (6,4–5,4 % відповідно), це означає, що дріжджі третьої генерації є менш активними, проте вони є активнішими за неопромінені дріжджі (6,4–6,8 %).

За значеннями кислотності, як і по вмісту сухих речовин, можна зробити висновок, що хоч активність опромінених дріжджів з кожною генерацією і знижується, проте зберігається та є вищою, ніж у неопромінених дріжджів. Відповідні значення загальної титруємої кислотності для дріжджів першої та третьої генерації на кінець бродіння (2,1 0,1 М-на  $\text{дм}^3$  NaOH та 1,92 0,1 М-на  $\text{дм}^3$  NaOH відповідно), та для дріжджів третьої генерації та неопромінених (1,92 0,1М-на  $\text{дм}^3$  NaOH та 1,9 0,1 М-на  $\text{дм}^3$  NaOH).

### ВИСНОВКИ

Досліджено вплив електромагнітного випромінювання високої частоти (57–65 ГГц) на зброджування різних цукрів.

Показано, що оптимальними параметрами для підвищення активності *Saccharomyces cerevisiae* K-81 є опромінювання високочастотним електромагнітним випромінюванням із частотою 57–65 ГГц, на відстані 70 мм від джерела випромінювання та тривалістю 7 хв.

Встановлено, що після процесу бродіння активність опромінених дріжджів зберігається у порівнянні з неопроміненими. Наступну генерацію можна використовувати повторно, обробивши її електромагнітним випромінюванням.

Рекомендовано послідууючу генерацію дріжджів опромінювати електромагнітним випромінюванням з частотою 57–65 ГГц на відстані 70 мм від джерела випромінювання упродовж 7 хв, що дасть можливість використовувати їх повторно.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Яровенко В.Л. Технология этилового спирта / Яровенко В.Л., Маринченко В.А., Смирнов В.А. / Под ред. проф. Яровенко В.Л. – М.: Колос-Пресс, 2002. – 465 с.

2. Яровенко В.Л. Научно-технический прогресс в спиртовой и ликероводочной отрасли промышленности / В.Л. Яровенко. – М.: Пищевая промышленность, 2001 – 256 с.

3. Поляков В. А. Перспективные биотехнологические процессы для спиртовой промышленности / Поляков В. А., Римарева Л. В., Ксандопуло Г. Б. // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2002. – №1. – С. 6–8.

4. Лихтенберг Л. А. Влияние технологических приемов на качество спирта / Л. А. Лихтенберг // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2001. – №2. – С. 28–29.

5. Рациональный выбор расы спиртовых дрожжей / [Римарева Л. В., Оверченко М. Б., Игнатова Н. И. та ін.] // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2001. – №2. – С. 19–21

6. Лошицкий П.П. Взаємодія біологічних об'єктів з фізичними полями. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності : Фізична та біомедична електроніка / П.П. Лошицкий – К.: Видавництво “Політехніка”, 2005. – 40 с.

7. Римарева Л. В. Состояние и перспективы развития биотехнологических процессов в пищевой промышленности. / Л. В. Римарева, М. Б. Оверченко. – М.: Пищепромиздат, 2001. – 93 с.

8. Нетрусов А.И. Общая микробиология: учебник для студ. вузов / А.И. Нетрусов, И.Б. Котова. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.

9. Лошицкий П.П. Регулювання властивостей водних розчинів електромагнітним випромінюванням / П.П. Лошицкий, Д.Ю. Минзяк // Електроніка та зв'язок. – 2012. – №4. – С. 14–17.



# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ УСЛОВИЙ ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО СПИРТА

Л.А. КОСОГОЛОВА<sup>1</sup>, П.П. ЛОШИЦКИЙ<sup>2</sup>, Д.А. КОЛОМИЙЧУК<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный авиационный университет, г. Киев

<sup>2</sup>Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

*В статье было исследовано влияние электромагнитного излучения высокой частоты на дрожжевые клетки во время процесса брожения. Установлены режимы обработки, при которых процесс брожения происходит максимально эффективно. Результаты исследований свидетельствуют о том, что при обработке дрожжевых клеток с частотой 57–68 ГГц в течение 7 мин и на расстоянии 70 мм от источника излучения увеличивает активность дрожжей в 2,5 раза, что дает возможность сократить процесс брожения до 2 суток. Установлено, что эффект от облучения сохраняется в следующих поколениях дрожжей, что дает возможность использовать их повторно.*

**Ключевые слова:** *дрожжи, Saccharomyces cerevisia K-81, технический спирт, брожение, влияние физических факторов, активность культуры, высокочастотное электромагнитное излучение.*

## USING OF ELECTROMAGNETIC RADIATION FOR OPTIMIZATION PRODUKTION CONDIDIONS OF TECHNICAL ALCOHOL

L. KOSOHLOVA<sup>1</sup>, P. LOSHYTSKYI<sup>2</sup>, D. KOLOMICHUK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Aviation University, Kyiv

<sup>2</sup>The National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

*The article highlights the influence of high-frequency electromagnetic radiation on yeast cells during the fermentation process. Established processing modes, in which the fermentation process is as efficiently as possible. The results of researches show that in processing of yeast cells with frequency 57–68 GHz during 7 min and at a distance of 70 mm from the source of radiation increases the activity of yeast in 2,5 times. This makes it possible to reduce the fermentation process to 2 days. Installed that the effect of irradiation is stored in the next generation of yeast, which makes it possible to reuse them.*

**Key words:** *yeast, Saccharomyces cerevisiae K-81, technical alcohol, fermentation, influence of physical factors, activity of culture, high-frequency electromagnetic radiation.*