

## THE IMPROVED PROCESS OF THINNING AND SACCHARIFICATION OF ALCOHOL PRODUCTION MIXINGS USING ULTRASONIC TREATMENT

V. Marynchenko, V. Nosenko

*National University of Food Technologies*

L. Marynchenko

*National Technical University of Ukraine «Kyiv Politechnic Institute»*

---

**Key words:**

*Starch raw  
A mixing for alcohol  
Production  
Ultrasonic treatment  
Wort fermentation*

---

**Article history:**

Received 14.08.2013  
Received in revised form  
13.09.2013  
Accepted 08.10.2013

---

**Corresponding author:**

V. Marynchenko

**Email:**

npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The advantage of the use of efficient commercial enzyme preparations in a progressive energy- and resource-saving technology thermo enzymatic treatment of batches is its high price, which leads to an increase in the cost of alcohol was determined. One possible way to intensify the activity of enzyme systems is to implement physical and chemical factors, such as the use of ultrasonic treatment while preparing raw materials to fermentation.

The feasibility of using an ultrasonic treatment of mixing in order to increase the activity of its own grain enzymes of amylolytic and proteolytic activities and thus reduce fuel enzyme preparations on thermo enzymatic treatment and saccharification mixings in test samples by 30 % was investigated. Under these conditions it was founded that the dynamics of wort fermentation increased in 6.6 %; the depth of substrate utilization, in 0.17 g/100 cm<sup>3</sup>; and the alcohol yield, in 2.33 % of volume compared to the control samples.

---

## УДОСКОНАЛЕНИЙ СПОСІБ РОЗРІДЖУВАННЯ І ОЦУКРЮВАННЯ ЗАМІСІВ СПИРТОВОГО ВИРОБНИЦТВА З ВИКОРИСТАННЯМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВПЛИВУ

В.О. Маринченко, В.Є. Носенко

*Національний університет харчових технологій*

Л.В. Маринченко

*Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут»*

*У статті експериментально обґрунтовано доцільність використання ультразвукового оброблення замісу з метою підвищення активності власних ферментів зерна амілолітичної, глюколітичної та протеолітичної дії та, відповідно, зменшення витрати ферментних препаратів на термоферментативну обробку й оцукрювання замісів у дослідних зразках на 30 %. За таких умов встановлено інтенсифікацію динаміки зброджування суслу на*

6,6 %, збільшення глибини утилізації субстрату — на 0,17г/100 см<sup>3</sup>, підвищення виходу спирту — на 2,33 % об. порівняно з контролем.

**Ключові слова:** крохмалевмісна сировина, заміс спиртового виробництва, ультразвукове оброблення, зброджування.

Інтенсифікація процесу спиртового виробництва, зменшення його ресурсо-витратності та підвищення виходу спирту є пріоритетним напрямком сучасних технологічних досліджень. Основним видом сировини для виробництва спирту є зерно злакових культур як джерело вуглеводів, азотовмісних речовин, вітамінів і мінеральних компонентів. Зважаючи на матеріаловитратність стадії водно-теплової обробки сировини, зусилля дослідників спрямовано на удосконалення процесу приготування зернових замісів [1].

На переважній більшості спиртових заводів, які перероблюють крохмалевмісну сировину, впроваджено прогресивну ресурсо- й енергозбережну технологію термоферментативної обробки замісів з використанням ферментних препаратів (ФП) розріджуючої та оцукрювальної дії, які замінили солод із високоякісного зерна. Однак використання дороговартісних ферментних препаратів призводить до підвищення собівартості спирту.

Одним із можливих способів інтенсифікації дії власних ферментних систем зерна є дія фізико-хімічних факторів, таких як механоактивація [1], кавітація [2], гідроакустичний вплив [3]. Особливої уваги заслуговує спосіб ультразвукового оброблення сировини з метою підвищення активності ферментів солоду, зерна або мікробних ферментних препаратів [4, 5].

