

З.М. РОМАНОВА, кандидат технічних наук,
В.С. ЗУБЧЕНКО, кандидат фізико-математичних наук,
Національний університет харчових технологій

ОПТИМІЗУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПИВНОГО СУСЛА ШЛЯХОМ ОБРОБКИ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ

Досліджені процеси, що відбуваються під час приготування пивного сусла під впливом постійного магнітного поля. Визначено оптимальні значення напруженості постійного магнітного поля і тривалості його дії для підвищення стабільності пивного сусла і на покращення його якості.

Ключові слова: магнітне поле, затирання, ферментати, гідроліз, сусло.

Исследованы процессы, которые происходят во время приготовления пивного сусла под влиянием постоянного магнитного поля. Определены оптимальные значения постоянного магнитного поля и время его воздействия на повышение стабильности пивного сусла и улучшение его качества.

Ключевые слова: магнитное поле, затирание, ферменты, гидролиз, сусло.

Сучасне пивоварне виробництво веде пошуки нового підходу до вирішення питань щодо підвищення якості готової продукції, її конкурентоспроможності на ринку, зниження собівартості. Поряд з підвищенням якості продукції актуальним питанням є підвищення ефективності виробництва, однією зі складових якої є ефективне використання сировини — у першу чергу зернопродуктів.

Постає завдання зменшити витрати сировини на одиницю готової продукції (1 дал пива), але при цьому не погіршити якісні показники готового пива. Приготування пивного сусла є першою технологічною стадією у виробництві пива. Суть цієї стадії — переведення у розчинний стан екстрактивних речовин зернопродуктів під дією ферментів солоду і концентрованих ферментних препаратів. Метою цієї технологічної стадії — є досягнення максимального переходу і розчинення речовин, необхідних для формування якісних показників готового пива. Це досягається за умови ефективної роботи ферментів. Отже максимальне використання сировини в першу чергу залежить саме від активності ферментів.

Існує багато наукових розробок спрямованих на дослідження впливу обробки сировини, напівфабрикатів певними фізичними методами на активність ферментів солоду та ферментних препаратів. Проте найефективнішим є вплив електромагнітного та постійного магнітного полів. Обробка вище названими фізичними методами дозволяє активізувати дію ферментів, ферментних препаратів і тим самим збільшити вихід екстракту з одиниці сировини. Це в свою чергу призводить до підвищення ефективності виробництва.

Метою даної роботи було активація та стабілізація ферментативних процесів, що проходять під час затирання зернопродуктів. Для активації ферментів

солоду використовували оброблення пивного затору електромагнітним та постійним магнітним полем.

Задачею досліджень — знаходження ефективнішого способу обробки проміжного продукту (затору) вище названими чинниками, а також їх оптимальних параметрів (термін впливу, величина напруженості), при яких якість готового пивного (лабораторного) сусла буде оптимальною у тому числі за складом розчинних компонентів.

Об'єктами досліджень були водні розчини подрібнених зернопродуктів (затори), приготовані двома способами:

I) на чистому солоді (солод); (електромагнітне та постійне магнітне поле);

II) з використанням несолодженої сировини — ячмінного борошна (солод + ячмінне борошно) (лише постійне магнітне поле) до і після оброблення фізичними чинниками, а також сусло отримане з них.

Після обробки проводили гідроліз, зцукрення та фільтрування отриманих заторів. У готовому лабораторному суслі визначали вміст екстракту, мальтози.

Дослідження проводились в лабораторних умовах, що по можливості були наближені до заводських.

Уся робота поділялась на три етапи. На першому проводили визначення оптимальної тривалості оброблення пивного затору електромагнітним полем, при якій якість готового пивного (лабораторного) сусла була б оптимальною за складом розчинних компонентів. На другому етапі — визначення оптимальної величини напруженості постійного магнітного поля, оптимального часу впливу постійним магнітним полем на затір. На третьому — порівнювали ефективність обробки електромагнітним та постійним магнітним полями, шляхом співставлення величини економії зернової сировини.

