

УДК 641.1/.3, 641.13

**ВИКОРИСТАННЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ВІТЧИЗНЯНОЇ
СЕЛЕКЦІЇ ДЛЯ ОТРИМАННЯ МОДИФІКОВАНОГО БОРОШНА**

*Л.М. Хомічак, д.т.н., професор, член-кореспондент НААН,
завідувач лабораторією технології цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів*
Інститут продовольчих ресурсів НААН
ORCID ID: 0000-0001-9003-0315

*І.В. Кузнєцова, д.с.-г.н., с.н.с.,
заступник академіка-секретаря Відділення рослинництва*
Національна академія аграрних наук України
ORCID ID: 0000-0001-8530-2099

*А.І. Маринін, к.т.н., с.н.с.,
завідувач Проблемної науково-дослідної лабораторії*
Національний університет харчових технологій
ORCID ID: 0000-0001-6692-7472

*С.І. Висоцька, аспірант,
молодший науковий співробітник відділу аграрної економіки і продовольства*
Відділення аграрної економіки та продовольства
Національна академія аграрних наук України
ORCID ID: 0000-0001-7686-9800

<https://doi.org/10.31073/foodresources2018-11-19>

Розглянуто крохмалевмісну сировину, яка може використовуватись для отримання модифікованих продуктів. Зокрема, показано перспективність використання пшениці м'якої озимої для виробництва модифікованого борошна, яке застосовується у виробництві харчових продуктів в якості часткової заміни основної сировини – борошна пшеничного. Методи та методика досліджень. Використовували борошно пшеничне отримане з м'яких сортів пшениці, що поширене в реалізації (контроль) і борошно сортів пшениці м'якої селекції Селекційно-генетичного інституту – Національний центр насіннєзнавства: Софійка, Білява і Чорноброва. Вимірювання термодинамічних показників борошна здійснювали на приладі Hygrolab-2 (Rotronic, Швейцарія) при температурі 18-20°C з точністю вимірювання 1,5%, 0,3°C 0,005 од. a_w +1.5% від значення. Результати досліджень. Вивчено сортові особливості зерна пшениці м'якої озимої зі змінним складом крохмалю та із підвищеним вмістом речовин, що визначають функціональність продукту. Показано особливості структури крохмальних гранул нових сортів пшениці вітчизняної селекції та визначено термодинамічні показники, у т.ч. показник активності води. Відмічено, що борошно отримане з пшениці сорту Софійка має найменші показники (ентальпії, питомого вологовмісту, парціального та насиченого пару тиску), і відповідно, найнижчу активність води в борошні (0,477). Низьке значення активності води в діапазоні 0,35-0,50, як відомо, впливає на текстуру борошняних виробів, надаючи їм певну крихкість. Обґрунтовано, що за значенням показника активності води нові сорти пшениці Білява, Софійка і Чорноброва є перспективними для отримання нових видів модифікованого борошна пшеничного. Висновки. Визначено, що на показник активності води у зернівці має вплив структура крохмальної гранули. Зокрема, відсутність амілози в крохмальній гранулі знижує показник активності води: з 0,619 (притаманне для борошна, що використовується в промисловості для отримання борошняних виробів) до 0,477 для сорту Софійка. Відзначено, що використання сортових

особливостей зерна пшениці м'якої озимої сортів Білява, Софійка і Чорноброва дозволить отримати модифіковане борошно зі зміненими технологічними показниками.