Обладнання для ультразвукового оброблення харчових продуктів умовно поділяють на дві групи залежно від способу отримання ультразвуку. До першої відносять обладнання, в якому застосовують відносно прості за конструкцією рідинні механічні випромінювачі, коливання в яких збуджуються під час взаємодії потоку рідини з твердою випромінювальною системою. Ці випромінювачі дають змогу генерувати ультразвук з частотами до 40 кГц та потужністю, достатньою для багатьох технологічних цілей. Зазвичай використовують пластинчасті гідродинамічні випромінювачі, що являють собою занурене в рідину щілинне сопло, потік з якого натікає на загострену в сторону струменя перешкоду, в якому збуджуються коливання. Установки з гідродинамічним випромінювачем ультразвуку в загальному вигляді складаються з пристрою для подачі рідини під тиском, гідродинамічного перетворювача і приймальної місткості [6].

У випромінювачах другого типу ультразвук виникає за рахунок перетворення електричної енергії в механічну за допомогою п'єзоелектричних чи магнітострикційних перетворювачів. Такі перетворювачі випромінюють, як правило, монохроматичний ультразвук, що дає змогу підвищувати їх ефективність за рахунок резонансних явищ [7].

Метою роботи є дослідження ефективності застосування ультразвукового оброблення замісу у підготовці сировини до зброджування для підвищення активності власних ферментів зерна і зменшення витрати комерційних ферментних препаратів.

Дослідження проводили в лабораторних умовах з використанням помелу зерна кукурудзи з різним ступенем дисперсності помелу:

- 1) заводський з розміром частинок до 1 мм — 90 %;
- 2) лабораторний з розміром частинок до 1 мм — 100 %;
- 3) лабораторний з розміром частинок до 0,5 мм — 100 %.

Гідромодуль помелів змінювали від 1:3 до 1:5, їх крохмалистість визначали за Еверсом, вміст цукрів — антроновим методом [8]. Заміси помелів із зерна піддавали ультразвуковому обробленню від 10 до 30 хв в лабораторному апараті МЕДИТОН з частотою 44 кГц та інтенсивністю 1,2 Вт/см<sup>2</sup>.

Як джерело  $\alpha$ -амілази використовували ферментний препарат Термамил СЦ ДС в кількості 0,57 кг на 1 т умовного крохмалю, глюкоамілази — Глюкозид 200Л в кількості 0,71 кг на 1 т умовного крохмалю.

Для зброджування сусла використовували дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* ДТ-05 М. Зброджування сусла проводили методом «бродильної проби» у конічних колбах протягом 72 год за температури 30 °С. Динаміку зброджування сусла контролювали за виділенням діоксиду вуглецю ваговим методом кожні 12 годин, починаючи з 12 год бродіння [8].

У зрілій бражці визначали вміст спирту рефрактометричним методом, масову концентрацію незброджених цукрів і нерозчинного крохмалю — фотоколориметричним методом з резорциновим реактивом [8].

Після оброблення замісів із помелів різних гідромодулів в ультразвуковій установці визначали накопичення цукрів у замісі та розраховували частку перетвореного крохмалю (табл. 1). Слід зазначити, що температура замісів протягом оброблення збільшувалась протягом 30 хв від 65 до 90 °С залежно від гідромодуля, але з'ясовано, що дія лише температури не спричиняє таких перетворень [5].

Як видно з результатів, якість помелу і тривалість ультразвукового оброблення суттєво впливає на вміст цукрів у замісі, але, зважаючи на прикладний характер досліджень, для практичного застосування доцільно обрати гідромодуль 1:3. Це зумовлено необхідністю економії теплових ресурсів наступного етапу виробництва спирту — брагоректифікації, зважаючи на прагнення досягнути найбільшої концентрації спирту в бражці.

Отже, для подальших досліджень було обрано такі умови приготування замісу: лабораторний помел з розміром частинок до 0,05 мм — 100 %, гідромодуль 1:3, тривалість ультразвукового оброблення 30 хв. Зважаючи на перетворення близько 40 % крохмалю на цукри, з метою зменшення витрат внесених комерційних ферментних препаратів їх кількість було зменшено на 30 % і 50 % порівняно з контролем.

Для підтвердження ефективності ультразвукового оброблення сировини на подальше зброджування сусла дріжджами дослідили динаміку виділення діоксиду вуглецю під час бродіння, глибину утилізації вуглеводів і концентрацію спирту в бражці (табл. 2, 3, 4).

