

УДК 663.421

Арутюнян Т.В., Березка Т.О., Данилова Л.А., Досов І.Б.

## РЕСУРСОЗАОЩАДЖУЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ СОЛОДУ

### 1. Вступ

Солод – це заздалегідь замочене, проросле в штучних умовах й при цьому збагачене активними ферментами зерно різних видів зернових культур.

У спиртовій промисловості для оцукрювання крохмалю застосовують в основному свіжопророслий солод. У пивоварній промисловості солод є основною сировиною для виробництва пива, тому важливими технологічними процесами є сушіння і термічна обробка солоду, що надає йому особливого аромату, кольору й смаку. В пивоварінні основним злаком для одержання солоду є ячмінь. Використовують також пшеницю, рис, кукурудзу, бобові культури та ін.

Отже, для забезпечення якісних змін і тривалого зберігання свіжепророслий солод піддають зневодненню та термічній обробці (температура 70–150 °С), чим створюють умови для хімічних і біохімічних реакцій усередині зернівок.

### 2. Постановка проблеми

У процесі пророщення солоду відбуваються морфологічні й біохімічні зміни зерна.

*Морфологічні зміни при пророщенні зерна.* Починаючи із замочування, в результаті поглинання колоїдами зерна вегетаційної вологи зерно набухає та збільшується в об'ємі.

У зерні, що проростає при виробництві солоду в штучних умовах, відбуваються такі ж фізіологічні й біохімічні зміни, як й у зерні, що росте в природних умовах (у ґрунті).

Зародок збільшується в розмірах, а головний його корінець - паросток пробиває оболонку й просувається між двома квітковими плівками. Через деякий час із цього корінця з'являється кілька тоненьких нових корінців-паростків. Зародковий листочок-проросток (майбутнє стебло) прориває плодову й насінну оболонку й просувається між ними по спинній частині до верхівки зерна. Розвиток зародкового проростка в солодовому виробництві допускається лише до певної величини. Якщо не перервати процес росту листочка в оптимальний для розвитку зернятка час, то він виступить із верхівкової частини зерна, утворюючи так званий «гусар», що допустимо при виробництві солоду для одержання спирту й зовсім не допускається його наявність при вирощуванні пивоварного солоду, оскільки це пов'язане з надмірними втратами цукрів й амінокислот, внаслідок чого погіршується якість кінцевого продукту.

Під дією ферментних систем у зерні відбуваються глибокі морфологічні зміни, у результаті чого пом'якшується й розчиняється міцна борошниста частина зерна, що при цьому легко розтирається між пальцями.

В процесі пророщення зерна, на ступінь його розпушення значно впливають навколишні умови: аерація, температура, вологість ендосперму тощо. При повільному росту корінців, тобто при обмеженій аерації, досягається краще розчинення. Швидкому розвитку проростків сприяє не тільки посилена аерація шару зерна, а і підвищена температура та вологість ендосперму [1,2,3].

Біохімічні зміни при пророщенні зерна. Невелика кількість вільних цукрів, амінокислот, пептидів і мінеральних речовин, які перебувають у зерні, розчиняються за допомогою вегетаційної води, що будить до активної життєдіяльності зародок, що у перший період життя вживає ці прості речовини для подиху й утворення нових структур. Для подальших процесів обміну речовин і росту зерна з'являються все нові й нові потреби в низькомолекулярних речовинах, здатних засвоюватися зародком. Вегетаційна вода в зерні сприяє дифузійним процесам і гідролізу високомолекулярних сполук, що здійснюється за допомогою ензимів. Перші ознаки життя зернятка характеризуються появою гормоноподібних речовин, які накопичуються в щитку й дифундують до алейронового шару, де активізують пасивні й сприяють утворенню нових ферментів.

Екстрактивні речовини, які витрачаються на корінці й паростки є втратами екстрактивності, тому що вони відбиваються в ростковідбійній машині. Не зменшуючи кількість ферментів, що утворилися, але зменшуючи величину корінців і паростків, можна зберегти ці екстрактивні речовини. У цьому напрямку проводяться різні дослідження [3].

