

УДК 663.12/14

З.Г. Піх, д-р хім. наук  
Л.Я. Паляниця, канд. хім. наук  
Н.І. Березовська, канд. хім. наук  
Р.Б. Косів, канд. техн. наук  
О.В. Швабюк, асп.  
Національний університет  
«Львівська політехніка»

## ВПЛИВ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ КАВІТАЦІЇ НА ПРИГОТУВАННЯ ТА ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА ЗІ СПЕЛЬТИ

Запропоновано одержання етилового спирту біоконверсією спельти (*Triticum spelta*). З метою підвищення ефективності використання компонентів даної рослинної сировини застосовано ультразвукову кавітацію на стадії приготування замісу. Досліджено, що кавітаційна обробка зернових замісів покращує реологічні показники сусла та бражки, інтенсифікує процес бродіння, збільшує вихід спирту.

**Ключові слова:** спельта, ультразвук, кавітація, заміс, сусло, бражка.

The getting of etilic alcohol by bioconversion of *Triticum spelta* was propoused. With the aim to enlarge the effectiveness usage of given components, was implement ultrasound cavitation on the mix preparing stage. It was studied that cavitation process of grain mixing improves reological wort's and brew's indicators, accelerate the fermentation's process, increase the alcohol's going out.

**Key words:** spelta, ultrasound, cavitation, mix, wort, brew.

Етанол одержують біоконверсією таких основних культур — пшениці, жита, кукурудзи. Невпинний ріст ціни на зернові культури зумовлює пошук альтернативних джерел сировини для виробництва етилового спирту. Крім цього, все частіше спостерігаються різкі зміни погодних умов, що суттєво впливає на урожайність злакових культур. Цей показник також залежить від ефективності агротехнічних заходів, що надалі впливає на цінову політику.

Зважаючи на усе це, проблему альтернативних джерел можна вирішувати шляхом використання для одержання етилового спирту спельти (*Triticum spelta*). Ця культура — невибаглива до умов оброблення, не потребує підживлення ґрунту, відзначається посухо- і холодостійкістю та скоростиглістю, що дозволяє вирощувати спельту в різних кліматичних зонах.

Плівчастість зерна перешкоджала широкому розповсюдженню цієї культури. Та з розвитком механізації та вдосконаленням обладнання стала можлива обробка та підготовка спельти для одержання харчових продуктів.

З метою підвищення ефективності використання компонентів даної рослинної сировини запропоновано ультразвукову кавітацію на стадії приготування замісу зі спельти.

Ультразвук (УЗ) ефективно впливає на фізико-хімічні властивості сировини. У результаті такої попередньої обробки відбувається повніша екстракція білкових та вуглеводних речовин із рослинного субстрату, що збільшує доступність ферментів до поверхні полісахаридів [1].

Кавітація — утворення в рідині порожнин (кавітаційних бульбашок, або каверн), заповнених газом, паром або їх сумішшю. Це явище виникає в результаті місцевого пониження тиску в рідині, котре може відбуватись при проходженні акустичної хвилі високої інтенсивності під час півперіоду розрідження (акустична кавітація). Переміщуючись із потоком в область з більш високим тиском або під час

## Розділ 1. Процеси та апарати ... виробничих процесів

півперіоду стиску, кавітаційна бульбашка захоплюється, випромінюючи при цьому ударну хвилю. Якщо ударна хвиля зустрічає перепону, то вона руйнує її поверхню. Кавітаційних бульбашок досить багато, і їх захоплення відбувається тисячі разів на секунду, тому кавітація може призвести до значних руйнувань [2]. Цю властивість використовують у процесах розчинення та деполімеризації макромолекул.

Спельту солоди (до 90% прохідності крізь сито з діаметром отворів 1мм) разом із оболонками, оскільки вони важко відділяються. Помели змішували з водою у співвідношенні 1:3 при кімнатній температурі і далі здійснювали кавітаційну обробку протягом 17 хвилин. Час визначався підвищенням температури з 17 °С до 45 °С, оскільки вище цього значення замість може швидко загустівати у зв'язку з клейстеризацією.

Розварювання замісів проводили при 75–80 °С протягом 2–3 годин, оцукрювання — 55–60 °С протягом 30 хвилин. Застосовували ферментні препарати Амилекс 4Т (розріджуючий) та Діазим ССФ (оцукрюючий). Як контрольні зразки готували сусло без обробки ультразвуком.

Отримане сусло надалі зброджували при 33°С протягом 72 годин.

Ефективність протікання гідролізу крохмалю визначається реологічними властивостями сусла, зокрема його в'язкістю та вмістом сухих речовин.

Дослідження показали, що вміст сухих речовин у суслі, приготовленого із застосуванням УЗ, є вищим ніж у контролі (табл.1).

Таблиця 1. Реологічні показники сусла

Варіант	Умови	Час розвар., год.	В'язкість, Па·с	СР, %	pH
К1	Амилекс 4Т, 500 мл/т Діазим ССФ, 900 мл/т	3	$20,98 \cdot 10^{-3}$	14,6	5,87
Д1+УЗ	Амилекс 4Т, 500 мл/т Діазим ССФ, 900 мл/т	3	$23,16 \cdot 10^{-3}$	15,3	5,82
К2	Амилекс 4Т, 500 мл/т Діазим ССФ, 900 мл/т	2	$21,19 \cdot 10^{-3}$	14,6	5,92
Д2+УЗ	Амилекс 4Т, 500 мл/т Діазим ССФ, 900 мл/т	2	$22,30 \cdot 10^{-3}$	15,2	5,92

Динаміку бродіння визначали за масою виділеного CO<sub>2</sub>. Характер динаміки бродіння сусел зі спельти є схожим. Проте криві нагромадження вуглекислого газу на завершальній стадії зразків із ультразвуковою обробкою знаходяться вище від контрольних (рис.1).

По завершенні бродіння здійснювали аналіз бражки, визначаючи її основні показники, а саме вміст спирту, вміст загальних, розчинних, спиртоторозчинних цукрів, декстринів та нерозчиненого крохмалю (табл.2).

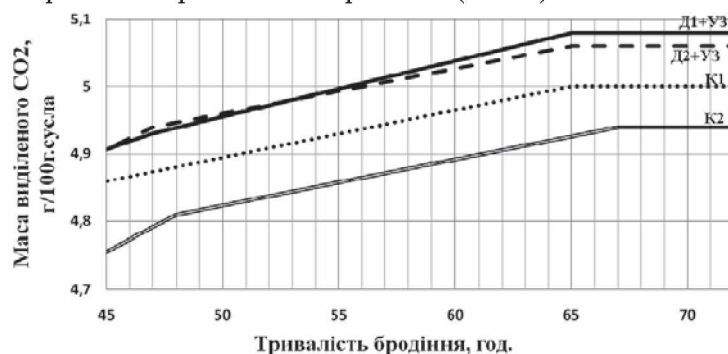


Рис.1. Динаміка бродіння сусел

## Розділ 1. Процеси та апарати ... виробничих процесів

Таблиця 2. Показники бражок

Варіант	К1	Д1+УЗ	К2	Д2+УЗ
Поч. конц. сусла, %	14,6	15,3	14,6	15,2
Саг., г/100мл	0,305	0,324	0,346	0,299
Срозч., г/100мл	0,222	0,285	0,242	0,227
Сспирт., г/100мл	0,083	0,133	0,126	0,125
Сдекстр., г/100мл	0,125	0,137	0,104	0,092
Снерозч. крохм., г/100мл	0,075	0,035	0,094	0,065
Вміст спирту, %об	6,53	6,69	6,38	6,61

Встановлено, що обробка ультразвуком замісу спельти сприяє зниженню вмісту у бражці нерозчиненого крохмалю на 31–53 % порівняно з контролем.

За результатами показників бражки розраховано вихід спирту і побудовано гістограму залежності цього показника від умов приготування сусла (рис.2).

Як видно з гістограми (рис.2), вихід спирту зі спельти при застосуванні ультразвукової кавітації є вищим на 2,45–3,61 % у порівнянні із контролем при однакових умовах гідроферментативної обробки сировини.

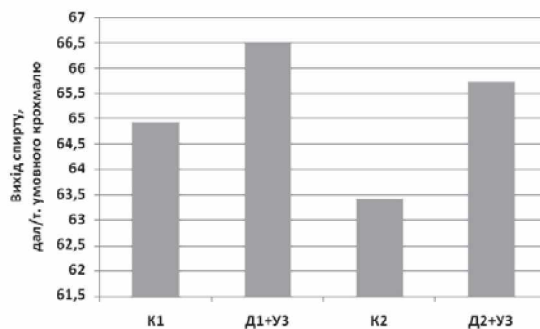


Рис.2. Гістограма виходу спирту (дал/т умовного крохмалю) зі спельти

**Висновок.** Встановлено, що кавітаційна обробка зернових замісів покращує реологічні показники сусла, інтенсифікує процес його бродіння, зменшує вміст нерозчиненого крохмалю в бражці, збільшує вихід спирту. На основі результатів експериментальних досліджень та теоретичних узагальнень запропоновано використання спельти для одержання спиртової бражки та ультразвукової кавітації — на стадії приготування замісу.

### ЛІТЕРАТУРА

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

2. Кавитационные технологии, применяемые в производстве спирта [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.hydronech.kiev.ua/rus/tsg/index.htm>.

Надійшла до редколегії 14.05.2011 р.