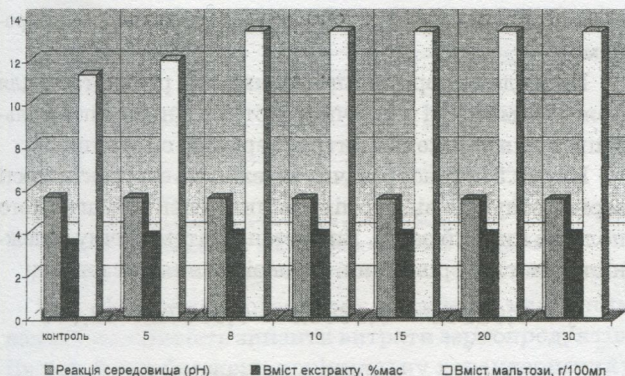


Рис. 1. Залежність зростання вмісту розчинних компонентів сусла від часу оброблення електромагнітним полем

Вплив магнітного поля на показники готового сусла

Показник	Напруженість магнітного поля, час дії											
	Контроль		20 мА/м, 25 хв		40 мА/м, 20 хв		60 мА/м, 15 хв		80 мА/м, 10 хв		100 мА/м, 10 хв	
	Солод	Солод, борошно	Солод	Солод, борошно	Солод	Солод, борошно	Солод	Солод, борошно	Солод	Солод, борошно	Солод	Солод, борошно
Реакція середовища	5,68	5,70	5,69	5,70	5,69	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70
Екстрактивність, %	75,70	74,80	78,6	75,44	78,81	77,04	78,89	77,67	80,26	79,2	79,21	79,12
Вміст екстракту, % мас.	8,10	8,27	8,63	8,65	9,20	8,68	9,28	9,20	9,29	9,24	9,23	9,04
Вміст мальтози, г/100 мл	10,40	10,28	11,72	11,97	12,00	11,97	12,37	12,86	13,2	12,95	12,84	12,15

В таблиці 1 наведено максимальні результати дії магнітного поля на показники лабораторного сусла.

З таблиці 1 видно, що показники сусла, приготованого як на чистому солоді (солод), так і з використанням несолодженої сировини — ячмінного борошна (солод + ячмінне борошно), зростають зі зростанням напруженості магнітного поля до величини 80 мА/м, після чого їхній вміст стабілізується, навіть дещо знижується.

На рис. 2 показано динаміку зростання вмісту мальтози і загального екстракту у лабораторному суслі, приготованому двома способами після оброблення затору магнітним полем. Результати свідчать, що магнітне поле напруженістю 80 мА/м найефективніше для активації ферментів солоду, що дає можливість скорочення часу затирання попереднім обробленням заторів магнітним полем. Сусло, отримане у цьому експерименті, має більший вміст розчинних речовин порівняно з контролем — суслом, затір якого не оброблявся магнітним полем.

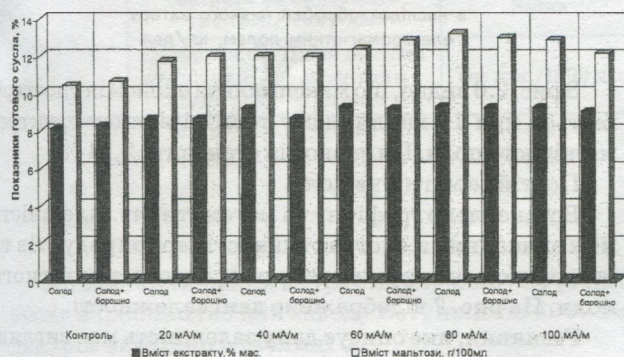


Рис. 2. Графік залежності вмісту екстракту і мальтози від напруженості магнітного поля

На рис. 2.1 відображена закономірність насичення сусла екстрактивними речовинами, що є достатньою після оброблення магнітним полем впродовж 8-10 хвилин. Приведені результати свідчать, що після оброблення заторів, у розчин переходять всі необхідні продукти зернової сировини, які використовуються у подальших процесах пивоваріння.

Сусло, отримане у даному експерименті має більший вміст розчинних речовин порівняно з контролем — суслом, затір якого не підлягав впливу лазерного опромінювання.