Ключові слова: пшениця, крохмальні гранули, активність води, якість, модифіковане борошно

THE GRAINS WHEAT OF SOFT WINTER DOMESTIC SELECTION USE TO PRODUCTION FOR MODIFIED FLOUR

L. Khomichak, D-r of Technics, Professor,
Corresponding Member of the National Academy of Sciences,
Head of the Laboratory of sugar technology, sugar-based products and ingredients
Institute of Food Resources of NAAS
ORCID ID: 0000-0001-9003-0315

I. Kuzniestsova, D-r of Agricultural Sciences, Senior Researcher,
Deputy Academician-Secretary of the Plant Production Department
National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
ORCID ID: 0000-0001-8530-2099

A. Marynin, Ph.D, Senior Researcher,
Head of Laboratory Advanced Research Laboratory
National University of Food Technologies
ORCID ID: 0000-0001-6692-7472

S. Vysotska, postgraduate, Junior Researcher,
Department of Agrarian Economics and Food
National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
ORCID ID: 0000-0001-7686-9800

The starch-based raw material, which can be used for the production of modified products, is considered. In particular, the prospect of the use soft winter wheat for the production of modified flour, which is used in the production of food products as a partial replacement of the main raw material - wheat flour, is shown. Methods and methodology of research. Wheat flour was obtained from soft wheat varieties, common in the implementation (control) and flour of soft wheat varieties of the Selection-Genetic Institute – National Center of Seed Science: Sofiyka, Bilyava and Chornobrova. Measurement of the thermodynamic parameters of the flour was carried out on the device Hygrolab-2 (Rotronic, Switzerland) at a temperature of 18-20°C with an accuracy of 1.5%, 0,3°C 0,005 units. $a_w \pm 1.5\%$ of the value. Research results. The varietal characteristics of winter wheat with modified starch composition and high content of substances that determine the functionality of the product are studied. The features of the structure of starch granules of new wheat varieties of domestic breeding are shown and the thermodynamic parameters are determined, including indicator of water activity. It was noted that the flour obtained from Sofiyka variety wheat has the lowest indices (enthalpy, specific moisture content, partial and saturated steam pressure), and, accordingly, the lowest activity of moisture in flour (0.477). The low value of water activity in the range of 0.35-0.50 is known to affect the texture of flour products, giving them some brittleness. It is substantiated that according to the value of the water activity index, new varieties of wheat Bilyava, Sofiyka and Chornobrova are promising for obtaining new types of modified wheat flour. Conclusions. It is determined that the structure of the starch granule has an effect on the activity of water in the grains. In particular, the absence of amylose in the starch granule reduces the water activity index: from 0.619 (inherent to the flour used in the industry for the production of flour products) to 0.477 for the Sofiyka variety. It is noted that the use of varietal characteristics of wheat of soft winter varieties Bilyava, Sofiyka and Chornobrova will allow obtaining modified flour with altered technological parameters.

Key words: wheat, starch granules, water activity, quality, modified flour

Нині, із впровадженням сучасних технологій вирощування зернових культур та в умовах зміни клімату, все більше постає питання з якості отриманого зерна пшениці. Це сприяє розвитку напряму виробництва харчових інгредієнтів, з яких провідну роль грають модифіковані продукти, отримані шляхом використання Бюлерової системи екструзії [1]. Найбільш важливою проблемою вважають налагодження виробництва модифікованого борошна та крохмалю. Переробка зернової сировини із впливом на крохмаль або білки шляхом екструзії створює різноманітність функціональних властивостей продукту.

Модифікація крохмалю у зерновій сировині полягає в економічно ефективному виробництві відповідно до харчових законів. Технологічний процес отримання екструзійних крохмалевмісних продуктів включає змішування і кондиціонування, екструджування, сушіння, подрібнення та просіювання. Вивчення зміни структури крохмалю в сировині за термічної обробки присвячені праці відомих вчених Carl L. Alsberg, Ducroo P. [2], Perry P.A. [3], Андрєєва Н.Р. і Карпова В.Г. [4], Жушмана А.І. [5], Ковбаси В.М. [6], Штангєєвої Н.І. Грабовської О.В. і Кузнецової І.В. [7], Оболкіної В.І. [8] та інших. Водночас, практично не досліджено можливість застосування нових сортів пшениці м'якої озимої для отримання модифікованих продуктів.