**Літературний огляд.** І.Я. Веселов запропонував метод солодощення з ферментуванням при повному пригніченні дихання ячменю на певній стадії пророщування. Таким чином, процес солодощення розмежовується на дві стадії: стадію пророщування зерна та накопичування у ньому ферментів і на стадію активного впливу ферментів на речовину ендосперму при повному пригніченні процесу дихання.

У статті «Дія ауторегуляторного фактору d1 на накопичення ферментів у рисовому солоді» розглядається інгібування росту кліток за рахунок придушення енергетичного метаболізму. При впливі на зерно, що проростає, вони можуть гальмувати інтенсивність подиху, а отже, знизити втрати сухої речовини.

У даній роботі застосовували фактор d1, наданий Інститутом мікробіології РАН. У реакційні суміші фактор вносили у вигляді розчину у воді [4].

Як об'єкт дослідження був використаний рис врожаю 1998 року, отриманий з В'єтнаму. Рис замочували повітряно-водним способом впродовж 120 год. до вологості 45 %. На другу добу пророщення проводили обробку рису розчином фактора d1.

На першому етапі роботи вивчали вплив різних концентрацій фактора d1 на проростання рису. Після 48-годинного замочування зерно рису без зовнішніх ознак ростових процесів обробляли розчином фактором d1 з концентрацією від 0,005 до 0,5 %. Кількість пророслих зерен визначали на 3-, 4-, 5-ї добу росту. Фактор проявляє стимулюючу дію при концентрації 0,005 %. Підвищення фактора d1 викликає інгібування росту зерна – при концентрації 0,05 % кількість пророслих зерен на 5-ї добу знизилася на 90 % у порівнянні з контролем.

При концентрації фактора d1 від 0,005 % активність амілолітичних ферментів у рисі, що проростає, зростає на 15–25 %. У той же час спостерігається гальмування ростових процесів. Довжина корінця зменшується з 60 мм у контролі до 35 мм у варіанті з концентрацією фактора d1 0,05 %. Тим самим скорочуються втрати сухої речовини. З концентрації фактора d1 більше 0,2 % активність амілолітичних ферментів різко знижується. У такий спосіб обробка рису розчином фактора d1 дозволяє поєднувати пригнічення ростових процесів з ростом активності амілаз. Активність протеолітичних ферментів при оптимальних режимах обробки змінюється не значно.

Однією з характерних особливостей вищих рослин є здатність утворювання та накопичення різноманітних речовин вторинного обміну, серед яких особливо багаточисельними є фенольні сполуки. Серед фенольних сполук є як речовини загального розповсюдження, тобто властиві кожній рослині, так і унікальні, що зустрічаються лише в окремих сімействах, родах чи навіть видах рослин. Тому хімічний склад фенолів рослин, поряд з іншими біохімічними показниками, використовується у систематиці рослин як одна з таксономічних ознак.

Відомих на цей час природних фенольних сполук нараховується більше 3000, причому з кожним роком їх кількість зростає. Доведено, що більшість поліфенолів є активними метаболітами кліткового обміну та відіграють важливу роль в різних фізіологічних функціях рослин. Так, убіхінон і пластохінон є компонентами електрон-транспортного ланцюга мітохондрій і хлоропластів, а система орто-дифенолоксидаза виконує в рослинній клітці різноманітні функції, починаючи від вторинних окислювально-відновлювальних процесів та закінчуючи процесом дихання.

Тривалий час вважали, що поліфеноли є кінцевими продуктами обміну речовин. Однак пізніше виявилось, що чимало фенольних сполук піддаються активному метаболізму з вивільненням акумульованої в них енергії. Поліфеноли слугують рослинам для захисту від паразитів та інгібування процесів росту і тим самим позбавляють клітину енергії, яка необхідна для синтезу ряду речовин. Іншою стороною дії фенольних сполук як інгібіторів ростових процесів є їх здатність утворювати водневі зв'язки з білками, а також блокувати їх сульфгідрильні групи, у результаті чого дія ферментів інактивується [1].