Встановлено, що показники готового сусла після оброблення заторів магнітним полем залежать від величини магнітного поля і від часу оброблення.

Таблиця 1

Отже, величина магнітного поля напруженістю 80 мА/м оптимальна для отримання сусла з максимальним вмістом екстрактивних речовин порівняно з контролем.

Визначення оптимального часу перебування розчинів у постійному магнітному полі проводили за величини напруженості постійного магнітного поля 80 мА/м.

Результати аналізу наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Залежність зростання вмісту розчинних компонентів сусла від часу оброблення магнітним полем напруженістю 80 мА/м

Показники готового сусла	Час оброблення магнітним полем, хвилини						
	1	5	8	10	15	20	30
Реакція середовища (рН)	5,64	5,64	5,62	5,62	5,61	5,62	5,62
Екстрактивність, %	70,86	74,84	78,92	80,63	80,61	80,62	80,62
Вміст екстракту, % мас	8,46	8,84	9,25	9,41	9,41	9,40	9,39
Вміст мальтози, г/100мл	11,28	11,97	13,36	13,37	13,29	13,26	13,30
Час одукрення, хв.	25	20	15	15	15	15	15
Загальний азот, мг/100мл	84,34	88,28	96,65	96,70	96,62	96,60	96,60

З табл. 2 видно, що показники готового сусла набувають оптимальних значень при дії на пивні затори магнітним полем напруженістю 80 мА/м впродовж 10 хв.

Показники готового сусла зростають з тривалістю оброблення магнітним полем, причому максимальний ефект спостерігали при тривалості оброблення 8—10 хв. (рис.3).

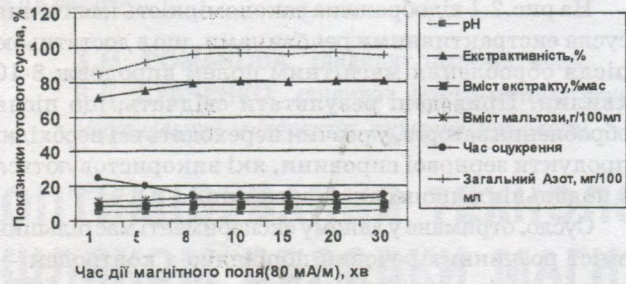


Рис. 3. Графік залежності насичення суслу екстрактивними речовинами від часу дії магнітного поля

На рис. 3 зображено динаміку насичення суслу екстрактивними речовинами, що є достатньою після оброблення магнітним полем напруженістю 80 мА/м впродовж 8—10 хв

Ціллю подальших досліджень впливу постійного магнітного поля на активність ферментів солоду було знаходження динаміки зміни екстрактивних речовин суслу протягом перших 10 хвилин впливу.

Дослідні зразки оброблювали постійним магнітним полем напруженістю 80 мА/м, змінюючи тривалість дії від 20 секунд до 10 хвилин.

Результати досліджень наведено в таблиці 3 та на рис. 4.

Таблиця 3

Динаміка зміни екстрактивних речовин суслу в залежності від терміну обробки магнітним полем

Показники лабораторного сусла, приготованого зі світлого солоду	Тривалість обробки постійним магнітним полем, хв										
	Контр-роль	20с	40с	1	2	3	4	5	6	7	10
Вміст екстракту, %	4,60	4,65	4,75	4,90	4,95	4,97	4,98	5,00	5,00	4,90	5,00
Вміст мальтози, мг/100 см ³ сусла	17,38	17,46	17,51	17,64	17,65	17,63	17,64	17,65	17,65	17,66	17,65