Методи та методика досліджень. Використовували борошно пшеничне, отримане з м'яких сортів пшениці, що поширене в реалізації (контроль) і борошно сортів пшениці м'якої селекції Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства [9]: Софійка, Білява і Чорноброва. Борошно, отримане з пшениці сорту Білява, легко розварюється, крохмалисте із низьким умістом білка (до 11,8%). Сорт пшениці Софійка – пшениця типу "ваксі". Технологічні властивості борошна пшеничного, отриманого із сорту Чорноброва, за характеристиками близькі до сорту екстра-сильної пшениці, воно має високий вміст білка (14-15%), вітамінів і мікроелементів. Вимірювання термодинамічних показників борошна здійснювали на приладі Hygrolab-2 (Rotronic, Швейцарія) за температури 18-20°C з точністю вимірювання 1,5%, 0,3°C 0,005 од. $aw+1.5\%$ від значення

Результати досліджень. Пшениця містить крохмаль, який, завдяки міцності зв'язків у крохмале-білковій матриці, складніше вилучається та клейстеризується за температури близько 65°C (таблиця 1).

Таблиця 1

**Залежність температури клейстеризації крохмалю
від виду крохмалевмісної сировини**

Сировина	Крохмаль, %	Вміст амілози, %	Температура клейстеризації, °C	Вміст білка, %
Картопля	15-25	23-24	58-66	1,5-2,2
Квасоля	50-60	24-26	64-67	32,0
Овес	54-55	27-28	56-62	12,0
Ячмінь	62-72	22-23	56-62	6,5
Кукурудза	65-70	28-29	62-70	9,0
Пшениця	68-72	26-27	53-65	14,0
Рис	73-82	18-20	61-78	14,0

Особливості хімічної будови та властивостей амілози і амілопектину, а також їх співвідношення у нативному крохмалі, яке залежить від виду крохмалевмісної сировини, визначають технологічну властивість крохмалю – здатність розчинятися (набрякати) під час нагрівання у воді з утворенням в'язких колоїдних розчинів (клейстерів). Як відомо, клейстеризація крохмалю відбувається в три стадії: I – гаряча вода повільно і обернено поглинається зернами крохмалю з наступним їхнім набряканням, II – крохмальні зерна

швидко набухають, втрачаючи свою кристалічну структуру, III – крохмальні зерна стають майже безформними мішечками, з яких вимивається розчинна частина крохмалю.

Крохмаль – це полімер глюкози, який є напівкристалічним матеріалом [4]. У сировині крохмаль міститься у вигляді крохмальних гранул (зерен) різного розміру і форми. У процесі біосинтезу на ранніх етапах формування зерна крупні крохмальні гранули типу А формуються в амілопластах, а типу В і С – у результаті поділу амілопластів на пізніх етапах формування зернівки. Дрібні крохмальні гранули мають більше співвідношення площі поверхні гранули до її маси, а отже мають вищу поглинаючу здатність води [10]. Розподіл крохмальних гранул є бімодальним: розміром менше ніж 10 мкм (типу В і С) і більше ніж 10 мкм (типу А). За масою крупні гранули становлять 70-80% від маси крохмалю, але їх кількість не перевищує 20% від загальної кількості крохмальних гранул [11].

У крохмальних гранулах молекули амілози та амілопектину утворюють прошарки з кристалічною та аморфною будовою. Енергія взаємодії окремих атомів у зерні крохмалю залежить від розташування амілози й амілопектину та їх співвідношення. Амілоза розчиняється у гарячій воді і не утворює клейстеру. Амілопектин не розчиняється у воді, проте утворює клейстер, і при забарвлюванні йодом набуває кольору від червоного до фіолетового. У гарячій воді амілоза переходить у розчин, а амілопектин утворює колоїдний розчин (клейстер). Вміст амілози у крохмалях різного походження коливається в межах 13-30 %, амілопектину – 70-85%. Відомі сорти і гібриди пшениці й кукурудзи типу "ваксі", які у структурі крохмальної гранули мають тільки амілопектин.

Зерно пшениці містить 58-76% крохмалю, 12-15% білків, 1,7-2,3% жирів, 2,4-3,7% клітковини, 5,8-8,5% пентозанів, 1,6-2,3% мінеральних солей (у перерахунку на абсолютно суху речовину). Нерозчинні білкові речовини за набухання утворюють клейковину, яка надає густоту і тягучість продукту.

Крохмальні гранули в клітинах пшеничного ендосперму мають міцний зв'язок з клітинними оболонками та між білковими речовинами, що важкорозчинні у воді. Уміст глобулінів у клейковині пшениці становить 1,0-1,5%, які при розчиненні звільняють крохмальні гранули. Таке поєднання властивостей речовин крохмалевмісної сировини сприяло розвитку виробництва модифікованого борошна шляхом волого-термо-механічного оброблення.

За органолептичними показниками модифіковане борошно являє собою дрібнодисперсний порошок, із властивим для зернової сировини запахом та смаком. Таке борошно, завдяки пом'якшеній структурі, є дієтичним продуктом і використовується для отримання функціональних харчових продуктів. Крім того, модифіковане борошно не має класифікаційного номера в міжнародній системі кодифікування з літерою "Е".

Функціональні властивості модифікованого борошна [1] виявляються за рахунок високого вмісту білка (8,3-20,2%), ступеня набухання, водопоглинальної (до 1:6) і жирозв'язуючої здатності (до 1:8), а також низького вмісту жиру. Модифіковане борошно утворює структуровану колоїдну систему (гель), яка стабільна при стерилізації, виявляє інертність до всіх рецептурних складових рецептур, термостабільність і холодорезистентність, має рівномірний розподіл та високу вологоутримувальну здатність. Ці властивості модифікованого борошна сприяють поширенню його застосуванню у виробництві м'ясних і молочних виробів, хлібобулочних та кондитерських борошняних виробів, а також у виробництві продуктів дитячого харчування.

Модифіковане борошно – це продукт високої біологічної цінності, що сприяє подовженню терміну зберігання харчового продукту та підтримувannya свіжого вигляду і мікробіологічних показників за рахунок зниження показника активності води. Крім того, сприяє регулюванню текстури, формоутриманню і стабільності властивостей отриманого харчового продукту при застосуванні у його рецептурі такого борошна. Одним з важливих показників за його застосування у виробництві харчових продуктів є економічні

показники: зниження витрат основної сировини, збільшення виходу готової продукції, розширення асортименту та підвищення конкурентоспроможності продукції.

Важливим аспектом в удосконаленні технології виробництва модифікованого борошна є вибір сировини. Зокрема, нині відома низка сортів пшениці м'якої озимої зі зміненим складом крохмалю. Одним з відомих у світі різновидів такої пшениці є "sweet wheat", яка в результаті комбінування генів має підвищений вміст мальтози і цукрози, а також інтенсивність солодкості, наближену до цукрової кукурудзи. Проте, через низьку врожайність, даний тип пшениці не набув поширення [12]. Зерно пшениці "ваксі" м'язоцерної містить на 3-7% менше крохмалю [13], має вищу ступінь кристалічності на 8% і нижче на 9 °C температуру клейстеризації. Крохмальні гранули такої пшениці містять 0,2% ліпідів, що на 80% менше ніж у звичайній. Це сприяє розвитку виробництва високо- і низькомолекулярних мальтодекстринів, що не прогоркають при сушінні та зберіганні. Нині відомі в світі хімічно-модифіковані крохмалі отримані з кукурудзи "ваксі". Дослідження показали, що отриманий аналогічний крохмаль з пшениці "ваксі" є кращим за показниками якості. Вітчизняними селекціонерами створено сорт пшениці м'якої озимої "ваксі" – Софійка.

Перспективним є сорт пшениці м'якої Чорноброва, який створений завдяки схрещуванню двох культур: чорнозерної пшениці та пирію. Цей сорт [14] круп'яного технологічного використання характеризується підвищеним умістом у зерні фракції легкокорозинних білків, антиоксидантів, вітамінів та мінералів (табл. 2) .

Таблиця 2

Харчова цінність зерна пшениці*

№ з/п	Показник	Зерно пшениці	
		звичайне	чорнозерна
1	Фосфор, г/кг	2,68	3,30
2	Кальцій, г/кг	0,33	0,45
3	Залізо, мг/кг	32,00	79,20
4	Цинк, мг/кг	26,00	42,80
5	B1, мг/кг	4,40	14,80
6	B2, мг/кг	1,80	11,40
7	C, мг/кг	0,00	8,33
8	E, мг/кг	6,00	19,11

*дані Рибалко О.І. [14]

Відмінним сортом є Білява вітчизняної селекції кондитерського напрямку (*soft*), який відрізняється від пшениці твердозерної хлібопекарського напрямку (*hard*) структурою ендосперму зернівки. Стінки ендосперму зернівки утворені переважно пентозанами, арабіноксиланами і β -глюканами. Стінки клітин ендосперму пшениці *soft* тонкіші, а частка клітинних стінок є нижчою.

Як відомо, для створення нових рецептур харчових продуктів особливу увагу приділяють активності води (A_w ; a_w) сухих компонентів. Активність води – це співвідношення тиску парів води над даним продуктом до тиску парів над чистою водою за тієї ж температури [15]. Зокрема, даний показник включений в систему стандартів ISO 9000 і застосовується при аналізі ризиків критичних контрольних точок (ХАССП). У країнах ЄС визначення показника активності води (A_w), поряд з вологовмістом (W) і концентрацією іонів воднів (pH), є обов'язковим при експертизі багатьох харчових продуктів, а в США дане визначення включено в інструкцію з контролю якості харчових

продуктів. Аналіз показника активності води борошна, отриманого із пшениці м'якої озимої, представлено в таблиці 3.

Таблиця 3

Термодинамічна характеристика борошна пшениці

№ з/п	Показник	Борошно із пшениці м'якої озимої			
		звичайна	сорт		
			Білява	Софійка	Чорноброва
1	Ентальпія, Дж/г	40,06	37,70	35,63	36,28
2	Питомий вологовміст, г/кг	8,33	7,36	6,51	6,74
3	Співвідношення концентрацій компонентів суміші, г/кг	8,40	7,41	6,55	6,78
4	Концентрація парів при насиченні, г/м ³	15,97	16,12	16,21	16,28
5	Парціальний тиск водяного пару, гПа	13,33	11,77	10,42	10,78
6	Тиск насиченої пари види, гПа	21,52	21,70	21,86	21,96
7	Активність води (<i>A_w</i>)	0,619	0,542	0,477	0,491

За значення активної вологи 0,6-0,8, що відповідає вологовмісту продукту 40%, тривалий час не відбуваються процеси, пов'язані з погіршенням якості продукту. Таку активність вологи (0,619) має борошно звичайної пшениці м'якої озимої, що використовується для виготовлення хлібобулочних виробів.

Відмічено, що борошно отримане з пшениці сорту Софійка має найменші показники (ентальпії, питомого вологовмісту, парціального та насиченого пару тиску), і відповідно, найнижчу активність вологи в борошні (0,477). Низьке значення активності води в діапазоні 0,35-0,50, як відомо, впливає на текстуру борошняних виробів, надаючи їм певну крихкість. Отже, для отримання модифікованого борошна шляхом подальшого температурного оброблення борошна, отриманого з нових сортів пшениці м'якої озимої, слід ще знизити значення активності води. Це сприятиме застосуванню даного модифікованого борошна у виробництві нових видів борошняних виробів з подовженим терміном зберігання.

