

інші методи.

Таким чином, результати дослідження характеристик вуглеводно-амілазного комплексу БПВ підтвердили можливість його використання у технології борошняних виробів. Для встановлення найбільш прийнятної вмісту БПВ у рецептурах різних видів борошняних виробів та його впливу на

якість готової продукції в процесі зберігання у подальшому необхідно провести ряд досліджень для вивчення впливу співвідношень рецептурних компонентів на структурно-механічні властивості різних видів тістових мас та готових виробів, особливості ведення технологічного процесу тощо.

Поступила 02.2012

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Соколов, А. Рынок кондитерских изделий Украины [Текст] / А. Соколов // Продукты и ингредиенты. – 2011. – № 5. – с. 26-32.
- Соколов, А. Развитие украинского рынка хлеба [Текст] / А. Соколов // Продукты и ингредиенты. – 2011. – № 6. – с. 28-31.
- Иоргачева, Е.Г. Технологические аспекты приготовления бисквитных полуфабрикатов на основе безглютеновых смесей [Текст] / Е.Г. Иоргачева, О.В. Макарова, Е.Н. Котузаки // Хранительная наука, техника и технологии 2010: Сб. науч. Тр. Междунар. Науч. Конф. – 2010. – с. 233-238.
- www.namamillers.org
- http://whatscookingamerica.net
- http://www.wheatworld.org
- Хосни, Р.К. Зерно и зернопродукты [Текст] / Р.К. Хосни. Пер. с англ. под ред. Н.П. Черняева. – СПб.: Профессия, 2006. – 336 с.
- Рибалка, О.І. У цивілізованому світі добре розуміють харчову цінність натуральних продуктів здорового харчування [Текст] / О.І. Рибалка // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2011. – №3. – с. 7-16.
- Рибалка, О.І. Пшениця ваксі з унікальними властивостями крохмалю: можливі напрямки її використання [Текст] / О.І. Рибалка, М.В. Червоніс, І.Г. Топораш // Хранение и переработка зерна. – 2005. – №7. – с. 24-28.
- Полумбрик, М.О. Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини [Текст] / М.О. Полумбрик. – К., Вид-во «Академперіодика» НАН України, 2011. – 486 с.
- Филлипс, Г.О. Справочник по гидроколлоидам [Текст] / Г.О. Филлипс. Пер. с англ. под ред. А.А. Кочетковой и Л.А. Сарафановой. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 536 с.
- Monisha Bhattacharya. Staling of Bread as Affected by Waxy Wheat Flour Blends [Текст] / Monisha Bhattacharya, Sofia V. Erazo-Castrejon, Douglas C. Doehler and Michael S. McMullen // Cereal chemistry. – 2002. – Vol. 79, №2. – P.178-182.
- Nathalie Vignaux. Grant and Shahryar F. Kianian. Grain Quality Characteristics and Milling Performance of Full and Partial Waxy Durum Lines [Текст] / Nathalie Vignaux, Douglas C. Doehler, Justin Hegstad, Elias M. Elias, Michael S. McMullen, Linda A. // Cereal chemistry. – 2004. – Vol. 81, №7. – P.377-383.
- Abdel-Aal E.-S. M. Physicochemical and Structural Characteristics of Flours and Starches from Waxy and Nonwaxy Wheats [Текст] / E.-S. M. Abdel-Aal, P. Hucl, R. N. Chibbar, H. L. Han and T. Demeke // Cereal chemistry. – 2002. – Vol. 79, №3. – P.458-464.

УДК 663.094.941:663.126

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

## ФЕРМЕНТАТИВНА ФРАГМЕНТАЦІЯ (1→3/1→6)-β-D-ГЛЮКАНУ КЛІТИННИХ СТІНОК *Saccharomyces cerevisiae*

Розроблено спосіб отримання водорозчинних фрагментів (1→3/1→6)-β-D-глюкану клітинних стінок дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* шляхом обмеженого ферментативного гідролізу. Надано характеристику молекулярно-масового розподілу отриманих продуктів. Встановлено раціональні умови ферментативної деструкції, застосування яких супроводжується максимальним накопиченням високомолекулярного фрагменту з максимальною фізіологічною активністю.

**Ключові слова:** β-глюкани, (1→3/1→6)-β-D-глюкан клітинних стінок хлібопекарських дріжджів, обмежений ферментативний гідроліз, водорозчинний β-глюкан.

A method for producing water-soluble fragments (1→3/1→6)-β-D-glucan *Saccharomyces cerevisiae* cell wall is worked out by the limited enzymatic hydrolysis. The characteristic of the molecular weight distribution of the products obtained is presented. The reasonable conditions for the enzymatic degradation are established. The use of the ones is accompanied by a maximum accumulation of the high molecular fragment with a maximum physiological activity.

**Keywords:** β-glucan, (1→3/1→6)-β-D-glucan of cellular walls of yeasts, a enzymatic is limited, water-soluble β-glucan.

Стрімке зростання темпів життя і розумових навантажень, екстремальні фактори навколишнього середовища негативно впливають на організм сучасної людини і, в першу чергу, викликають порушення системи імунітету, які лежать в основі патогенезу великого числа захворювань.

Одним з можливих напрямків підвищення резистентності організму людини є додаткове включення до складу раціонів харчування біологічно активних сполук і дієтичних добавок. До таких речовин відносять β-глюкан, що володіє імуномодулюючими, протипухлинними та радіопротекторними властивостями.

Бета-глюкани є полісахаридами, в яких залишки β-D-глюкопіраноз можуть бути з'єднані (1→3), (1→4) і (1→6) глікозидними зв'язками. Ці полісахари-

ди в основному присутні у клітинних стінках зернових культур, дріжджів, водоростей, грибів. Зернові глюкани – це водорозчинні полісахариди лінійної структури, що складаються з β-D-глюкопіранозних одиниць, зв'язаних (1→4) і (1→3) глікозидними зв'язками (рис. 1). Глюкани дріжджів і грибів побудовано за іншим типом. Їх макромолекули мають розгалужену структуру, основою якої є кор, що складається з β-D-глюкопіранозних залишків, зв'язаних (1→3) глікозидними зв'язками. До положень О-6 моносахаридних залишків кору приєднуються бічні відгалуження, розмір яких варіює (рис. 2) [1].

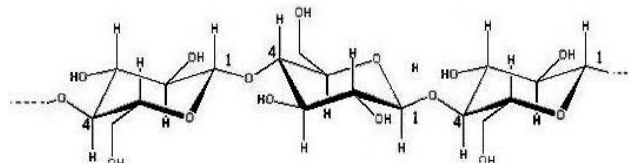


Рис.1. Структура глюкану вівса

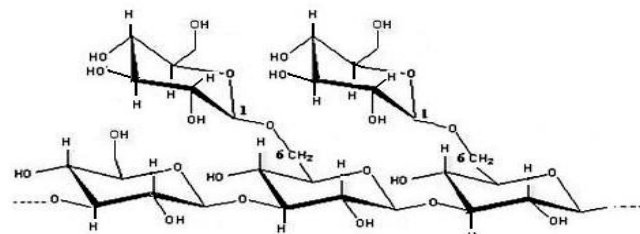


Рис. 2. Структура глюкану дріжджів

Структурні характеристики глюканів можуть суттєво відрізнятися залежно від джерела і способу їх одержання.

Таблиця 1

Вихід водорозчинних вуглеводів, % маси вихідного полісахариду

№ зразка	Концентрація E, мг/см <sup>3</sup>	Тривалість ферментолізу, год	Співвідношення E:S	Вихід водорозчинних вуглеводів, %
1	0,50	24	1:15	40,3
2			1:30	51,7
3			1:45	48,7
4		48	1:15	60,0
5			1:30	63,0
6			1:45	56,8
7		72	1:15	65,0
8			1:30	68,1
9			1:45	59,7
10	0,25	24	1:15	75,1
11			1:30	74,7
12			1:45	39,2
13		48	1:15	89,3
14			1:30	86,1
15			1:45	56,1
16		72	1:15	90,3
17			1:30	88,1
18			1:45	72,5

Фізіологічна активність β-глюканів визначається багатьма факторами: типом та конфігурацією зв'язків між залишками моносахаридів, розгалуженістю та конформацією макромолекули, ступенем її полімеризації; розчинністю у воді, яка, у свою чергу, залежить від величини молекулярної маси полісахариду і зменшується з її зростанням [2]. Встановлено, що фізіологічна дія нерозчинних глюканів значно менша, ніж розчинних [3].

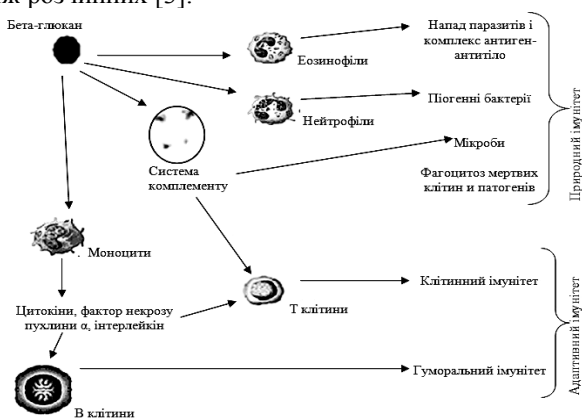


Рис. 3. Механізм дії β-глюкану на імунну систему

Здатність глюканів розчинятися у воді можна підвищити шляхом їх хімічної модифікації. В літературі наведено дані щодо отримання та визначення властивостей їх сульфатованих, фосфатованих та інших похідних, які здатні розчинятися у воді [4]. Однак, наголошується, що модифікація призводить до зміни конформації молекули та негативно впливає на біологічну активність полісахариду [3].

Показано [5], що (1→3/1→6)-β-D-глюкани (навіть нерозчинні) проявляють більш високу біологічну активність, ніж розчинні зернові (1→3/1→4)-β-D-глюкани.

В основі біологічної активності (1→3/1→6)-β-D-глюканів лежать насамперед їх імуномодулюючі властивості. Ці полісахариди активують імунну систему людини, захищаючи організм від хвороботворних мі-

кроорганізмів та шкідливих наслідків впливу токсинів і канцерогенів, тим самим підвищуючи як вроджений (природний), так і набутий (адаптивний) імунітет (рис. 3). Механізм дії цих біополімерів залежить від їх здатності зв'язуватися з певними клітинними рецепторами: dectin-1 (дектин-1), CR3, TLR (толл-подібний рецептор) і Scavenger (скайвенджер), що приводить до активації декількох сигнальних шляхів, які сприяють імунній реакції в уражених клітинах [4].

Радіопротекторну дію (1→3/1→6)-β-D-глюканів обумовлено їх здатністю зв'язувати вільні радикали, що утворюються в організмі людини в результаті впливу іонізуючого випромінювання і призводять до пошкодження ДНК клітин, ферментів і мембран [6].

Протипухлинна дія (1→3/1→6)-β-D-глюканів визначається появою протипухлинного фактора у відповідь на введення полісахариду. Він сприяє регресії пухлини, стимулюючи гранулоцити і макрофаги, а також запускає процес фагоцитозу в клітинах пухлин [7].

Сьогодні у клініках США, Китаю та Японії деякі з (1→3/1→6)-β-D-глюканів використовуються як мультимодальні модулятори біологічної активності організму людини при лікуванні онкологічних захворювань [8].

Вони проявляють протизапальну дію завдяки стимуляції продукції транспортних білків гострої фази [2]. Окрім того, встановлено здатність глюканів до гіпотензивної дії та зниження цукру і холестерину в крові [4].

Показано, що фізіологічна дія β-глюканів, виділених з клітинних стінок хлібопекарських дріжджів роду *Saccharomyces cerevisiae*, значно вища, ніж аналогічних полісахаридів, отриманих з інших джерел [9].

Властивості β-D-глюканів дріжджів описано в роботах Н.П. Елінова, М.А. Кашкіної, Г.Е. Аркадьєвої. Саме школі Н.П.Елінова [10] належать пріоритетні дослідження імуномодулюючих, протипухлинних і радіозахисних властивостей β-манану і β-глюкану дріжджів роду *Saccharomyces cerevisiae*.

Велику кількість робіт присвячено вивченню зимозану - комплексу полісахаридів, вилученого з оболонки клітин дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*, у складі яких локалізовано глюкан і манан. Здатність зимозану стимулювати клітини ретикулоендотеліальної системи було визначено більше 50 років тому. Він являє собою неспецифічний стимулятор кровотворення, здатний послаблювати вплив на гемопофез протипухлинних лікарських засобів і променевого впливу, які його пригнічують [11].

Показано [4], що застосування глюканів з молекулярною масою меншою за 150 кДа є більш ефективним. Згідно літературним даним найбільшою активністю володіють водорозчинні (1→3/1→6)-β-D-глюкани, молекулярна маса яких варіює в інтервалі 1 – 30 кДа [3].

Вітчизняних технологій таких глюканів не існує, у зв'язку з цим, дане дослідження присвячено розроб-

Таблиця 2  
Молекулярно-масовий розподіл водорозчинних продуктів ферментолізу, % співвідношення

№ зразка	Молекулярна маса, кДа			№ зразка	Молекулярна маса, кДа		
	>30	1-30	<1		>30	1-30	<1
1	27,6	63,9	8,5	10	37,0	56,6	6,4
2	37,8	55,1	7,1	11	31,9	62,4	5,7
3	53,4	39,7	6,9	12	48,7	39,8	11,5
4	30,2	63,1	6,7	13	31,7	44,7	23,6
5	25,6	68,8	5,6	14	21,2	67,1	11,7
6	42,5	44,9	12,4	15	37,0	33,8	29,2
7	17,4	76,1	6,5	16	15,7	57,4	26,9
8	13,5	80,5	6,0	17	21,5	52,5	26,0
9	39,2	45,2	15,6	18	34,7	34,5	30,8

ці способу деструкції (1→3/1→6)-β-D-глюкану клітинних стінок хлібопекарських дріжджів роду *Saccharomyces cerevisiae* з метою одержання найбільш фізіологічно активного водорозчинного фрагменту, в якому переважає фракція з M<sub>r</sub> в інтервалі 1 – 30 кДа.

Таблиця 3  
Вихід водорозчинних продуктів гідролізу глюкану молекулярної маси 1 – 30 кДа, % сухої маси глюкану клітинних стінок дріжджів

№ зразка	Концентрація E <sub>s</sub> , мг/см <sup>3</sup>	Тривалість ферментолізу, год	Співвідношення E:S	Вихід водорозчинних вуглеводів, %
1	0,50	24	1:15	25,8
2			1:30	28,5
3			1:45	18,5
4		48	1:15	37,9
5			1:30	43,3
6			1:45	25,5
7		72	1:15	49,5
8			1:30	54,8
9			1:45	27,0
10	0,25	24	1:15	42,5
11			1:30	46,6
12			1:45	15,6
13		48	1:15	39,9
14			1:30	57,7
15			1:45	19,0
16		72	1:15	51,8
17			1:30	46,3
18			1:45	25,0

В експериментах використовували водорозчинний (1→3/1→6)-β-D-глюкан, отриманий з хлібопекарських дріжджів шляхом їх послідовної обробки розчинами гідроксиду натрію, оцтової кислоти і ацетату натрію з наступним автоклавуванням для остаточного видалення супутніх речовин – білка, глікогену та манану [12]. Деструкцію макромолекул глюкану здійснювали шляхом обмеженого ферментативного гідролізу, який проводили при T = 37 °C і pH 6 (натрій фосфатний буфер), використовуючи мультиферментний препарат, що володіє переважно ендо-1,4-β-ксилазназою та ендо-1,3(4)-β-глюканазою активностями. Після закінчення гідролізу суміш кип'ятили впродовж 10-15 хвилин для інактивації фермента, центрифугували та визначали у центрифугаті вміст вуглеводної складової (табл. 1). У дослідях варіювали концентрацію фермента у розчині, тривалість ферментолізу і співвідношення фермент:субстрат (E:S).

Гель-хроматографію продуктів деструкції здійснювали 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 7-10 мг продуктів деструкції глюкану, елюент – вода; збирали фракції об'ємом по 2 см<sup>3</sup>. Вміст вуглеводів у фракціях визначали антроновим методом [12].

Ступінь переходу у розчин твердої фази в умовах експерименту коливався у діапазоні 40 – 90 %. Найбільші його значення мали місце при використанні фермента концентрацією 0,25 мг/см<sup>3</sup>, співвідношенні E:S в інтервалі значень 1:15 – 1:30 та тривалості обробки 48 – 72 год (табл. 1). На рис. 4 наведено хроматограму зразка 16, отриманого з найбільшим виходом.

Встановлено, що він являє собою гетерогенну за молекулярною масою суміш, у якій присутні фрагменти зі ступенем полімеризації у досить широкому інтервалі значень, а вміст фракції з M<sub>r</sub> 1 – 30 кДа складає біля 60 %.