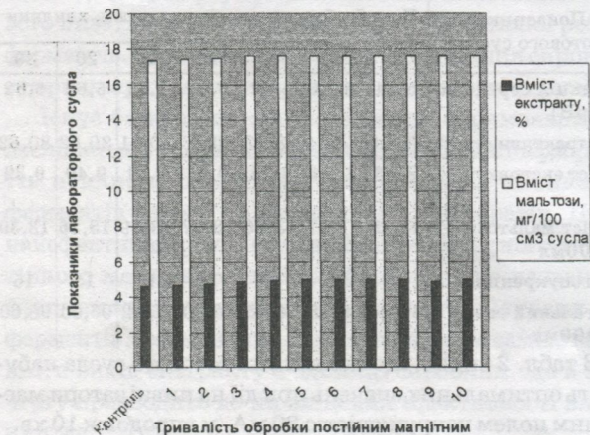


Рис.4. Вміст екстрактивних речовин в суслі

З результатів досліджень видно, що достатньо короткотривалого впливу на затір, щоб досягти більшого

вмісту екстрактивних речовин в порівнянні з контролем.

Проведемо порівняння отриманих результатів для кожного методу і визначимо котрий з них є оптимальним для зниження витрат зернової сировини.

На рис.5 подано графічну залежність екстрактивності зернопродуктів від терміну впливу електромагнітного поля на пивний затір. Визначено математичну залежність у вигляді рівняння. Дане рівняння має вигляд:

$y = 0,0114x^3 - 0,1806x^2 + 0,9157x + 32,591$

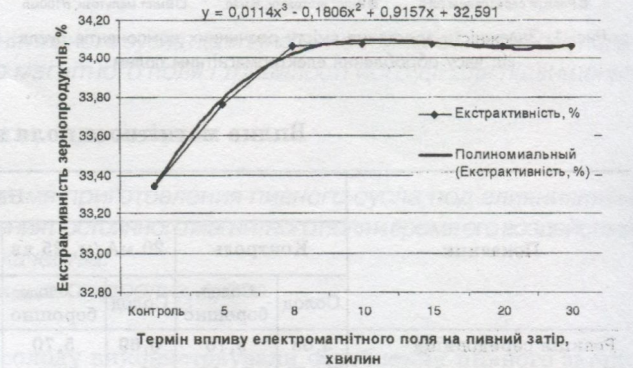


Рис. 5. Залежність екстрактивності зернопродуктів від терміну впливу електромагнітного поля на пивний затір.

При обробці пивного затору електромагнітним полем є можливість знизити витрати зернопродуктів. На рис. 6 відображено порівняльну характеристику економії зернопродуктів (кг/дал) в залежності від терміну впливу електромагнітного поля.

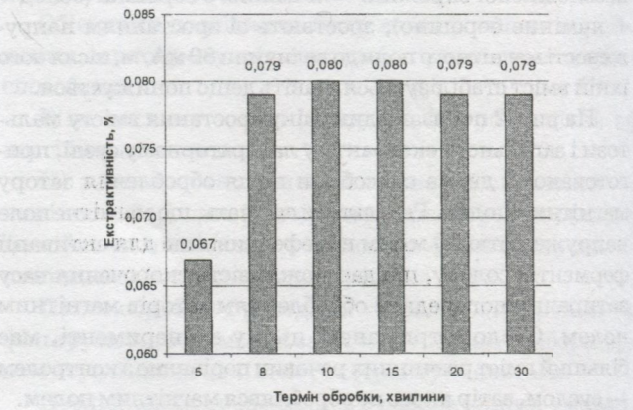


Рис. 6. Економія зернової сировини в наслідок обробки пивного затору електромагнітним полем, кг/дал

З рис. 2.6 видно, що максимальна економія спостерігається при 10-хвилинному терміні впливу електромагнітного поля. Ця економія становить 2,14 %

Постійне магнітне поле.

Встановлено графічну та математичну залежність між значеннями екстрактивності зернопродуктів та величиною напруженості постійного магнітного поля. На рис. 7 відображено дані залежності.

Рівняння, яке описує дану залежність має вигляд:

$y = -0,1126x^4 + 1,6111x^3 - 8,1165x^2 + 17,435x + 64,729$

Таблиця 5

Сорт пива	Обсяг виробництва, тис дал/рік	Зміна, тис грн/рік
14%	800	-112
11 %	2400	-432
8 %	4800	-720
Разом	8000	-1264

Собівартість 1000 дал кожного сорту пива до впровадження методу і після наведено в таблиці 6

Таблиця 6

Сорт пива	Собівартість до впровадження методу, тис. грн	Собівартість після впровадження методу, тис. грн	Зміна
			Тис. грн
14 %	17,43	17,28	-0,15
11 %	15,31	15,12	-0,19
8 %	12,39	12,23	-0,16

Додатковий прибуток становить 1264 тис грн. за рік.