### **Мета дослідження**

Метою даного дослідження є вивчення впливу поліфенольних речовин хмелю на процеси пророщування – величину паростків, корінців та амілолітичну активність.

Недарма сировиною для обробки зерна був обраний екстракт хмелю, бо хміль є "рідною" сировиною в виробництві пива.

У хмелі містяться поліфенольні речовини від 2 % до 5 % на СР. Поліфенольні речовини володіють декількома важливими для броварника властивостями, а саме:

- в'язким смаком;
- здатністю зв'язувати й осаджувати комплексні білкові речовини;
- антиоксидантними властивостями, що забезпечують стійкість пива.

### **Апробація результатів експериментальних досліджень щодо обґрунтування**

Як об'єкт дослідження використали:

- замочений ячмінь, отриманий на заводі «Малтюроп» (м. Харків) [5];
- гранульований хміль.

Дані обробляли за допомогою повного факторного експерименту на двох рівнях. В центрі плану визначили вміст сухих речовин хмелю, у тому числі поліфенолів, який склав 0,028 % (фактор x1) та концентрацію водно-спиртового розчину – 50 % об. (фактор x2). Обрали інтервал варіювання. Для першого фактору – 0,022 %, для другого – 30 % об. Отримали верхній рівень x1 – 0,05 %, x2 – 80 % об.; нижній рівень – x1 – 0,006 % та x2 – 20 % об. Умови проведення досліду зазначені в таблиці 1:

Таблиця 1 – Умови проведення дослідів

Фактори	Концентрація фенолів хмелю, %	Концентрація спирту, % об.
Код	x1	x2
Основний рівень	0,028	50
Інтервал варіювання	0,022	30
Верхній рівень	0,05	80
Нижній рівень	0,006	20

Матриця планування двохфакторного експерименту представлена у табл. 2.

Таблиця 2 – Матриця планування експерименту

№ п/п	Фактор 1 феноли	Фактор 2 спирт	Фактори в кодовому вигляді	
			x1	x2
1	0,05	80	1	1
2	0,006	80	-1	1
3	0,05	20	1	-1
4	0,006	20	-1	-1
5	0,028	50	0	0
6	0,028	50	0	0
7	0,028	50	0	0

Параметрами відгуків обрано довжину корінців і паростків, а також амілолітичну активність.

Для проведення експерименту готували фенольні витяжки із хмелю. Ароматичний хміль зважували, подрібнювали змішували з діетиловим ефіром, настоювали на протязі доби. Далі суміш відфільтровували для вилучення гірких та органічних речовин, утворену макуху сушили у витяжній шафі.

**Готування водно-спиртових розчинів необхідної концентрації.** Для експерименту приготували водно-спиртові розчини наступних концентрацій: 80 %; 50 %; 20 %.

Вилучення сухих речовин хмелю велось наступним способом. В 3 конічні колби (250 мл) внесли наважку макухи по 20 г та водно-спиртові розчини необхідних концентрацій по 140 мл. Дали відстоятися при кімнатній температурі впродовж 3 годин. Далі відфільтрували через хімічну воронку та дали відстоятися. Потім в зважені бюкси внесли по 5 мл екстракту, зважили на аналітичних вагах та підігріли на сітці до пастоутворення. Бюкси висушили в сушильній шафі при 105 °С впродовж 3 годин. Далі бюкси охолодили та зважили на аналітичних вагах та розрахували кількість сухих речовин. Експеримент ставили в паралелях. Далі за сухими речовинами розрахували кількість мл водно-спиртових екстрактів за заданими концентраціями фенолів.

Для проведення дослідів взяли 1600 г солоду. У солодоростильні ящики помістили по 200 г солоду на змочену марлю й прикрили солод вологою марлею. На другий день пророщення провели обробку солоду фенольними речовинами з хмелю в кількості 0,006; 0,028; 0,05. Протягом усього процесу пророщення солод зволожували та ворущили. При зволоженні використали на кожен порцію по 25 мл води. Пророщення про-

водили протягом 5 днів. На 4-й день заміряли корінці й паростки, визначили амілолітичну активність за наступною методикою.

Метод дослідження ґрунтується на гідролізі крохмалю витяжкою амілолітичних ферментів солоду до декстринів різної молекулярної маси. Виражається амілолітична активність числом одиниць цих ферментів в 1 г солоду [6, 7].

Масу прогідролізованого крохмалю ( $m$ ) у грамах обчислюють за формулою

$$m = (D_1 - D_2) / D_1 \cdot 0,06, \quad (1)$$

де  $D_1$  – оптична щільність контрольного розчину;  $D_2$  – оптична щільність дослідного розчину; 0,06 – маса крохмалю, яку взяту на аналіз, грам (3 см<sup>3</sup> 2 %-го розчину крохмалю).

Амілолітичну активність солоду (АС) в од/г обчислюють за формулою

$$AC = (6,889 \cdot m - 0,02939) / a \cdot 10^3, \quad (2)$$

де  $m$  – маса прогідролізованого крохмалю, г;  $a$  – вміст солоду в реакційному середовищі, мг; 6,889 і 0,02939 – емпіричні коефіцієнти.

Для визначення довжини корінців і паростків пророслого ячменю з кожної проби відібрали по 100 пророслих зерен та за допомогою штангенциркуля поміряли довжини паростків й корінців. Розраховали середньозважені величини шляхом складання всіх довжин паростків (корінців) та поділом на 100 зерен. Результати експерименту представлені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Вплив концентрації фенолів хмелю на активність амілолітичних ферментів і на довжину паростка та коренів

Концентрація фенолів хмелю, %	Концентрація водно-спиртової суміші, %	Довжина корінців		Довжина паростку		Активність амілаз	
		мм	% до контролю	мм	% до контролю	од/г	% до контролю
0 (контроль)	вода	13,2	100	7,4	100	210	100
0,05	80	6,2	46,9	5,1	68,9	207	98,5
0,006	80	11,2	84,8	6,02	81,35	215	102
0,05	20	11,7	88,6	6,4	86,5	205	97,6
0,006	20	12,4	93,9	6,59	89	212	100,9
0,028	50	12,5	94,6	7,34	99,2	202	96,2
0,028	50	12,6	95,4	6,79	91,75	207	98,5
0,028	50	13,5	1,02	7,2	97,3	209	99,5

Розрахунок проводили за допомогою програмного забезпечення MathCAD.

Матриця планування експерименту (двох факторний експеримент) наведена в таблиці 4.

Таблиця 4 – Матриця планування експерименту

№ п/п	феноли	спирт	Фактори в кодовому вигляді		Корінці	Паростки	Активність амілаз
			x1	x2			
1	0,05	80	1	1	6,20	5,12	207
2	0,006	80	-1	1	11,20	6,03	215
3	0,05	20	1	-1	11,67	6,41	205
4	0,006	20	-1	-1	12,41	6,59	212
5	0,028	50	0	0	13,63	6,89	202
6	0,028	50	0	0	12,53	7,34	207
7	0,028	50	0	0	12,63	6,79	209

Як параметр відгуку прийняли довжину корінців, тому як видно з матриці планування, амілолітична активність майже не змінюється, як і довжина паростків. Крім того довжину корінців вимірювати легше за рахунок їх прямої форми.

При проведенні експерименту потрібно враховувати необхідність визначення помилки досліду, тобто дисперсії досліду  $S^2y$ . Для проведення розрахунку дисперсії необхідно розрахувати відхилення функції відгуку (табл. 5).