У подальшому визначали молекулярно-масовий розподіл кожного з отриманих гідролізатів з метою обґрунтування умов ферментолізу, за яких відбувається максимальне накопичення фрагмента з молекулярною масою в інтервалі значень 1 – 30 кДа (табл. 2). Як свідчать наведені дані, варіювання умов деструкції суттєво впливає на характер розподілу продуктів за молекулярними масами. Так, збільшення концентрації фермента у розчині з 0,25 мг/см<sup>3</sup> до 0,50 мг/см<sup>3</sup> приводить до збільшення вмісту цільового фрагмента (M<sub>r</sub> 1–30 кДа) і одночасного зменшення кількості продуктів деструкції з молекулярною масою, нижчою за 1 кДа. Отже, частка високомолекулярних розчинних фрагментів в таких гідролізатах вища.

Вихід цільового продукту зростає при збільшенні співвідношення E:S від 1:15 до 1:30. Подальше зростання цього показника (E:S = 1:45) призводить до накопичення небажаних низькомолекулярних фізіологічно неефективних оліго-

мерів.

Збільшення терміну ферментолізу з 24 до 72 год, як правило, супроводжується накопиченням фрагментів з молекулярною масою 1 – 30 кДа, його подовження зверх вказаного не має позитивних наслідків.

Остаточний висновок щодо раціональних умов деструкції можна зробити шляхом порівняння даних табл. 1 і 2. Результати відповідних перерахунків (табл. 3) свідчать, що найбільшого ступеня накопичення фрагментів з молекулярною масою 1 – 30 кДа (57,7 %) можна досягнути за наступних умов ферментолізу: концентрація фермента 0,25 мг/см<sup>3</sup>, співвідношення E:S = 1:30, термін гідролізу 48 год (рис. 5); при цьому їх кількість у водорозчинній складовій – 67,1 %.

Таким чином, показано можливість одержання на основі (1→3/1→6)-β-D-глюкану клітинних стінок дріжджів роду *Saccharomyces cerevisiae* водорозчин-

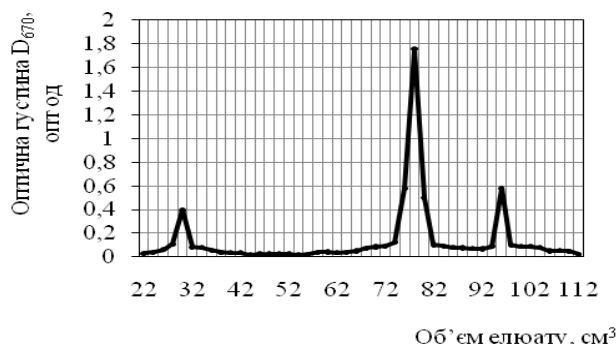


Рис. 4. Вихідна крива гель-хроматографії зразка 16

ного фрагмента, що містить біля 70 % найбільш фізіологічно активної полісахаридної фракції з молекулярною масою 1 – 30 кДа; встановлено раціональні умови ферментативної деструкції вихідного біополімеру. Отримані результати є підґрунтям для подальших до-

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Syed, H. A. The world of  $\beta$ -glucans – a review of biological roles, applications and potential areas of research [Текст] / H. A. Syed // Thesis for the requirement of master of Science – Medical Biology. – 2009. – P. 13-18.
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. Chen, Jiezhong. Medicinal importance of fungal  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3), (1 $\rightarrow$ 6)-glucans [Текст] / Jiezhong Chen, Robert Seviour // Mycological research. – 2007. – P. 635–652.
5. Ensley, H.E., NMP structural analysis of a water-insoluble (1-3)-beta-D-glucan isolated from S.c. [Текст] / H. E Ensley, B. Tobias, H. A. Pretus and all // Carbohydr res. – 1994. – Vol. 258. – P. 307–311.
6. Patchen, M. L. Glucan: Mechanisms Involved in Its 'Radioprotective' Effect [Текст] / M. L. Patchen, M. M. D'Alesandro, I. K. Brook, W. F. Blakely, T. J. Mcvittie. // J Leuc Biol. – 1987. – Vol. 42. – 95–105.
7. Kunimoto, T. Antitumor polysaccharide-induced tumor-regressing factor in the serum of tumor-bearing mice: purification and characterization [Текст] / T. Kunimoto, H. Baba, K. Nitta // J Biol. Response Modif. – 1986. – Vol. 5. –P. 225-235
8. Petravac-tominac, Vlatka Biological effects of yeast  $\beta$ -glucans [Текст] / Vlatka Petravac-tominac, Vesna Zechner-krapan, Slobodan Grba, Siniša Srećec and all // Agriculturae Conspectus Scientificus – 2010. – Vol. 75. – 149–158.
9. Vetvicka, V. Physiological effects of different types of  $\beta$ -glucan [Текст] / V. Vetvicka, J. Vetvickova // Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub. – 2007. – Vol. 151(2). – 1–7.
10. Успехи микробиологии [Текст] / Елинов Н. П. – М.: Мир, 1982. – 177 с.
11. Gordon, D. Dectin-1 Is A Major  $\beta$ -Glucan Receptor On Macrophages [Текст] / D. Gordon, R. Philip, D. Taylor, M. Reid, J. Willment, D. Williams and all // The Journal of Experimental Medicine Volume – 2002. – Vol. 196 (3). – P. 407–412.
12. Методы химии углеводов [Текст] / под ред. Н. К. Кочеткова. – М.: Мир, 1967. – 125 с.