Як видно із дослідних даних, попереднє ультразвукове оброблення замісу протягом 30 хв та одночасного зменшення витрати комерційних ФП на 30 % позитивно впливає на динаміку зброджування, глибину утилізації субстрату і накопичення спирту в бражці. Об'ємна частка спирту в цьому разі збільшувалась на 0,24 % об. порівняно з контролем.

## ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

**Таблиця 1. Накопичення цукрів у замісах різних гідромодулів залежно від тривалості ультразвукового оброблення замісів помелів із зерна**

Тривалість ультразвукового оброблення, хв	Гідромодуль 1:3		Гідромодуль 1:4		Гідромодуль 1:5	
	Вміст цукрів, г/100 см <sup>3</sup>	Перетворено крохмалю в цукри, %	Вміст цукрів, г/100 см <sup>3</sup>	Перетворено крохмалю в цукри, %	Вміст цукрів, г/100 см <sup>3</sup>	Перетворено крохмалю в цукри, %
Заводський помел з розміром частинок до 1 мм — 90 %						
К	2,3±0,01	—	1,8±0,02	—	1,42±0,01	—
10	2,84±0,02	3,4	3,21±0,01	11,2	3,21±0,01	17,1
20	4,92±0,01	16,6	5,67±0,01	30,7	5,67±0,01	40,5
30	7,75±0,01	34,6	8,69±0,01	54,7	8,69±0,01	62,1
Лабораторний помел з розміром частинок до 1 мм — 100 %						
К	2,45±0,01	—	1,97±0,01	—	1,42±0,01	—
10	3,31±0,01	4,7	3,78±0,01	13,9	3,59±0,01	20,0
20	5,10±0,01	16,33	6,05±0,01	31,4	5,86±0,01	40,9
30	8,05±0,01	34,47	8,88±0,01	53,2	8,32±0,01	63,7
Лабораторний помел з розміром частинок до 0,05 мм — 100 %						
К	2,40±0,01	—	1,97±0,01	—	1,40±0,01	—
10	3,02±0,01	3,8	3,40±0,02	10,8	3,02±0,02	14,8
20	7,56±0,01	31,3	7,18±0,01	39,5	6,05±0,02	42,23
30	9,07±0,01	40,4	9,76±0,02	59,0	9,07±0,01	69,7

**Таблиця 2. Динаміка зброджування сусла у разі попереднього ультразвукового оброблення помелів протягом 30 хв**

Тривалість бродіння, год	Кількість виділеного діоксиду вуглецю, г, під час зброджування сусла у разі попереднього ультразвукового оброблення помелів		
	К	за зменшення внесених ФП на 30 %	за зменшення внесених ФП на 50 %
12	4,06	5,03	4,66
24	6,55	7,56	7,17
36	9,54	10,44	9,69
48	11,77	12,78	11,99
60	14,31	15,25	14,21
72	15,71	16,25	15,47

**Таблиця 3. Глибина утилізації вуглеводів сусла у разі попереднього ультразвукового оброблення замісів протягом 30 хв**

Тип вуглеводів	Масова концентрація вуглеводів у зрілій бражці, г/100 см <sup>3</sup> , у разі попереднього ультразвукового оброблення помелів		
	К	за зменшення внесених ФП на 30 %	за зменшення внесених ФП на 50 %
Загальні вуглеводи	0,40	0,22	0,54
Розчинні вуглеводи	0,30	0,16	0,41
Нерозчинений крохмаль	0,1	0,06	0,13

Таблиця 4. Об'ємна частка спирту в дозрілих бражках

Об'ємна частка спирту в дозрілих бражках, % об., у разі попереднього ультразвукового оброблення помелів		
Контроль	за зменшення внесених ФП на 30 %	за зменшення внесених ФП на 50 %
10,30	10,54	10,20

Це пояснюється тим, що ультразвуковий вплив на заміс зернового помелу спричиняє вивільнення й активацію власних ферментних систем зерна, що і дало змогу зменшити внесення додаткових комерційних ФП. Можна передбачити, що збільшився вміст не тільки засвоюваних дріжджами цукрів, але й амінного азоту в суслі, що є суттєвим фактором кращого забезпечення дріжджів амінокислотним живленням білкових речовин зерна.

Результати досліджень вмісту накопичення цукрів після ультразвукового оброблення замісів помелу, динаміка зброджування зернового сусла, одержаного за прогресивною технологією термоферментативної обробки замісів, а також показники зрілої бражки науково й експериментально підтверджують доцільність попереднього ультразвукового оброблення замісів помелів зерна протягом 30 хв. частотою 44 кГц та інтенсивністю 1,2 Вт/см<sup>2</sup>.

### Висновки

У технології спирту із крохмалевмісної сировини із застосуванням термоферментативної обробки замісів амілолітичними ферментними препаратами попереднє ультразвукове оброблення замісів помелів є суттєвим фактором для вивільнення й активації власних ферментних систем зерна, збільшення засвоюваних дріжджами живильних речовин, зменшення дози внесених комерційних ФП, інтенсифікації процесу зброджування і підвищення глибини утилізації субстрату. У разі попереднього ультразвукового оброблення протягом 30 хв частотою 44 кГц та інтенсивністю 1,2 Вт/см<sup>2</sup> замісів помелів з розміром частинок до 0,05 мм — 100 % і гідромодулем 1:3 перетворення крохмалю в цукри збільшувалося на 40,4 %, що дало змогу зменшити витрату комерційних ФП на 30 %, водночас збільшивши інтенсивність зброджування, глибину утилізації субстрату та об'ємну частку спирту в дозрілій бражці — на 0,24 % об.

Запропонований спосіб підготовки зернової сировини до зброджування потребує подальшої оптимізації технологічних параметрів.

### Література

1. *Технологія спирту: підручник для студентів вищих навчальних закладів* / В.О. Маринченко, В.А. Домарецький, П.Л. Шиян [та ін.] // Під ред. проф. В.О. Маринченка. — Вінниця: Поділля-2000, 2003. — 496 с.
2. *Шиян П.Л.* Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: Монографія. — К.: Видавничий дім «Асканія», 2009. — С.33—35.
3. *Маринченко В.А.* Механоактивация сусла спиртового производства / Л.В.Кислая, Р.И. Чипчар // АгроНИИТЭИПП: Пищевая промышленность, отечественный производственный опыт. — 1988. — № 4. — 5 с.

4. *Маринченко В.А.* Влияние ультразвуковой обработки солодового молока на его состав и качество зрелой бражки / В.А.Маринченко, Л.В.Кислая, В.Н.Исаенко, А.В.Антонов, В.А.Усенко // Ферментная и спиртовая промышленность. — 1987. — № 5. — С. 28—30.

5. *Смирнова И.В.* Применение ультразвука в спиртовой промышленности / И.В.Смирнова, А.Н.Кречетникова // Производство спирта и ликеро-водочных изделий. — 2004. — № 2. — С. 37—38.

6. *Акопян В.Б.* Ультразвук в производстве пищевых продуктов / В.Б.Акопян // Пищевая промышленность. — 2003. — № 3. — С. 54—55.

7. *Эльтинер И.Е.* Биофизика ультразвука. — М.: Наука, 1973. — 384 с.

8. *Инструкция* по техническому и микробиологическому контролю спиртового производства. — М.: Агропромиздат, 1966. — 390 с.

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ СПОСОБ РАЗЖИЖЕНИЯ И ОСАХАРИВАНИЯ ЗАМЕСОВ СПИРТОВОГО ПРОИЗВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

**В.О. Маринченко, В.Е. Носенко**

*Национальный университет пищевых технологий*

**Л.В. Маринченко**

*Национальный технический университет «Киевский политехнический институт»*

*В статье экспериментально обоснована целесообразность использования ультразвуковой обработки замеса с целью повышения активности собственных ферментов зерна амилолитического, глюколитического и протеолитического действия и, соответственно, уменьшения расхода ферментных препаратов на термоферментативную обработку и осахаривание замесов в опытных образцах на 30 %. При таких условиях установлена интенсификация динамики сбраживания сусле на 6,6 %, увеличение глубины утилизации субстрата — на 0,17 г/100 см<sup>3</sup> и повышение выхода спирта — на 2,33 % об. по сравнению с контролем.*

**Ключевые слова:** *крахмалосодержащее сырье, замес спиртового производства, ультразвуковая обработка, сбраживание.*