Висновки. Підсумовуючи, отримані результати отримуємо наступні висновки:

1. Фізичні методи обробки є перспективою підвищення виробничої ефективності підприємств в пивоварній галузі і не тільки;

2. Для зниження витрат зернової сировини, а також для відмови від дорогих концентрованих ферментних препаратів необхідно покращити ефективність роботи ферментів солоду. Для їх активації доцільна обробка пивного затору постійним магнітним полем.

3. Оптимальні величини постійного магнітного поля, при яких досягається максимальний перехід екстрактивних речовин у розчин, стабілізація складу суслу становлять напруженість 80 мА/м, термін впливу 8—10 хвилин. Проте достатньо і короткотривалого впливу (близько 1 хвилини) для досягнення бажаного результату.

4. В результаті впровадження методу обробки пивного затору постійним магнітним полем знижуються витрати сировини до 5,66%, а з ними і собівартість готового пива, що дає змогу отримати прибуток у розмірі 0,16 грн/дал

ЛІТЕРАТУРА

1. Романова З.М., Ткаченко Л.В., Маринченко Л. В., Зубченко В.С. Дослідження впливу магнітного поля на активність концентрованих ферментних препаратів./Харчова і переробна промисловість. 2005. №5. — С. 24—26.
2. Романова З.М., Зубченко В.С., Ткаченко Л.В., Маринченко Л. В. Вплив магнітного поля на активність ферментних препаратів./Харчова промисловість. 2005. №4. — С. 129—130.
3. Химико-технологический контроль производства солода и пива: Учебник/Под ред. П.М. Мальцева. — М.: Пищ. пром-сть, 1976. — 488 с.
4. Калунянц К.А. Химия солода и пива. — М.: Агропромиздат, 1990. — 176 с.
5. Кунце В., Мит Г. Технология солода и пива: Пер. С нем. — СМБ.: "Изд-во", 2003. — 912 с.

Одержана редколлегією 15.11.07 р.



Рис. 7. Залежність екстрактивності зернопродуктів від величини напруженості постійного магнітного поля

При обробці пивного затору постійним магнітним полем є можливість знизити витрати зернопродуктів. На рис. 8 відображено порівняльну характеристику економії зернопродуктів (кг/дал) в залежності від величини напруженості постійного магнітного поля.

З рис.8 видно, що максимальна економія зернопродуктів спостерігається при обробці пивного затору постійним магнітним полем напруженістю 80мА/м, і становить 0,0946 кг на 1 дал пива, тобто 5,66 %.



Рис. 8. Економія зернопродуктів в результаті обробки пивного затору постійним магнітним полем, %

Отже, з аналізу отриманих результатів можна зробити висновок, що для активації ферментів солоду ефективнішим фізичним методом обробки є магнітне поле.

Для даного методу обробки визначено економічну ефективність шляхом порівняння витрат на сировину до і після впровадження методу, а також собівартості готового пива отриманого зі звичайних пивних заторів і з зіторів оброблених постійним магнітним полем.

В результаті інтенсифікації технології приготування пивного суслу (з використання постійного магнітного поля) зменшуються витрати на сировину і основні матеріали. Зміна витрат на сировину наведена в таблиці 4

Таблиця 4

Сорт пива	Затрати на сировину, тис грн./ 1000 дал		Зміна Тис грн./1000 дал
	До обробки магнітним полем	Після обробки магнітним полем	
14%	5,03	4,88	-0,14
11 %	4,49	4,30	-0,18
8 %	4,08	3,93	-0,15
Разом			-0,48

Загальне зниження витрат на сировину на річний обсяг виробництва для заводу потужністю 8000 тис дал/рік наведено в таблиці 5: