

РОМАНОВА З.М., канд. техн. наук, ЗУБЧЕНКО В.С., канд. фіз.-матем. наук, РОМАНОВ М.С.

Національний університет харчових технологій

МЕЛЬНИК І.В., канд. техн. наук

Одеська національна академія харчових технологій

ФІЗИЧНІ АСПЕКТИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ПИВОВАРІННЯ РЕНТГЕНІВСЬКИМ ОПРОМІНЮВАННЯМ

В даній роботі представлені дослідження впливу рентгенівських променів на активізацію ферментів солоду і відповідно якісний склад суслу.

Ключові слова: рентгенівські промені, ферменти, органолептичні показники, сусло, гідроліз, затирання, затір.

In this work researches of influencing of x-rays is probed on activation of enzymes of malt and accordingly high-quality composition of mash.

Key words: X-rays, enzymes, organoleptic characteristics, wort, hydrolysis, mashing, mash.

Для переведення в розчин екстрактивних компонентів зернової сировини використовують ферменти солоду і концентровані ферментні препарати.

Однак при всіх перевагах такого поєднання — отримання максимальної кількості ферментів для ферментації або гідролізу складових частин зернових заторів, слід відмітити і такий суттєвий недолік, як високу вартість солоду і відповідно концентрованих ферментних препаратів.

Оброблення рентгенівським опромінюванням

дає можливість при менших затратах солоду і без використання концентрованих ферментних препаратів досягти максимального переведення в розчин компонентів як солоду, так і інших зернопродуктів (при сумісному їх затиранні разом з солодом), так як активність ферментів зростає. Дана робота присвячена теоретичним та експериментальним дослідженням, що спрямовані на отримання високоекстрактивних пивних заторів з використанням лише солоду як джерела ферментів. Екзогенні ферменти у експериментах не використовували. Для досягнення активації ферментів солоду використовували рентгенівські промені ($\lambda = 1,542 \cdot 10^{-10}$ м). Об'єктами досліджень були водні розчини подрібнених зернопродуктів (зотори), приготовлені п'ятьма способами:

I) на чистому солоді (солод);

II) з використанням несолодженої сировини — ячменю (солод + ячмінне борошно);

- III) солод + пшеничне борошно;
 IV) солод + кукурудзяна крупка;
 V) солод + рисова крупка [2, 3, 4].

Таблиця 1

Якісні показники суслу у контрольних пробах

Показники готового суслу	солод	солод + ячмінь	солод + пшениця	солод + пшениця	солод + рис
	контроль	контроль	контроль	контроль	контроль
Загальна кислотність	1,05	0,96	0,9	0,6	0,6
Вміст екстрактивних речовин, % мас	8,4	8,1	8,2	8,35	7,4
Тривалість оцукрення, хв.	25	30	50	80	120
Вміст мальтози, г/100 см ³	14,04	14,39	14,04	12,706	12,706
Вміст амінного азоту, мг/100 г	199,4	196,2	205,9	185,6	185,6

Метою досліджень була активізація та стабілізація ферментативних процесів, що проходять при затиранні зернопродуктів. Для досягнення активізації ферментів солоду обробляли пивні затори високоефективними фізичними методами, а саме рентгенівським опроміненням.

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

Проби готували з подрібненого солоду і суміші подрібненого солоду разом з несолодженою сировиною (при заміні 50 %). Щоб уникнути впливу мінеральних солей води під час оброблення зразків рентгенівським опроміненням, для приготування заторів спочатку брали дистильовану воду (частку від необхідної кількості води), а після оброблення рентгенівським опроміненням затирання проводили на воді з заводу (ЗАТ «Пивзавод на Подолі»). Пробірки з заторами — розчинами подрібненого солоду разом з несолодженою сировиною — ставили у дифрактометр рентгенівський загального призначення. Контролем були затори, які не піддавали дії опромінення. Отримані розчини разом з контролем ставили у водяну баню та проводили затирання стандартними методами. Затирання проводилося з витриманням таких пауз: цитолітичної при 45 °С протягом 30 хвилин; протеолітичної при 50 °С протягом 30 хвилин; мальтозної при 63 °С протягом 30 хвилин; оцукрення при 70 °С, кінець якої визначали по йодній пробі.

Після гідролізу, оцукрення і фільтрування заторів у готовому лабораторному суслі визначали вміст екстракту, мальтози, амінного азоту та активну кислотність середовища (рН). Визначення проводили одразу після оброблення, а також після витримки протягом 24 год. при температурі 20 °С.

Показники готового суслу після оброблення заторів рентгенівським опроміненням залежать як від довжини електромагнітних хвиль, так і від тривалості оброблення.