Таблиця 5 – Відхилення функції відгуку

№ досліду	$y_{0l}$	$\Delta y = (y_{0l} - y_0)$	$\Delta y^2$
5	13,63	0,7	0,49
6	12,53	0,4	0,16
7	12,62	0,31	0,096

Середнє значення функції відгуку  $\Delta y^2$ :

$$y_0 = (13,63 + 12,53 + 12,62) / 3 = 12,9.$$

Сума квадратів відхилень  $\sum \Delta y^2$  дорівнює:

$$\sum \Delta y^2 = (0,49 + 0,16 + 0,096) = 0,62.$$

Дисперсія досліду  $S^2y$ :

$$S^2y = \sum_{i=1}^{n_0} \frac{y_{0l} - y_0}{f} = \frac{0,616}{2} = 0,308,$$

де  $y_0$  – результат 1-го дослідження на основному рівні;  $y_0$  – середнє арифметичне значення всіх  $n_0$  дослідів на основному рівні;  $f$  – число ступенів свободи.

$$f = 3 - 1 = 2.$$

Лінійна модель у випадку планування  $2^2$  має вигляд:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_1 \cdot x_2. \quad (3)$$

Далі матриця планування повного факторного експерименту має наступний вигляд (табл. 6).

Таблиця 6 – Матриця планування повного факторного експерименту

№ дослідження	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_1 x_2$	$y_n$
1	+1	+1	+1	+1	6,10
2	+1	-1	+1	-1	11,20
3	+1	+1	-1	-1	11,67
4	+1	-1	-1	+1	12,41

В даному випадку планом експериментом є тільки стовбці 3 та 4. Стовбець 6 складає результати дослідів. Інші стовбці – допоміжні.

Для розрахунку коефіцієнтів моделі (3) використовують метод найменших квадратів. Коефіцієнт рівняння регресії обчислюють за наступним рівнянням (4):

$$b_i = \sum_{n=1}^N x_{in} y_n / N. \quad (4)$$

$$b_0 = \frac{6,20 + 11,20 + 11,67 - 12,41}{4} = 10,37.$$

$$b_1 = \frac{6,20 - 11,20 + 11,67 - 12,41}{4} = -1,435.$$

$$b_2 = \frac{6,20 + 11,20 - 11,67 - 12,41}{4} = -1,065.$$

$$b_3 = \frac{6,20 - 11,20 - 11,67 + 12,41}{4} = 0,077.$$

Коефіцієнти  $b_1$  розраховуються з дисперсією  $S_{bi}^2$  за формулою:

$$S_{bi} = 0,28.$$

Рівняння адекватно описує процес.

Перевірку значимості коефіцієнтів можна проводити порівнюючи абсолютну величину коефіцієнтів з його довіреним інтервалом та розрахувати за формулою:

$$\Delta b_i = t \cdot S_{b_i} = 4,3 \cdot 0,28 = 1,207, \quad (5)$$

де  $t$  – критерій Стюдента, знаходять за таблицею в залежності від рівня значимості  $\alpha$  та числа ступенів свободи при визначенні дисперсій досліджу;  $S_{b_i}$  – середньоквадратична похибка при визначенні коефіцієнтів регресії.

Коефіцієнт вважають статистично значимим, коли його абсолютна величина більше довіреного інтервалу, тобто:

$$|b_i| \geq \Delta b_i. \quad (6)$$

Остання нерівність характеризується тим, що абсолютна величина коефіцієнта повинна бути в  $t$  разів більше, чим похибка його визначення. В протилежному випадку, значимість коефіцієнтів можна перевірити за  $t$ -критерієм, розрахувавши його за формулою:

$$t_{\text{розр.}} = |b_i| / S_{b_i}. \quad (7)$$

Коефіцієнт є значимим, якщо  $t_{\text{розр.}}$  більше чи дорівнює  $t_{\text{табл.}}$

$$t_{\text{табл.кр.}} = 4,3. \quad (8)$$

Отримуємо наступний вид рівняння регресії:

$$y = 10,37 - 1,435 x_1 - 1,67 x_2 - 1,065 x_1 x_2. \quad (9)$$

Перевірка адекватності моделі.

Таблиця 7 – Розрахунок дисперсії неадекватності

№ досліджу	$y_{\text{експ.}}$	$y_{\text{розр.}}$	$\Delta y =  y_p - y_e $	$\Delta y^2$
1	6,20	7,29	1,09	1,18
2	11,20	12,29	1,09	1,18
3	11,67	12,76	1,09	1,18
4	12,41	13,64	1,23	1,51

$$\Sigma = 5,05.$$

Гіпотезу щодо адекватності перевіряють за допомогою  $F$ -критерія (критерія Фішера). Його розрахункове значення визначають за формулою:

$$F_{\text{роз.}} = S^2_{\text{неад.}} / S^2_y = 1,51 / 0,308 = 4,9. \quad (10)$$

$$S^2_{\text{неад.}} = \sum_{n=1}^N (y_n \text{ роз.} - y_n \text{ експ.})^2 / (N - K) = 5,05 / 2 = 2,52. \quad (11)$$

$$K = 2,$$

де  $U_n$  роз  $U_n$  експ – значення параметру оптимізації в  $i$ -том досліді, відповідно розрахований за рівнем регресії та визначений експериментально. У чисельнику формули (11) – число ступенів свободи при визначенні дисперсії неадекватності:  $f_2 = N - K$ , де  $K$  – число коефіцієнтів рівняння,  $N$  – кількість дослідів в матриці планування.

Оскільки виконується умова (10) – модель є адекватною.

$$F_{\text{роз}} \leq F_{\text{табл}}$$

В результаті обробки експериментальних даних методом повного факторного експерименту отримано рівняння регресії:

$$y = 11,46 - 1,435x_1 - 1,67x_2 - 1,065x_1x_2.$$

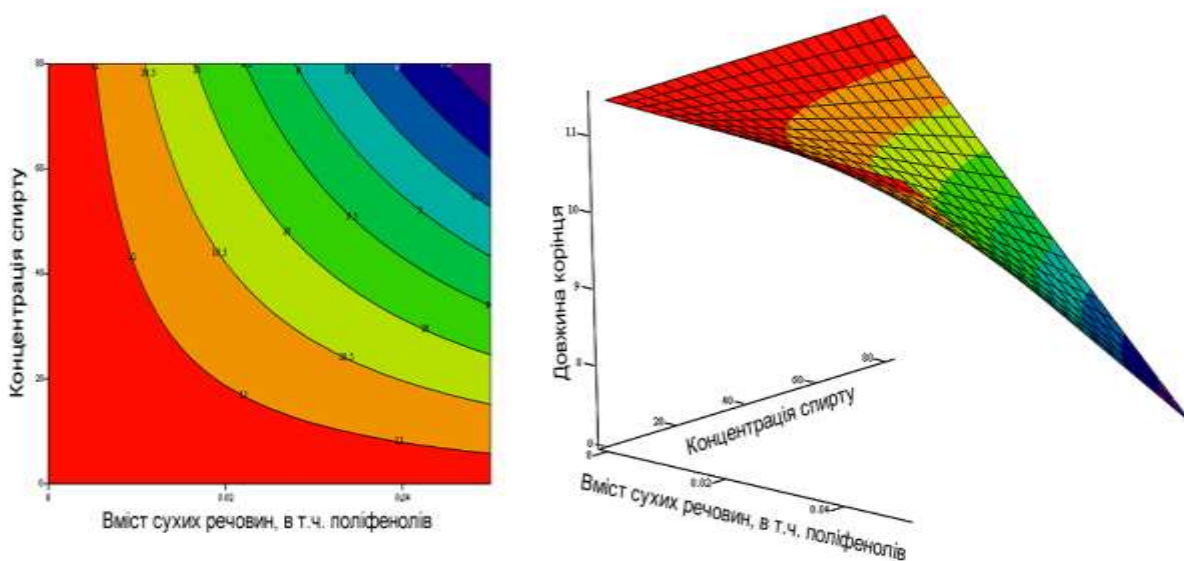


Рисунок 1 – Вплив сухих речовин хмелю, в т.ч поліфенолів на довжину корінця

### Висновки

Експериментально підтверджено, що поліфеноли хмелю та різні об’ємні доли спирту впливають на ріст корінця, а саме є інгібіторами росту. Отже, можна зробити висновок, що дубильні речовини хмелю, при обробці ними зерна, що проростає, дозволяють знизити втрати сухих речовин.