Висновки. Нові сорти пшениці вітчизняної селекції є перспективною сировиною для удосконалення технології виробництва модифікованого борошна з нижчим значенням активності води. Визначено, що на показник активності води у зернівці має вплив структура крохмальної гранули. Зокрема, відсутність амілози в крохмальній гранулі знижує показник активності води: з 0,619 (значення, притаманне для борошна, що використовується в промисловості для отримання борошняних виробів) до 0,477 для сорту Софійка. Відзначено, що використання сортових особливостей зерна пшениці м'якої озимої сортів Білява, Софійка і Чорноброва дозволить отримати модифіковане борошно зі зміненими технологічними показниками.

Бібліографія

1. Food Ingredients. Innovative processes satisfying modern needs. 2000. / BUEHLER PASTA & EXTRUDED PRODUCTS Food Ingredients. URL: https://www.buhlergroup.com/china/zh/downloads/Food_Ingredients.pdf.

2. Ducroo P. Improvements relating to the production of glucose syrups and purified starches from wheat and other cereal starches containing pentosans / P. Ducroo // European Patent Application EP 0228732. – 1987.

3. Perry P.A. The effects of low temperatures on starch granule structure / P.A. Perry, A.M. Donald // *Polymer*. – 2000. – 41(16). – P.6361-6376.
4. Андреев Н.Р. Структура, химический состав и технологические признаки основных видов крахмалосодержащего сырья / Н.Р. Андреев, В.Г. Карпов // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 1999. – №7. – С. 30-33.
5. Жушман А.И. Сравнение свойств дисперсий кукурузного крахмала и измельченной кукурузы. / Сер.5: Крахмало-паточная промышленность. – М.: АгроНИИТЭИпищепром. – 1985. – С. 9-10.
6. Вплив процесу екструзії на крохмаль екструзійних картопле продуктів / О. С. Шульга, В. М. Ковбаса, С. І. Шульга // *Харчова наука і технологія*. – 2011. – № 2. – С. 60-62. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khnit_2011_2_22.
7. Грабовська О.В., Кузнецова І.В., Штангеева Н.І. Дослідження способів підготовки крохмалевмісної сировини до ферментативного гідролізу // *Праці НУХТ*. – 2002. – №12. – С. 39-41.
8. Оболкина В.И. Использование гидроколлоидов для формирования разнообразных структур кондитерских изделий. Журнал «Продукты & ингредиенты» №10 (52) ноябрь 2008, Киев, «Биопром».
9. Каталог сортів Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення (І частина) / За ред. чл.-кор. НААН Соколова В.М. // *СГІ-НЦНС*, – Одеса. – 2014. – 108 с.
10. Larsson H., Eliason A-C. Influence of the starch granule surface on the rheological behavior of wheat flour dough. – *J. Texture Stud.* – 1997, – V. 28, P. 487-501.
11. Рибалко О.І. Якість пшениці та її поліпшення. Одеса. 2011. – 62 с.
12. Nakamura T., Shimbara T., Vriten P., Saito M., Yonemaru J., Seto Y., Yusada H., Takahama M. "Sweet wheat". *Genes Genet. Syst.* – 2006. – V. 81. – P. 361-365.
13. Guan I., Seib P., Shi Y. Wet milling of starch from waxy wheat flours. In. *Abstracts. Annual Meet, AACC. Cereal Foods World*. 2007. V. 52(4), A42.
14. Рибалка О. Селекційне поліпшення сортів / *Агрономія Сьогодні* / 28.11.2012. – Режим доступу: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/283-selektiine-polipshennia-sortiv.html>.
15. Баранов Б.А. Теоретические и прикладные аспекты показателя «активность воды» в технологии продуктов питания. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук – СПб, 2000. – 247 с.