Мета першого етапу досліджень було встановити довжину хвиль рентгенівських променів, яка би була безпечна для досліджень.

На другому етапі досліджень було обрано сировину, яка буде використовуватись для приготування пивних заторів та сумішей (міксів). Здавна для приготування пивних заторів використовується світлий пивоварний ячмінний солод. Для заміни частки дорогого продукту — солоду використовується рисова січка у деяких сортах пива. Було вирішено відійти від стандартних поглядів на приготування заторів та спробувати замінити частку солоду іншою сировиною — ячмінним борошном, пшеничним борошном, кукурудзяною та рисовою крупкою на 50 %. Як джерело ферментів у експерименті використовується лише солод. Саме для покращення активізації та роботи ферментів солоду використовується вплив рентгенівського опромінення.

На цьому етапі було приготовлено пробні

контрольні затори із вищезазначеної сировини. Якісні показники суслу наведені у табл. 1 та на рис. 1.

Як видно з рис. 1, рисова крупка недоцільна до використання як несолоджена сировина, бо тривалість оцукрення затору занадто висока (120 хвилин) і цей

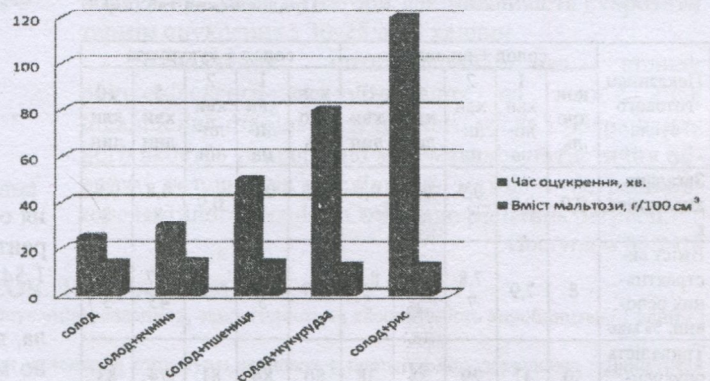


Рис. 1 Якісні показники суслу у контрольних пробах

факт буде спричиняти значні незручності у технологічному процесі; показник вмісту мальтози у останній контрольній пробі (солод + рис) істотно нижчий, ніж у інших проб, тому дослідження проводили з використанням такої несолодженої сировини, як ячмінне борошно, пшеничне борошно, кукурудзяна крупка, так як вони дали позитивний результат по рівню вмісту мальтози та тривалості оцукрення.

Було прийнято рішення в подальшому не використовувати рисову крупку як несолоджену сировину, так як вона є малоперспективною. Рисова крупка погіршує роботу варильного відділення, спричиняє ряд незручностей: зупинка обладнання на миття, в'язкі та густі затори за рахунок клейстеризації важко фільтрувати, потрібно підбирати спеціальні температурні режими затирання.

Після оброблення рентгенівськими променями тривалістю в межах від 1 до 10 хвилин, гідролізу, оцукрення і фільтрування заторів, приготовлених чотирма способами використанням солоду, у готовому лабораторному суслі визначали вміст екстрактивних речовин, мальтози та інших показників пивного (лабораторного) суслу. Результати аналізу наведені у табл. 2. Визначення проводили одразу після оброблення, а також після витримки протягом 24 годин за температури 20 °С. Слід зазначити, що після витримки результат був позитивним.

Таблиця 2

Вплив рентгенівського опромінення на показники готового сусла

Показники готового сусла	СОЛОД					СОЛОД + ЯЧМІНЬ				
	кон троль	1 хвилина	2 хвилини	5 хвилин	10 хвилин	кон троль	1 хвилина	2 хвилини	5 хвилин	10 хвилин
Загальна кислотність	1,05	1,075	1,12	1,18	1,16	0,96	1,03	1,08	1,06	1,01
Вміст екстрактивних речовин, % мас	8,4	8,6	9	8,9	8,7	8,1	8,24	8,28	8,39	8,25
Тривалість оцукрення, хв.	25	20	10	11	15	30	25	18	23	25
Вміст мальтози, г/100 см ³	10,03	10,38	10,84	11,4	10,98	9,58	9,72	9,81	9,95	9,89
Вміст амінного азоту, мг/100 г	199,4	203,8	214,7	215,2	206,9	196,2	201,2	209,7	211,1	205,8

Продовження таблиці 2

Показники готового сусла	СОЛОД + ПШЕНИЦЯ					СОЛОД + КУКУРУДЗА				
	кон троль	1 хвилина	2 хвилини	5 хвилин	10 хвилин	кон троль	1 хвилина	2 хвилини	5 хвилин	10 хвилин
Загальна кислотність	0,9	0,9	0,95	0,93	0,92	0,83	0,85	0,9	0,88	0,88
Вміст екстрактивних речовин, % мас	8	7,9	7,87	8,1	8,05	7,7	7,75	7,8	7,745	7,65
Тривалість оцукрення, хв.	50	41	29	28	38	80	84	81	74	83
Вміст мальтози, г/100 см ³	9,04	9,19	9,31	9,65	9,2	9,13	9,24	9,36	9,72	9,4
Вміст амінного азоту, мг/100 г	205,9	210	218	219,3	215	185,6	184,09	187,3	189,7	184,12

З табл. 2 видно, що при стабільній кислотності середовища (1,05...1,16) показники сусла, приготовленого як на чистому солоді, так і з використанням несолодженої сировини — ячмінного борошна (солод + ячмінне борошно, солод + пшеничне борошно, солод + кукурудзяна крупка), зростають, їхній вміст стабілізується, навіть дещо знижується.

На рис. 2 показано динаміку зростання вмісту екстрактивних речовин у лабораторному суслі, приготовленому чотирма способами після оброблення затору рентгенівськими променями. Результати наукових досліджень свідчать, що рентгенівські промені довжиною хвилі $1,542 \cdot 10^{-10}$ м найефективніші для активізації ферментів солоду, що дає можливість скорочення тривалості оцукрення [1, 2, 3]. Сусло, отримане у цьому експерименті, має більший вміст розчинних речовин порівняно з контролем — суслим, затір якого не оброблявся рентгенівськими променями. Можна прослідити закономірність, що зразок затору, приготовлений із солоду та ячмінного борошна, та опромінений на протязі 5 хвилин рентгенівськими

променями, має вміст екстрактивних речовин, дуже близький до зразку затору, приготовленому на чистому пивоваренному солоді, а саме 8,39 % масових. Зразок затору, приготовленого із суміші солоду та пшеничного борошна, дуже близько наближається до цього показника — 8,1 % масових. В цілому проглядається позитивна динаміка зростання вмісту екстрактивних речовин у порівнянні із контролем кожного із чотирьох зразків.

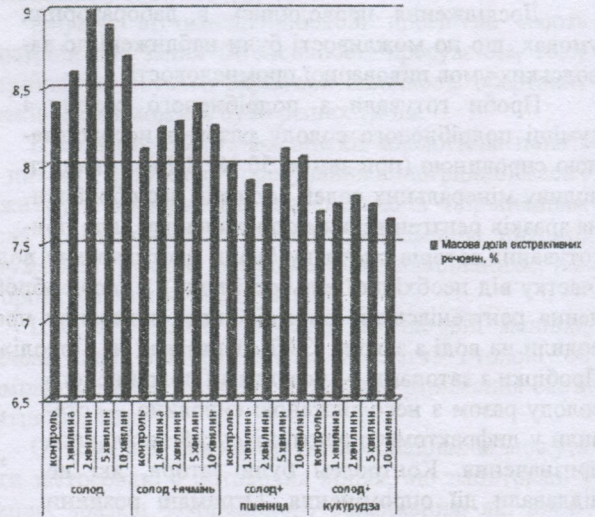


Рис. 2 Динаміка зміни екстрактивних речовин

Наступним етапом досліджень було встановлення оптимальної тривалості перебування заторів у зоні рентгенівського опромінення при довжині хвилі $1,542 \cdot 10^{-10}$ м.

Мальтоза є основною частиною вуглеводів сусла, які зброджуються. Її вміст обумовлює максимальні можливі рівні ступеня зброджування і накопичення спирту, що є сприятливим для отримання пива підвищеної стійкості. В залежності від типу і сорту пива вміст мальтози у суслі коливається від 65 до 85 % екстракту сусла. Відносно більше її міститься в суслі світлого пива (75...80 %) і менше — темного пива (65...70 %).

Як видно з даних рис. 3 та 4, на яких зображена динаміка зростання вмісту мальтози та амінного азоту після обробки рентгенівськими променями, тривалості оброблення протягом 5 хвилин рентгенівськими променями достатньо для активізації протеолітичних та амілолітичних ферментів солоду.

Встановлено, що визначення оптимального часу впливу променів на затори дає можливість скоротити термін оцукрення з 30-25 до 5 хвилин.

При опитуванні фахівців для проведення математико-статистичної обробки визначили входні параметри, які найбільше впливають на процес виготовлення пивного сусла. Детермінована залежність нам невідома, оскільки невідомі зв'язки між входними і вихідними параметрами, тобто ми маємо модель у вигляді «чорного ящика».

Визначивши, які фактори впливають на питоми об'єм, визначили їх рівні варіювання та крок варіювання, зробили розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії, перевірку однорідності дисперсій, перевірку значущості коефіцієнтів регресії.

