

УДК 663.43

## ЗМІНИ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ПРИ ФЕРМЕНТАЦІЇ ЯЧМИННОГО СОЛОДУ

Ємельчнова Н.О., д-р техн. наук, проф., Мукоїд Р.М., ст. наук. співробітник,  
Чумакова О.В., наук. співробітник, Безсмертна Л.О., лаборант  
Національний університет харчових технологій, м. Київ

*Досліджено зміни вмісту амінокислот, цукрів, кольору і кислотності при ферментації ячмінного солоду.*

*The research of changes in content of amino acids of sugar, color and acidity during the fermentation of barley malt was made.*

Ключові слова: солод, солодорошення, ферментація, ферменти, амінокислоти, цукри, колір, кислотність.

Дослідженнями, проведеними багатьма медичними закладами, в тому числі Інститутом педіатрії, акушерства та гінекології АМН у співдружності з НУХТ, доказано, що пророщені злаки мають лікувальні властивості і сприяють оздоровленню людини.

Великого поширення як у нашій країні, так і за рубежем набули солодові екстракти, основною сировиною для яких є ячмінний солод. Екстракти, які використовуються в харчовій промисловості, мають відрізняються високим вмістом цукрів і низькомолекулярних білків, а також мати приємний смак і аромат [1].

При пророщуванні злаків активуються і синтезуються ферменти, під дією яких проходять процеси гідролізу запасних речовин зерна. При цьому в зерні накопичуються низькомолекулярні водорозчинні біологічно-активні речовини: амінокислоти, цукри, вітаміни, фітогормони, ауксини.

Спеціальним технологічним прийомом можна здійснити більш глибокий гідроліз запасних речовин зерна. Для цього пророщеному зерну створюють умови, при яких можуть продовжуватись гідролітичні процеси: підвищена вологість і паузи при оптимальних для дії ферментів температурах. Така технологічна стадія називається ферментацією, а солод ферментованим [2]. Крім високого вмісту низькомолекулярних речовин він має приємний смак і аромат завдяки наявності специфічних речовин – меланоїдинів [3].

Використання ферментованого солоду при виробництві харчових продуктів буде надавати їм, крім дієтично-лікувальних, присміні смакові якості.

Але, на жаль, у спеціальній літературі даних щодо процесів при ферментації солоду вкрай мало, хоча визначення складу ферментованого солоду має як теоретичний, так і практичний інтерес.

Тому метою роботи було визначення змін хімічного складу ячмінного солоду при його ферментації.

Ферментацію проводили на лабораторній установці протягом 3-х діб. Свіжопророщений солод витримували послідовно при температурах:  $45 \pm 2$  °C;  $55 \pm 2$  °C;  $65 \pm 2$  °C по одній добі при кожній з них. Такий температурний режим було вибрано тому, що при виробництві темного солоду на діючих підприємствах створюються саме такі умови. Крім того, витримки пророщеного зерна при таких температурах створюють оптимальні умови для дії гідролітичних ферментів. При температурі  $45 \pm 2$  °C під дією цитолітичних ферментів проходить гідроліз геміцелюлоз і гумі-речовин. Температурна пауза при  $55 \pm 2$  °C є оптимальною для протеолітичних і амілолітичних ферментів. У результаті витримки при цій температурі в зерні збільшується вміст цукрів і амінокислот. Пауза при  $65 \pm 2$  °C оптимальна для дії амілолітичних ферментів. При цьому проходить і гідроліз білків з утворенням середньомолекулярних фракцій.

Таким чином, при всіх названих температурних режимах проходить гідроліз білкових речовин із утворенням низькомолекулярних білків і амінокислот, а також гідроліз крохмалю з утворенням декстринів і цукрів.

Кількість і склад вільних цукрів при ферментації ячмінного солоду визначали методом хроматографії на папері. В роботі використовували хроматографічний папір Filtrak №1, потік розчинника – висхідний.

Результати визначення якісного і кількісного вмісту цукрів показано в табл. 1, з якої видно, що вміст глюкози, фруктози і малтози в результаті ферментації помітно збільшується, а вміст цукрози і глюкозидів – зменшується.

**Таблиця 1 – Зміна вмісту вільних цукрів при ферментації ячмінного солоду**

Тривалість ферментації, діб	Вміст цукрів в зразках солоду, % СР						Загальний вміст цукрів, % СР	
	Фруктоза	Глюкоза	Цукроза	Мальтоза	Глюкозид	Хроматографічний метод	Хімічний метод	
							До гідролізу	Після гідролізу
До ферментації	1,2	1,3	4,4	0,8	0,4	8,1	3,9	9,9
1	1,3	2,2	4,5	0,9	0,5	9,4	4,8	10,8
2	1,9	5,2	1,1	2,6	0,3	11,1	12,1	13,8
3	2,3	5,7	0,7	3,1	–	11,8	13,9	14,7

Слід зазначити, що з цукрів найбільш ефективно і швидко організмом людини засвоюється глюкоза. А найбільш сприятливий біологічний вплив належить фруктозі. Вона не дає збільшення концентрації цукру в крові, не визиває карієсу зубів та ін.

Щодо загальної кількості цукрів, то вона значно збільшується за перші 2 доби, а на третю – майже не змінюється. Одержані дані чітко показують, що процес ферментації збагачує солод вільними цукрами, особливо глюкозою, фруктозою та мальтозою. При цьому вміст фруктози збільшується вдвічі, глюкози – в 4,4 і мальтози – майже в 4 рази.

Звертає на себе увагу високий вміст цукрози в солоді до ферmentації, тобто після пророщування зерна. Але при ферментації її вміст зменшується в 6 разів і в ферментованому солоді цукроза наявна в невеликій кількості (0,7% від маси сухих речовин), тобто її втрічі менше, ніж фруктози і у 8 разів, ніж глюкози.

Найцінішою складовою частиною зерна є білкові речовини. Характерні властивості і цінність білків визначаються їхнім амінокислотним складом.

Деякі амінокислоти, необхідні для утворення білка, можуть синтезуватися в організмі людини і тварин з інших амінокислот. Їх називають замінними. Інші амінокислоти не можуть утворюватися в організмі і називаються незамінними. До них належить 8 амінокислот: лізін, треонін, валін, метіонін, лейцин, ізолейцин, фенілаланін і триптофан. У разі нестачі незамінних амінокислот утруднюється розвиток організму. Біологічна цінність білків знижується не тільки через відсутність незамінних амінокислот, а й через їх недостатній вміст.

Раніше з проведених авторами досліджень з'ясовано, що у результаті солодорощення злаків кількість амінокислот значно збільшується: в 6,4 рази у пшениці, в 4 – у кукурудзи, в 5,3 – у вівса і в 9,5 – у ячменю порівняно з непророщеним зерном [4]. Результати змін при ферментації пророщених злаків у спеціальній літературі відсутні.

У зразках солоду до і після ферментації визначали вміст загальних і вільних амінокислот на амінокислотному аналізаторі Т339 виробництва «Мікротехна» (Чехія). Зміни кількості вільних амінокислот наведено в табл. 2.

З одержаних даних видно, що солод до ферментації відрізняється високим вмістом амінокислот, при цьому частка незамінних складала 28,7 %. У процесі ферментації це співвідношення практично не змінивалось і було на рівні 28,7-30,2 %.

З табл. 2 також видно, що в свіжопророслу солоді до ферментації вільних амінокислот було 7,2 %. Вже після однієї доби – 13,0 %, після другої – 15,4 %, після третьої – 16,1 %.

Одержані результати показують, що при ферментації проходить глибокий гідроліз білків до утворення вільних амінокислот, тому ферментований солод буде джерелом цих цінних речовин при приготуванні дієтичних харчових продуктів.

Одночасно з гідролізом при ферментації проходять і процеси синтезу. Амінокислоти і цукри утворюють нові продукти – меланоїдини, які придають готовому солоду темний колір та приємний хлібний смак і аромат.

Результати визначення кольору представлені в табл. 3, з якої видно, що процес утворення барвників речовин проходить протягом усіх 3 діб ферментації.

**Таблиця 2 – Зміни складу вільних амінокислот при ферментації ячмінного солоду**

Назва амінокислоти	мг на 100 г солоду			
	Солод до ферментації	Тривалість ферментації, діб		
*Лізин	23	25	11	15
Гістидин	22	17	7	12
Аргінін	54	55	37	38
ГАМК	12	43	24	40
Аспарагінова к-та	27	34	38	63
*Треонін	18	26	27	38
Серин	19	25	32	50
Глутамінова к-та	70	61	53	107
Пролін	279	237	214	425
Гліцин	14	17	24	40
Аланін	31	49	68	117
Цистин	3	7	7	7
*Валін	37	43	48	79
*Метіонін	7	6	19	55
*Ізолейцин	24	31	40	67
*Лейцин	39	58	65	87
Тирозин	15	39	37	44
*Фенілаланін	38	46	47	60
<b>СУМА</b>	<b>729</b>	<b>818</b>	<b>797</b>	<b>1344</b>
В тому числі:				
– незамінні, мг	186	235	257	401
– незамінні, %	28,7	28,7	30,1	30,2
% вільних до загальних	7,2	13,0	15,4	16,1

\*незамінні амінокислоти

**Таблиця 3 – Зміни кольору при ферментації ячмінного солоду**

Тривалість ферментації, діб	Колір солоду, см <sup>3</sup> розчину йоду концентрацією 0,1 моль/дм <sup>3</sup>	
	на 100 см <sup>3</sup> витяжки	на 100 г сухого солоду
До ферментації	0,4	1,6
1	1,4	6,6
2	5,0	23,3
3	8,5	40,5

При цьому після однієї доби ферментації при 45 °C колір стає інтенсивнішим у 3 рази. В результаті ферментації протягом 2-х діб (45 і 55) °C колір стає інтенсивнішим у 20 раз у порівнянні з кольором до ферментації і майже у 4 рази у порівнянні з солодом після однієї доби ферментації.

Одночасно з кольором появляється приемний хлібний смак і аромат. Безумовно, додавання ферментованого солоду до сировини при виготовленні різних харчових продуктів (печива, хліба та ін.) буде позитивно впливати на їхні смакові якості і одночасно підвищувати лікувальні властивості.

Кислотність помітно збільшується як при солодорощенні, так і при ферментації головним чином у результаті розчинення кислих фосфатів, гідролізу білкових речовин і утворенні органічних кислот, як проміжних продуктів при окисленні вуглеводів.

На табл. 4 показано зміни кислотності при ферментації ячмінного солоду залежно від його вологості.

**Таблиця 4 – Зміни кислотності ячмінного солоду при його ферментації**

Тривалість ферментації, діб	Вологість солоду при ферментації, %					
	39,0		44,0		49,0	
	на 100 см <sup>3</sup> витяжки	на 100 г солоду	на 100 см <sup>3</sup> витяжки	на 100 г солоду	на 100 см <sup>3</sup> витяжки	на 100 л солоду
	Кислотність, см <sup>3</sup> розчину NaOH концентрацією 1,0 моль/дм <sup>3</sup>					
До ферментації	2,0	8,8	2,0	8,8	2,0	8,8
1	3,1	13,2	5,0	22,6	5,1	33,4
2	6,6	20,9	7,2	32,8	8,5	39,3
3	7,4	33,4	8,7	41,3	9,5	44,2

З даних табл. 4 видно вплив вологості солоду при ферментації на його кислотність. Якщо ферментація проводилась при вологості 39,0 %, то за першу добу кислотність збільшилась на 50 %, за другу – в два рази, а за третю – лише на 12 %.

При більш високій вологості солоду при ферментації утворення кислотності було активнішим. Так, якщо ферментація проходила при вологості 44,0 %, то за першу добу кислотність зростала в 2,5 рази, за другу – на 45 %, а за третю – на 17 %.

Аналогічні зміни були і при вологості 49,0 %, але ще більш активні.

Якщо порівняти кислотність ферментованого солоду з тим, що подається на ферментацію, то вона вища в 3,5-4,5 рази.

Можна стверджувати, що присутність у ферментованому солоді органічних кислот (молочної, янтарної та ін.) робить його цінною добавкою при виготовленні дієтичних харчових продуктів.

**Висновок.** У результаті ферментації солод збагачується низькомолекулярними біологічно-активними речовинами, харчовими кислотами, а також кольоровими і ароматичними сполуками – меланоїдинами, що робить його цінною добавкою при виробництві оздоровчих харчових продуктів.

### Література

- Смельянова Н.О. Технологія солодових екстрактів, концентратів квасного сусла і квасу : [навч. посібник] / Н.О. Смельянова, Н.Я. Гречко, М.В. Кошова, В.Х. Суходол. – К. : ІСДО, 1994. – 151 с.
- Домарецький В.А. Технологія солоду та пива : підруч : [для студ. вищ. навч. закл. освіти, що навчаються за спец. «Технологія бродил. вир-в і виноробства»] / В.А. Домарецький. – К. : Урожай, 1999. – 544 с.
- Колотуша П.В. Технологія солоду / П.В. Колотуша. – К. : Ін-т систем. дослідж. освіти, 1993. – 136 с.
- Вміст амінокислот при пророщуванні злаків / Н.Смельянова, А.Українець, С.Потапенко, [та ін.] // Харчова і переробна промисловість. – 2007. – серпень-вересень. – С. 16-17.

УДК 663.41

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИГОТУВАННЯ ПИВА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БІОЛОГІЧНОГО ПІДКИСЛЕННЯ

**Дерій О.І., аспірант, Мелетьєв А.Є., проф., д-р техн. наук,  
Герасименко Н.В., магістр, Задорожній І.А., магістр  
Національний університет харчових технологій, м. Київ**

Авторами досліджується вплив застосування біологічного підкислення на процеси приготування і зброджування сусла та якості пива.

Authors investigated the impact of acidification on the application of biological processes of cooking and fermentation of wort and beer quality.

Ключові слова: ферменти солоду, дріжджі, біологічне підкислення, молочнокислі бактерії, активна кислотність, ступінь зброджування, діацетил.