References

1. Food Ingredients. Innovative processes satisfying modern needs. 2000. BUHLER PASTA & EXTRUDED PRODUCTS Food Ingredients. URL: https://www.buhlergroup.com/china/zh/downloads/Food_Ingredients.pdf.2.
2. Ducroo, P. 1987. Production of glucose syrups and purified starches from wheat and other cereal starches containing pentosans. European Patent Application EP 0228732.
3. Perry, P.A. and A.M. Donald. 2000. The effects of low temperatures on starch granule structure. *Polymer*, 41(16). P.6361-6376.
4. Andreev N. 1999. Struktura, khimicheskii sostav i tekhnologicheskiye priznaki osnovnykh vidov krakhmalosoderzhashchego Syria. Khraneniye i pererabotka selkhozsyria – Structure, chemical composition and technological characteristics of the main types of starch-containing raw materials. Storage and processing of agricultural raw materials, 7, 30-33 (in Russian).
5. Zhushman, A.Y. 1985. Sravneniye svoistv dyspersyi kukuruznoho krakhmala y yzmelchennoi kukuruzy. Ser.5: Krakhmalo-patochnaia promishlennost. M.: AhroNYITЭYpyshcheprom – Comparison of dispersion properties of corn starch and crushed corn. Series 5: Starch-powder industry, Moscow, 9-10 33 (in Russian).

6. Shulha, O, V. Kovbasa and S. Shulha. 2011. Vplyv protsesu ekstruzii na krokhmal ekstruziinykh kartople produktiv. Kharchova nauka i tekhnolohiia – Having poured the process onto the crumbling extruded maps. Kharchova science and technology, 2. 60-62. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khnt_2011_2_22 (in Ukraine).
7. Hrabovska, O., I. Kuznietsova, N. Shtanheieva. 2002. Doslidzhennia sposobiv pidhotovky krokhmalevmisnoi syrovyny do fermentatyvnoho hidrolizu. Pratsi NUKhT – Investigation of methods of preparation of starchy material to enzymatic hydrolysis. Proceedings of the National University of Technology Technologies, 12, 39-41 (in Ukraine).
8. Obolkyna V. 2008. Ispolzovaniye gidrokolloidov dlya formirovaniya raznoobraznykh struktur konditerskikh izdeliy. Zhurnal «Produkty & ingredienty». K: «Byoprom» – The use of hydrocolloids for the formation of various structures of confectionery. "Products & Ingredients" Kyiv: "Bioprom" (in Russian).
9. Katalog sortiv Seleksiino-henetychnoho instytutu – Natsionalnoho tsentru nasinnieznavstva ta sortovyvchennia (I chastyna). Za red. chl.-kor. NAAN V. Sokolova. 2014. Odesa – Catalog of varieties of the Selection-Genetic Institute – National Center for Seed Science and Standard Studies (Part I). Ed. Corr. NAAS. Odesa: Selection-Genetic Institute – National Center for Seed and Graduate Studies, 108 (in Ukraine).
10. Larsson, H. and A-C. Eliason. 1997. Influence of the starch granule surface on the rheological behavior of wheat flour dough. J. Texture Stud, V. 28, 487-501.
11. Rybalko, O. 2011. Yakist pshenytsi ta yii polipshennia. Odessa – Wheat quality and its improvement. Odessa, 62 (in Ukraine).
12. Nakamura, T., T. Shimbara, P. Vriten P., M. Saito, J. Yonemaru, Y. Seto, H. Yusada and M. Takahama. 2006. "Sweet wheat". Genes Genet. Syst, V. 81, 361-365.
13. Guan, I., P. Seib, Y. Shi. 2007. Wet milling of starch from waxy wheat flours. In. Abstracts. Annual Meet., AACC. Cereal Foods World, V. 52(4), 42.
14. Rybalka, O. 2012. Seleksiine polipshennia sortiv. Ahronomiia Sohodni. 28.11.2012 URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/283-seleksiine-polipshennia-sortiv.html> (in Ukraine).
15. Baranov, B. 2000. Teoreticheskiye i prikladnyye aspekty pokazatelya «aktivnost vody» v tekhnologii produktov pitaniya. Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni doktora tekhnicheskikh nauk. SPb – Theoretical and applied aspects of the indicator "water activity" in food technology. Thesis for the degree of D-r of Technical Sciences. St. Petersburg. 247 (in Russian).