

Вміст незамінних амінокислот в сухих сумішах

Назва амінокислоти	Вміст в рецептурі № 1, г	Задоволення добової потреби, %	Вміст в рецептурі № 2, г	Задоволення добової потреби, %	Вміст в рецептурі № 3, г	Задоволення добової потреби, %	Потреба індивідуума, г/доб
Ізолейцин	1,16	27	1,21	30	1,09	27	4
Лейцин	1,93	37	1,96	39	1,87	37	5
Лізин	1,17	29	1,31	33	1,17	29	4
Метіонін	0,54	21	0,66	22	0,63	21	3
Фенілаланін	1,25	35	1,27	42	1,06	35	3
Треонін	0,93	30	1,03	35	0,91	30	3
Триптофан	0,26	25	0,33	33	0,25	25	1
Валін	1,25	29	1,34	34	1,16	29	4

сумішей для сніданків було визначено амінокислотний склад розроблених рецептур. Задоволення добової потреби в незамінних амінокислотах (відповідно до рекомендацій FAO/ВОЗ) при споживанні 100 г сніданку, виготовленого на основі сухої суміші, представлено в таблиці 4.

Показано, що амінокислотний скор сніданків, виготовлених за розрахованими рецептурами, задовольняє третину добової потреби, а лімітуючі амінокислоти відсутні.

**Висновки.**

Математичне моделювання рецептур сухих сумішей для виготовлення сніданків дозволяє отримати багатоконпонентні продукти із заданими харчовими та біологічними властивостями. Цільова функція, що має спільний характер для розроблених рецептур, відображає коефіцієнт збалансованості продуктів за співвідношенням білків і вуглеводів в їхньому складі. Отримані рецептури композиційних сумішей відповідають нормам раціонального харчування та забезпе-

чують повне надходження есенціальних компонентів при споживанні інстантних каш на сніданок у рекомендованому об'ємі.

Незважаючи на ефективність запропонованого підходу при розробці рецептурного складу сухих сумішей на етапах встановлення цільових функцій та введення обмежень виникають певні проблеми, пов'язані з широким спектром запропонованої сировини та локальних критеріїв якості. Застосовано пошук узагальненого критерію якості для визначення оптимального коефіцієнта збалансованості та вмісту лімітуючих амінокислот в рецептурах. В роботі розглянута гнучка модель формування узагальненого критерію якості, що базується на багатокритеріальній природі процесу прийняття рішення, та дозволяє зменшити невизначеність при наявності конфліктів і нечіткості формувань безлічі локальних показників якості.

Поступила 11.2012

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Slavin, J. Whole grains and human health [Text] / J. Slavin // Nutrition Research Reviews. – 2004. – Vol. 17. – P. 99-110.
2. Slavin, J. Why whole grains are protective: biological mechanisms [Text] / J. Slavin // Proceedings of the Nutrition Society. – 2003. – Vol. 62. – P. 129-134.
3. Мицьк, В.Е. Рациональное питание и пищевые продукты [Текст] / В.Е. Мицьк, В.Ф. Невольниченко. – К.: Урожай, 1993. – 336 с.
4. Позняковский, В.М. Физиология питания [Текст] / В.М. Позняковский, П.Е. Влощинский, Т.М. Дроздова. – СУИ, 2007. – 352 с.
5. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки [Текст] / Е.Д. Казаков, В.Л. Кретович. – М.: Агропромиздат, 1989. – 368 с.
6. Котлик, С.В. Програмное моделирование оптимальных рецептур рациона питания в условиях ухудшения экологической обстановки [Текст] / С.В. Котлик, М.Р. Мардарь // Екологічна безпека. – 2008. – № 3. – С. 83-87.
7. Николаева, С.В. Программа оптимизации многокомпонентной рецептурной смеси [Текст] / С.В. Николаева, И.М. Головин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 12 – С. 68-71.

УДК [547.458:66.094.0941]:664.642

**ЧЕРНО Н.К., д-р техн. наук, професор, КОВАЛЕНКО О.В., канд. техн. наук, ШАПКИНА К.І., аспірант**  
Одеська національна академія харчових технологій

**ВОДОРОЗЧИННИЙ БЕТА-ГЛЮКАН *Saccharomyces cerevisiae***

Вивчено закономірності перебігу гідролізу структурного β-глюкану клітинних стінок дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*, отриманого пероксидним методом, ферментним препаратом Rovabio Excel AP, що володіє ендо-1,3-β-глюканазою активністю. Встановлено умови, за яких біля 70 % сухої маси вихідного глюкану перетворюється на водорозчинний фрагмент, що містить макромолекули з молекулярними масами в діапазоні 1-30 кДа. Описано удосконалений спосіб ізолювання β-глюкану з клітинної оболонки дріжджів.

**Ключові слова:** дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*, β-глюкан клітинних стінок дріжджів, контрольована ферментативна деструкція, водорозчинний β-глюкан.

The β-glucan cell wall of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* was obtained peroxide method. Trends of the hydrolysis this polysaccharide by using enzyme preparation Rovabio Excel AP that possesses endo-1,3-β-glucanase activity were investigated. The conditions of obtaining the water-soluble β-glucan more than 70 % low molecular weight (1-30 kDa) from the insoluble one were established. It was described the improved method of the β-glucan isolation from the yeast cell wall.

**Keywords:** yeast *Saccharomyces cerevisiae*, β-glucan cell walls of yeast, controlled enzymatic degradation, water-soluble β-glucan.

Бета-глюкани визнано ефективними імунокоректорами, використання яких доцільно як з метою профілактики імунозалежних патологій, так і у комплексному лікуванні багатьох захворювань – від серцево-судинних до онкологічних.

За структурою макромолекул глюкани різного походження дещо відрізняються. Так, зернові глюкани мають лінійну будову. До складу їхніх макромолекул входять блочні фрагменти – три- або тетраметри, побудовані з залишків β-D-глюкопіраноз, сполучених (1→4)-глікозидними зв'язками. Ці блоки розділені між собою β-(1→3)-зв'язками, а їх співвідношення варіабельне. На відміну від таких β-(1→4)/(1→3)-глюканів, в деяких видах грибів, як макро- так і мікроскопічних, дріжджах, бактеріях знайдено β-(1→3)/(1→6)-глюкани розгалуженої будови, які відрі-

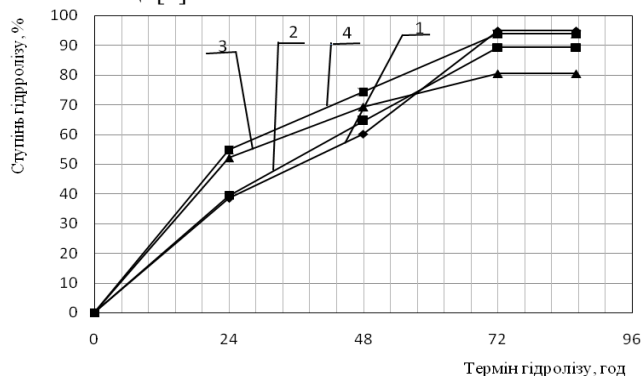
зняються розміром бічних ланцюгів і ступенем розгалуження. Багатьма дослідженнями доведено, що  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3)/(1 $\rightarrow$ 6)-глюкани мають більш виражену фізіологічну дію та ширший спектр фізіологічних ефектів. Причому прояв останніх залежить від низки факторів, зокрема розчинності глюкану та його молекулярної маси [1].

Особливу увагу прикуто до глюкану дріжджів, оскільки цей полісахарид є основною речовиною, що формує їх клітинні стінки і, таким чином, його вміст є досить вагомим.

Ще в минулому віці полісахаридний комплекс клітинних стінок дріжджів використовувався як імуномодулятор. Відомий препарат зимозан – глюкано-манано-протеїновий комплекс дріжджів – у СРСР навіть мав статус лікарського засобу, сьогодні його застосовують і у США. Встановлено, що його фармакологічні властивості зумовлено присутністю саме  $\beta$ -глюкану. Проте показано [2], що  $\beta$ -глюкан дріжджів в індивідуальному стані має певні переваги, оскільки супутні речовини зменшують ефективність його дії, а інколи можуть викликати небажані реакції.

Тому зусилля вчених спрямовано на розробку методів отримання глюкану максимально можливого ступеня чистоти та більш простих у виконанні, ніж існуючі. Крім того, певною «вадою» дріжджового глюкану є його нерозчинність у воді або рідинах з фізіологічними значеннями рН. Вважають [3], що найбільш виражену дію має водорозчинний глюкан дріжджів з молекулярною масою 1-30 кДа. Це, в свою чергу, спонукає до пошуку способів перетворення глюкану клітинних оболонок дріжджів у розчинну форму.

Отримання цього полісахариду являє собою дуже складну процедуру. Проблема, по-перше, полягає у необхідності руйнації дріжджової клітини, стінка якої характеризується дуже високою стійкістю і, по-друге, у видаленні манану і білка, що представляють собою міцно зв'язаний комплекс з глюканом у клітинній оболонці [4].



**Рис.1.** Динаміка накопичення водорозчинних продуктів ферментативного гідролізу глюкану I: Концентрація ферменту 0,25 мг/см<sup>3</sup>, E:S=1:15; Концентрація ферменту 0,25 мг/см<sup>3</sup>, E:S=1:30; Концентрація ферменту 0,50 мг/см<sup>3</sup>, E:S=1:15; Концентрація ферменту 0,50 мг/см<sup>3</sup>, E:S=1:30

Стандартний метод складається з послідовності багаточисельних операцій, метою яких є деструкція клітинних стінок дріжджів, видалення білка, глікогену, нуклеїнових кислот, манану, хітину. Для цього дріжджі багаторазово обробляють розчинами кислот і луг, автоклавують. Отриманий в результаті глюкан містить 90,3 % полісахаридної складової, 0,6 % азоту;

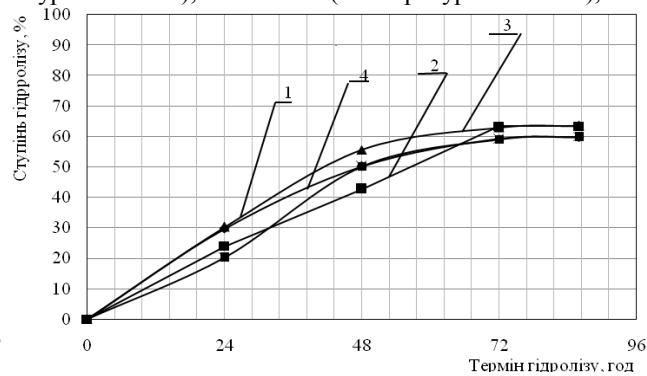
вихід – 2,6 % на суху речовину [5]; ступінь чистоти вважається достатнім і таким, що зумовлює його ефективне використання як імуномодулятору.

Є спроби використання попередньої обробки дріжджів за допомогою певних механічних прийомів, що сприяють руйнації клітин дріжджів, але необхідним залишається наступне видалення супутніх глюкану компонентів. Нами запропоновано новий, значно простіший, спосіб отримання глюкану дріжджів, який передбачає обробку дріжджової маси розчином пероксиду водню, що зумовлює руйнацію цитоплазматичної мембрани і сприяє зменшенню міцності манан-протеїнового комплексу, з наступною екстракцією супутніх глюкану речовин розчинами луг і оцтової кислоти [6]. У попередній публікації [7] показано доцільність використання біотехнологічних підходів для перетворення  $\beta$ -глюкану, отриманого за стандартною методикою, у водорозчинну форму.

Дану роботу присвячено дослідженню закономірностей ферментативної деструкції  $\beta$ -глюкану дріжджів, отриманого новим – пероксидним методом, з метою визначення можливості і умов його перетворення на водорозчинні високомолекулярні фрагменти з підвищеною фізіологічною активністю.

Вміст загального азоту визначали за методом К'ельдаля. Кількість легко- і важкогідролізованих полісахаридів контролювали за концентрацією редукуючих речовин, що утворилися при обробці зразків хлоридною та сульфатною кислотами. Співвідношення між компонентами полісахаридних гідролізатів визначали високоефективною рідинною хроматографією (ВЕРХ) на хроматографі Agilent Technologies (модель 1100) та хроматографією на папері (ПХ). Реєстрацію ІЧ-спектрів поглинання здійснювали на спектрофотометрі FTIR-8301PC в діапазоні 4000...400 см<sup>-1</sup>.

Препарати  $\beta$ -глюканів клітинних стінок отримували шляхом послідовної обробки пекарських дріжджів 3 % розчином H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> впродовж 3 годин (температура 20-23 °C), 3 % NaOH (температура 20-23 °C), 6 %



**Рис.2.** Динаміка накопичення водорозчинних продуктів ферментативного гідролізу II: Концентрація ферменту 0,25 мг/см<sup>3</sup>, E:S=1:15; Концентрація ферменту 0,25 мг/см<sup>3</sup>, E:S=1:30; Концентрація ферменту 0,50 мг/см<sup>3</sup>, E:S=1:15; Концентрація ферменту 0,50 мг/см<sup>3</sup>, E:S=1:30

NaOH (температура 50-60 °C). На наступному етапі тверду фазу суспендували у воді, доводили рН середовища до 5,0, осад відокремлювали, додавали 0,5 н розчин оцтової кислоти та нагрівали до температури 75 °C. Кінцеві продукти промивали та висушували. Паралельно за цією ж схемою отримали зразки глюканів, використовуючи на першому етапі обробки

Таблиця 2

Молекулярно-масовий розподіл водорозчинних продуктів ферментолізу, % співвідношення

№ Зразка	Трива-лість ферментолізу, год	Співвідношення E:S	Молекулярна маса, кДа			Вихід водорозчинних продуктів гідролізу молекулярної маси 1 – 30 кДа, % сухої маси глюкану
			>30	1-30	<1	
1	24	1:15	40,2	59,8	відсутня	23,0
2		1:30	48,7	52,3	відсутня	20,7
3	48	1:15	37,6	59,0	3,4	35,5
4		1:30	18,4	74,3	7,3	48,0
5	72	1:15	20,6	75,1	4,3	71,3
6		1:30	20,5	68,1	11,4	60,8
7	72	1:15	30,0	43,1	26,6	25,7

більш концентровані розчини пероксиду – 6, 12, 24 %. Отримані препарати являли собою дрібнодисперсні порошки білого кольору, вміст полісахаридної складової – 82,6-97,3 %, азоту – 0-2,3 %, вихід – 8,1-19,7 %.

У подальших дослідях використовували препарат глюкану I, з вмістом полісахариду 89,7 %, азоту – 1,2 %, вихід 14,7 % на суху речовину (концентрація пероксиду 3 %). Одночасно для порівняння досліджували препарат глюкану II, значно вищого ступеня чистоти, в якому повністю відсутня білкова складова, вихід 8,1 % (концентрація пероксиду 24 %).

Методами ВЕРХ і ПХ встановлено, що моносахаридний склад полісахаридних гідролізатів представлено виключно глюкозою. Методом ІЧ спектроскопії встановлено ідентичність зразків глюканів, отриманих даним способом, і однойменного дріжджового полісахариду, отриманого стандартним методом [5].

Для переведу β-глюкану клітинних стінок у водорозчинну форму шляхом ферментативної деструкції використовували ферментний препарат Rovabio Excel AP (Франція), що володіє ендо-1,3-β-глюканазою активністю. Гідроліз здійснювали при T = 37 °C та рН 6, для визначення молекулярно-масового розподілу продуктів гідролізу застосовували гель-хроматографію на колонці з сефадексом G-50 (H = 38 см; D = 3,1 см; V = 121 см<sup>3</sup>; Pharmacia, Швеція). Колонку калібрували маркерами з відомими молекулярними масами. В колонку вносили по 7-10 мг водорозчинного глюкану, елюент – вода; збирали фракції об'ємом 2 см<sup>3</sup>. Вміст вуглеводів у фракціях визначали антроновим методом.

На рис. 1 представлено умови проведення ферментативного гідролізу глюкану I та кількість продуктів, що переходять у розчин на протязі певного терміну обробки. Показано, що найвищий вихід (95 % маси вихідного полісахариду) водорозчинної фракції має місце при наступних параметрах ферментолізу: концентрація ферменту 0,25 мг/см<sup>3</sup>, співвідношення E:S = 1:15 і тривалість процесу 72 години.

Порівняння даних, що ілюструють динаміку накопичення водорозчинних фракцій при різних концентраціях ферменту і співвідношеннях E:S при ферментолізі глюканів, отриманих за наведеною і стандартною методиками, вказує на суттєву різницю в швидкості накопичення водорозчинних продуктів на початковому етапі процесу. Так, вихід водорозчинної фракції при тривалості обробки 24 год стандартного глюкану складає біля 50 % [7], досліджуваного глюкану I

– не перевищує 40 %. Подібна тенденція має місце при ферментолізі глюкану II (рис. 2).

Можна припустити, що це зумовлено особливостями надмолекулярної структури досліджуваних полісахаридів, адже відомо, що β-глюкани дріжджів, подібно до целюлози, виконують у клітинній стінці каркасну функцію і містять ділянки з різним ступенем упорядкування – кристалічні і аморфну [8], які відрізняються за реакційною здатністю. В аморфних ділянках реакції відбуваються швидше, ніж у кристалічних, що мають більш високий ступінь упорядкування. Отже ймовірно, що порівнювальні глюкани мають різні ступені кристалічності: у отриманого за стандартним методом – більш низький і тому він швидше гідролізується ферментом, у досліджуваних глюканів I і II він більш високий, що утруднює дію ферменту. Слід відмітити, що аналогічна ситуація має місце і при гідролізі цих зразків мінеральними кислотами, коли накопичення продуктів гідролізу стандартного глюкану 2 % хлоридною кислотою відбувається набагато швидше, а глибина його гідролізу значно більша (рис.3).

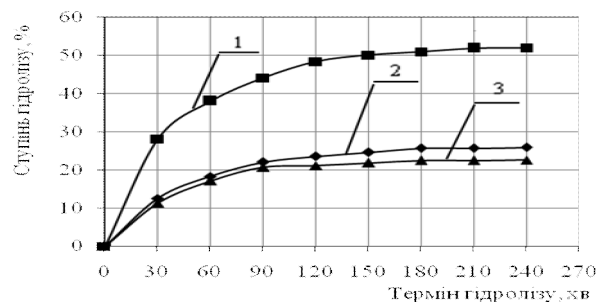


Рис.3. Динаміка накопичення продуктів кислотного гідролізу β-глюканів: 1 – стандартний; 2 – глюкан I; 3 – глюкан II