УДК [664.641.12.022.3:664.76]-021.4

KAPRELYANTS L.V., Doctor of Science, professor, ZHYGUNOV D.A., PhD, docent,  
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine

### BIOCHEMICAL AND BAKING PROPERTIES OF BLENDS GRADED FLOUR WITH DIFFERENT WHEAT MILLED PRODUCTS INCLUDING PERIPHERAL PARTS OF GRAIN

Исследованы биохимический и жирнокислотный составы различных потоков продуктов измельчения, содержащих измельченные периферические части пшеничного зерна. Показано положительное влияние потоков отрубей на улучшение хлебопекарных свойств смесей с сортовой мукой. Определена оптимальная дозировка пшеничных отрубей, даны рекомендации по выбору потоков муки и ограничительной норме содержания липидов в готовых смесях.

**Ключевые слова:** пшеница, мука, мучные смеси, отруби, мелкие отруби, биохимический состав, хлебопекарные свойства.

Biochemical and fatty acid compositions of different streams of milled products including peripheral parts of the wheat grain were investigated. The positive effect of bran and short streams to improve the baking properties of flour blends with is shown. The optimum dosage of wheat bran and shorts, recommendations on the selection of milled streams and restrictive of lipid content in the prepared blends are given.

**Keywords:** wheat, flour, flour blends, bran, shorts, biochemical composition, baking properties.

Peripheral parts of the wheat grain (hulls, aleurone, germ) in the milling process are sent to individual streams mainly to the formation of the by-products – bran and shorts. Since these streams are derived from different ana-

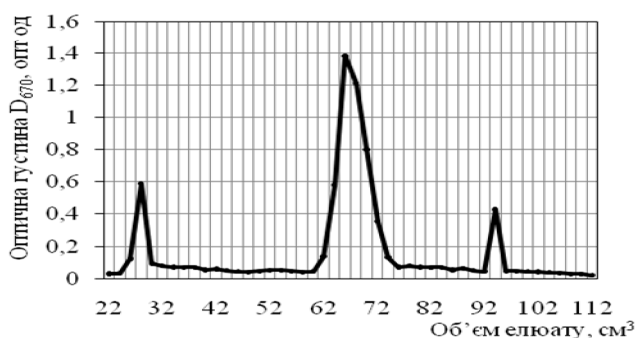


Рис. 5. Вихідна крива гель-хроматографії зразка 14

сліджень щодо розробки способів добування продуктів деструкції дріжджового глюкану без його попереднього ізолювання.

Поступила 02.2012

tomically parts of the grain, they differ in chemical composition, biochemical and technological properties.

The main objective of this study was the selection and justification of such streams including the peripheral parts of grains that would best suit the set requirements: to improve the content of bioactive substances and dietary fiber in wheat flour and to improve its technological properties. For research we used the following peripheral parts of wheat differing in chemical composition and properties: tailings products from bran finishers (bran), tailings products from the 4<sup>th</sup> break sifting system (break shorts) and tailings products from the last reduction system (reduction shorts).

The study of these streams showed that, despite their differences, they can be used as a valuable source of biologically active substances: phytochemicals, micro- and macro-elements, vitamins and fibers.

For the formation of wheat flour with a high content of peripheral parts of wheat grain we used: 1<sup>st</sup> graded