### Література

1. Кунце В. Технология солода и пива. –П.: Пищ. промышленность, 1999.– 838 с.
2. Федоренко Б.Н. Инженерия пивоваренного солода : Учеб.-справ. пособие. – СПб.: Профессия, 2004. – 248 с.
3. Домарецький В.А., Технология солоду та пива: Підручник. – К.: Фірма «Інкос», 2004. 426 с.
4. Рухлядева А.П., Полыгалина Г.В. Пиво и напитки. Научная статья «Действие ауторегуляторного фактора d1 на накопление ферментов в рисовом солоде». – 1999. – №1 – с. 40–41.

5. ДСТУ 3769-98 Ячмінь. Технічні умови. Київ: Держстандарт України, 1998. – 13 с.
6. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Основи ферментології» для студентів усіх форм навчання зі спеціальностей 7.091705 «Технологія жирів та жирозамінників» і 7.091704 «Технологія бродильних виробництв та виноробства» / Уклад. П.О. Некрасов, Л.А. Данилова. – Харків : НТУ «ХПІ», 2006. – 33 с.
7. Мальцев П.М. Химико-технологический контроль производства солода и пива. – М.:Пищевая промышленность, 1976. – 447 с.

Bibliography (transliterated)

1. Kuntse V. Tehnologiya soloda i piva.–P.: Pisch. promyishlennost, 1999.–838 p.
2. Fedorenko B.N. Inzheneriya pivovarennoogo soloda : Ucheb.-sprav. posobie. – SPb.: Professiya, 2004. – 248 p.
3. Domarets'kyu V.A., Tekhnolohiya solodu ta pyva: Pidruchnyk. – K.: Firma «Inkos», 2004. 426 p.
4. Ruhlyadeva A.P., Polyigalina G.V. Pivo i napitki. Nauchnaya statya «Deystvie avtoregulyatornogo faktora d1 na nakoplenie fermentov v risovom solode». – 1999. – #1 – p. 40–41.
5. DSTU 3769-98 Yachmin'. Tekhnichni umovy. Kyiv: Derzhstandart Ukrayiny, 1998. – 13 p.
6. Metodychni vkazivky do laboratornykh robit z dystsypliny «Osnovy fermentolohiyi» dlya studentiv usikh form navchannya zi spetsial'nostey 7.091705 «Tekhnolohiya zhyriv ta zhyrozaminnykiv» i 7.091704 «Tekhnolohiya brodyl'nykh vyrobnytstv ta vynorobstva» / Uklad. P.O. Nekrasov, L.A. Danylova. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2006. – 33 p.
7. Maltsev P.M. Himiko-tehnologicheskyy kontrol proizvodstva soloda i piva. – M.:Pischevaya promyishlennost, 1976. –447 p.

УДК 663.421

Арутюнян Т.В., Березка Т.А., Данилова Л.А., Досов И.Б.

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СОЛОДА**

В ходе работы предложена ресурсосберегающая технология получения солода, позволяющая существенно снижать потери сухих веществ вследствие воздействия ингибиторов роста на зерна ячменя.

Arutyunyan T., Berezka T., Danilova L., Dosov I.

**RESOURCE-EFFICIENT MALTING TECHNOLOGY**

As part of this research project, a resource-efficient method for malt production has been proposed. With growth inhibitors involved in the germination process, it allows significantly reduce the normal loss in the dry substance of the barley grains.