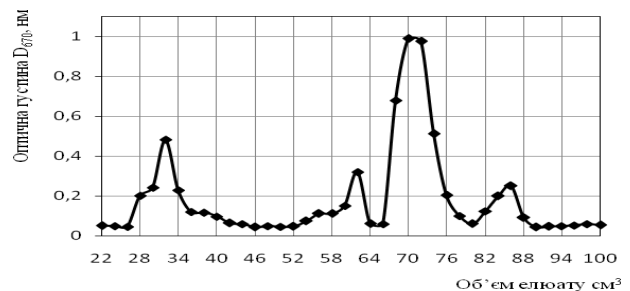


Рис. 4. Вихідна крива гель-хроматографії зразку 5

Метою наступного етапу досліджень було визначення умов ферментолізу, за яких відбувається максимальне накопичення полісахаридних фракцій з молекулярними масами в діапазоні значень 1-30 кДа, які за даними літератури, мають найбільшу фізіоло-

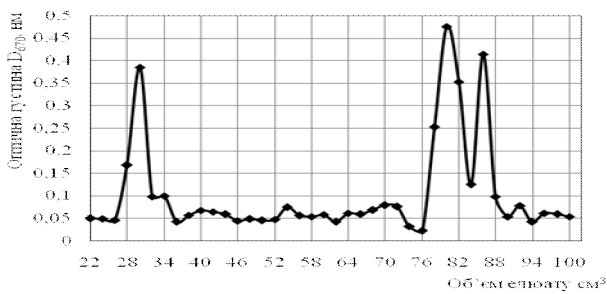


Рис. 5. Вихідна крива гель-хроматографії зразку 7

гічну активність [3]. Для цього методом гель-хроматографії на сефадексі G-50 визначали молекулярно-масовий розподіл водорозчинних фракцій кожного зі зразків. Відповідні дані представлено в табл. 1, а також на рисунках 4 і 5, які ілюструють характер полідисперсності водорозчинних фракцій глюкану I (зразки 1-6) і глюкану II (зразок 7).

Отримані дані свідчать про полідисперсний характер кожної з отриманих водорозчинних фракцій, але щодо глюкану I, то в будь-якому разі вміст в них фрагментів з молекулярними масами в діапазоні 1-30 кДа більший 50 %, і навіть може сягати 75 %. Навпаки, водорозчинна фракція глюкану II, отриманого з

застосуванням обробки дріжджової маси 24 % перексидом, поступається за вмістом цільового фрагменту водорозчинним продуктами ферментолізу глюкану I і містить значну кількість низькомолекулярних фрагментів.

Аналіз наведених даних свідчить, що максимального виходу цільової за молекулярно-масовим розподілом водорозчинної фракції препарату глюкану I (більш 70 % у розрахунку на його вихідну масу препарату) можна досягнути за наступних умов ферментолізу: концентрація ферменту 0,25 мг/см<sup>3</sup>, тривалість ферментолізу 72 год., співвідношення E:S = 1:15. Слід зазначити, що при ферментолізі стандартного глюкану максимальний вихід цільової фракції не перевищує 57,7 %.

Таким чином, варіюванням умов ферментативного гідролізу препаратів глюканів, отриманих перексидним методом, можна, в певній мірі, «керувати» молекулярно-масовим розподілом водорозчинних продуктів, що утворюються, та зрушувати процес в напрямку утворення продуктів з бажаним діапазоном значень молекулярних мас.

Поступила 11.2012

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Dalmo, R.A.  $\beta$ -glucans as conductors of immune symphonies. [Текст] / R.A. Dalmo, J Bogwald // Fish Shellfish Immunol. – 2008 Vol. 25. – P. 384-396.
2. Беседнова, Н. Н. Иммунотропные свойства (1 $\rightarrow$ 3), (1 $\rightarrow$ 6)- $\beta$ -D-глюкоанов [Текст] / Н.Н. Беседнова, Л.А. Иванушко, Т.Н. Звягинцева Л.А. Елякова // Антибиотики и химиотерапия. – 2000. – № 5. – С. 37–44.
3. Patent 6143883, Water-soluble low molecular weight beta-glucans for modulating immunological responses in mammalian system [Текст] / Lehmann, Joachim (Scottsdale, AZ), Kunze, Rudolf (Berlin, DE). – №09/224145; Filing Date 12.31.1998; Publication Date 11.07.2000. – 8с.
4. Catali, A. Chitin and  $\beta$ -glucan polysaccharides as immunomodulators of airway inflammation and atopic disease [Text] / A. Catali, M. Kulka // Metabolic & Immune Drug Discovery. – 2010. – Vol. 4. – P. 175-189.
5. Методы химии углеводов [Текст] / под ред. Н. К. Кочеткова. – М.: Мир, 1967. – 125 с.
6. Черно, Н.К. Спосіб отримання бета-глюкану клітинних стінок дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* [Текст] / Н.К.Черно, О.В. Коваленко, К.І. Шапкіна // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. ХДУХТ. – Х.: 2012. – Вип. 2(16). – С.321-326
7. Черно, Н.К. Ферментативна фрагментація (1 $\rightarrow$ 3/1 $\rightarrow$ 6)- $\beta$ -D-глюкану клітинних стінок *Saccharomyces cerevisiae* [Текст] / Н.К.Черно, О.В. Коваленко, К.І. Шапкіна // Харчова наука і технологія – 2012. – № 1(18). – С. 40-43.
8. Бычков, А.Л. Изменения клеточной стенки при механической активации растительной и дрожжевой биомассы [Текст] / А.Л. Бычков, К.Г. Королёв, Е.И. Рябчикова, О.И. Ломовский // Химия растительного сырья. – 2010. – № 1. – С. 49–56.

УДК 664.8.039.7-982:635.342

ПАЛВАШОВА Г.І., канд.,техн. наук, доцент, ОВЧИННИКОВА Я.В., магістр

Одеська національна академія харчових технологій

## НОВИЙ МЕТОД ФЕРМЕНТАЦІЇ КАПУСТИ З ВИКОРИСТАННЯМ ВАКУУМУ

Розглянуті фізико-хімічні та мікробіологічні перетворення при виготовлення квашеної капусти за удосконаленою технологією. Доведено доцільність використання вакууму при ферментації капусти, для підвищення вмісту вітаміну С на 35 % та спрощення виробничого процесу.

**Ключові слова:** квашена капуста, ферментація, мікрофлора, вакуум.

The physical-chemical and microbiological transformation at making sauerkraut for advanced technology was considered. The expediency of the use of vacuum during fermentation of cabbage to increase the content of vitamin C by 35% and make simpler manufacturing process was proved.

**Keywords:** sauerkraut, fermentation, microflora, vacuum.

Для комфортного існування та збереження здоров'я, людина повинна споживати певну кількість основних харчових продуктів на рік, дотримуючись співвідношення білків, жирів та вуглеводів 1:1:4.

Так, норма вживання м'яса і м'ясних продуктів складає 82 кг/рік, риби та рибних продуктів – 18,2 кг/рік, молока та молочних продуктів – 405 кг/рік, олії рослинної та маргарину – 9 кг/рік, фруктів – 113 кг/рік, овочів – 146 кг/рік.

Їжа, яка у своєму складі переважно містить білки та жири, тобто м'ясо, риба, молоко, рослина олія, доступна для вживання протягом всього року, натомість овочі та фрукти є сезонними. Оскільки, вуглеводи повинні надходити до організму людини у більшій кількості, ніж білки та жири, у харчовій промисловості були створені різноманітні технології для подовження термін споживання плодів та овочів протягом року.

У такій ситуації на допомогу приходять лактоферментована продукція. З давніх часів лактоферментовані овочі є одними з основних продуктів харчування у всіх географічних зонах і до того ж одним із джерел вітамінів, мінеральних та ряду інших фізіологічно активних компонентів раціону харчування. Як напрямок розвитку біотехнології у харчовій промисловості, виробництво лактоферментованої продукції є досить прогресивним і водночас традиційним методом. Адже, використовуючи природні властивості сировини (вміст цукрів та епіфітної мікрофлори) та створивши певні умови, можна отримати