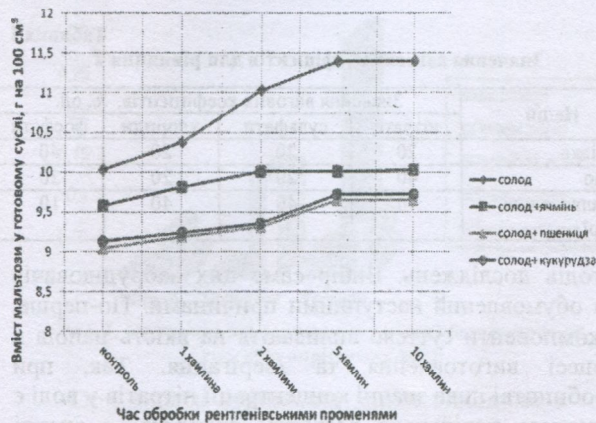


Рис. 3. Зміна вмісту мальтози

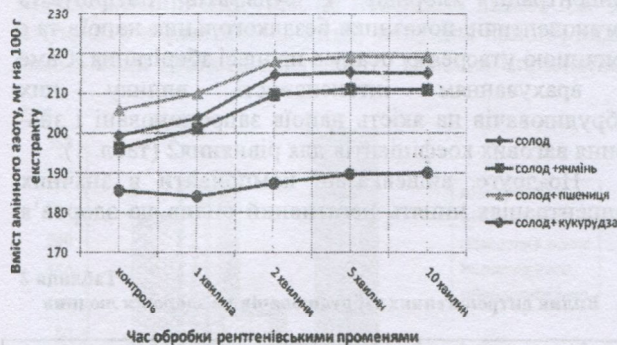


Рис. 4. Динаміка вмісту аміяного азоту

В остаточному вигляді отримане рівняння регресії у формі поліному першого порядку:

$$y_1 = 26,69 + 8,69 \cdot z_1 - 3,8125 \cdot z_2 - 6,3125z_1 \cdot z_2.$$

Після перевірки отриманого рівняння регресії на адекватність дійсному процесу та використавши для переходу до натуральних значень формули:

$$z_1 = \frac{H_1 - H_{01}}{\lambda_1} = \frac{N - 60}{40}; \quad z_2 = \frac{H_2 - H_{02}}{\lambda_2} = \frac{T - 15,5}{14,5},$$

де H_1, H_2 — натуральні значення факторів; H_{01}, H_{02} — значення факторів на нульовому рівні;

λ_1, λ_2 — кроки варіювання факторів.

Тоді рівняння регресії буде мати вигляд:

$$V = 26,69 + 8,69 \frac{N - 60}{40} - 3,8125 \frac{T - 15,5}{14,5} - 6,3125 \cdot \frac{N - 60}{40} \cdot \frac{T - 15,5}{14,5}.$$

При обробці пивного затору електромагнітним полем з'являється можливість понизити витрати зернопродуктів.

Висновки

Було визначено оптимальну комбінацію зернопродуктів, яка підвищує кількість загального екстракту на 5% та покращує якість пивного сусла. До складу цієї комбінації входить солод та ячмінне борошно.

Встановлено, що визначення оптимального часу впливу променів на затори дає можливість скоротити термін оцукрення з 30-25 до 5 хвилин.

Визначений оптимальний час впливу рентгенівського опромінювання на затори (для підвищення стабільності пивного сусла і покращення його якості) та зроблено математико-статистичну обробку результатів досліджень методом регресійно-кореляційного аналізу. Отримано рівняння регресії.

Поступила 09.2010

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гулий І. Електрофізична обробка рослинної речовини забезпечує універсальність, екологічність та економічність виробництва / Гулий І., Купчик М. // Харчова промисловість. – 1997. – № 10. – С. 24-26.
2. Данильчук Т.И. Рентгеновая томография при исследовании изменений структуры зерновок в процессе солодоращения / Данильчук Т.И., Асадчиков В.Е., Бузмаков А.В., Золотов Д.А. // Пиво и напитки. – 2002. – № 2. – С. 20-21.
3. Данильчук Т.Н. Стимуляция биохимических процессов в прорастающем зерне акустическими и электрофизическими методами воздействия / Данильчук Т.Н., Юрьев Д.Н., Ратников А.Ю. // Пиво и напитки. – 2008. – № 6. – С. 11-14.
4. 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.
5. Калунянк К.А. Химия солода и пива. – М.: Агропромиздат, 1990. – 176 с.
6. Кунце В., Мит Г. Технология солода и пива: Пер. с нем. – СПб.: «Изд-во», 2003. – 912 с.