

ВИВЧЕННЯ ЗМІНИ КРОХМАЛЮ ЗА ПРОЦЕСУ МОДИФІКАЦІЇ БОРОШНА ПШЕНИЧНОГО*Кузнєцова І. В., д.с.-г.н., с.н.с.,**г.н.с. відділу цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів
Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна
ORCID 0000-0001-8530-2099**Хомічак Л. М., член-кор. НААН, проф., д. т. н.,**зав. відділом цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів
Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна
ORCID 0000-0001-9003-0315**Джоган О. І., к.т.н.**с.н.с. відділу цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів
Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна
ORCID 0000-0002-3827-6770**Зайчук Л. П., пров. фахівець**відділу цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів
Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна
ORCID 0000-0001-9526-0275**Ткаченко С. В., к.т.н.,**с.н.с. відділу цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів
Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна
ORCID 0000-0003-2897-8978**Висоцька С. І., аспірант**м.н.с. відділу аграрної економіки і продовольства
Національної академії аграрних наук України, м. Київ, Україна
ORCID 0000-0001-7686-9800*<https://doi.org/10.31073/foodresources2020-14-11>

Зміна кліматичних умов та виснаженість ґрунтів не забезпечує виробництва пшениці з високими хлібопекарськими властивостями. Це призводить до залучення в рецептуру хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів нових інгредієнтів, таких як клітковина пшениці, модифіковане борошно пшеничне, тощо. **Методи та методика досліджень.** В дослідженні використовували борошно отримане з пшениці м'якої сорту Асканійська і з борошна пшениці м'якої сортів: Софійка ("sweet wheat"), Білява (soft) і Чорноброва (збагащений мікро- і макроелементами). Термічну модифікацію зразків борошна проводили конвективним способом. Контрольним зразком для визначення якісних показників є отримане в промислових умовах екструдоване борошно пшеничне вироблене ТОВ "АС груп, ЛТД". **Результати досліджень.** За термічної модифікації найменше знижується показник крохмалю в борошна з пшениці сорту Чорноброва (на 3,61%) і найбільше з сорту Білява (на 4,5 %). Водночас зростає кількість утворених редукувальних речовин найбільше за термічної модифікації борошна пшениці сорту Білява (на 0,78%) і найменше з сорту Асканійська (на 0,36%). Найбільш виражені кислотні властивості в екструдованого борошна пшеничного та борошна отриманого з сортів пшениці Асканійська і Софійка, навіть після їхньої фізичної модифікації. Наближеними є значення золи в зразків борошна до і після термооброблення. Воодночас більший вміст золи мають зразки борошна отриманого із сортів пшениці Асканійське та Чорноброва. Найвищий показник набухальності має зразок модифікованого борошна отриманого з пшениці сорту Білява ($14,6 \text{ см}^3/\text{г}$) і децю нижчим має модифіковане борошно отримане з пшениці «ваксі» сорту Софійка ($14,2 \text{ см}^3/\text{г}$). Більш

низький показник набухальності має зразок отриманий з пшениці сорту Чорноброва завдяки нижчому вмісту крохмалю. Водночас зразок модифікованого борошна з сорту Асканійське нижчий за зазначені вище три зразки показник набухальності ($13 \text{ см}^3/\text{г}$) і показує, що зміна структури крохмальної гранули суттєво впливає на фізико-хімічні показники продукту. **Висновки.** Дослідження показали, що отримане фізичномодифіковане борошно із різних сортів пшениці м'якої не поступається за показниками якості екструдованому борошну пшеничному. За значенням показників набухальності показано, що зразки борошна модифікованого отримане за конвективного сушіння мають кращі показники набухальності, ніж борошно отримане екструзійним способом.

Ключові слова: пшениця, крохмальні гранули, набухальність, модифіковане борошно

THE STUDY OF STARCH CHANGES IN THE PROCESS OF WHEAT FLOUR MODIFICATION

Kuznietshova Inga, D-r Sciences, Agricultural, Senior Researcher
Chief Scientific Fellow, Sugar Products and Ingredients Division
Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine
ORCID 0000-0001-8530-2099

Khomichak Liubomyr, Corresponding Member NAAS, Professor, D-r Sciences, Engineering,
Head of Sugar, Sugar Products and Ingredients Division
Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine
ORCID 0000-0001-9003-0315

Dzhohan Olga, PhD,
Senior Research Fellow, Sugar Products and Ingredients Division
Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine
ORCID 0000-0002-3827-6770

Zaichuk Liudmyla, Leading specialist in the Sugar,
Sugar Products and Ingredients department
Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine
ORCID 0000-0001-9526-0275

Tkachenko Serhii, PhD,
Senior Research Fellow, Sugar Products and Ingredients Division
Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine
ORCID 0000-0003-2897-8978

Vysotska Svitlana, Postgraduate,
Junior Researcher of Department of Agrarian Economics and Food
National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID 0000-0001-7686-9800

<https://doi.org/10.31073/foodresources2020-14-11>

Changing climatic conditions and soil depletion do not ensure the production of wheat with high baking properties. This leads to the introduction into the recipe of bakery and flour confectionery new ingredients, such as wheat fiber, modified wheat flour, etc. **Research materials and methods.** The study used flour obtained from wheat of the Ascanian wheat and from wheat of the soft varieties: Sophia ("sweet wheat"), Blond (soft) and Chornobrova (enriched with micro- and macronutrients). Thermal modification of flour samples was carried out in a convective manner. The control sample for determining the quality indicators is obtained in industrial conditions, extruded wheat flour produced by LLC "AS groups, LTD". **Research results.** Due to thermal modification, the starch in wheat flour of the Chornobrova variety (by 3.61%) and the largest of the Bilyava variety (by 4.5%) decreased the most. At the same time, the number of reducing agents formed increased the most due to thermal modification of wheat flour of the Bilyava variety (by

0.78%) and the least of the Ascanian variety (by 0.36%). The most pronounced acidic properties in the extruded wheat flour and flour obtained from wheat varieties Ascanian and Sofiyka, even after their physical modification. The values of ash in flour samples before and after heat treatment are approximate. At the same time, the higher ash content is obtained from flour samples obtained from Ascanian and Chornobrova wheat varieties. The highest rate of swelling is the sample of modified flour obtained from wheat of the Bilyava variety ($14.6 \text{ cm}^3 / \text{g}$) and slightly lower is the modified flour obtained from wheat "waxy" of the grade Sofiyka ($14.2 \text{ cm}^3 / \text{g}$). The lower swelling rate is similar to that obtained from Chornobrova wheat due to the lower starch content. At the same time, the sample of modified Ascanian flour is lower than the above three samples of the swelling index ($13 \text{ cm}^3 / \text{g}$) and shows that the change in the structure of the starch granule significantly affects the physico-chemical parameters of the product. **Conclusions.** Studies have shown that the obtained physically modified flour from different varieties of soft wheat is inferior in quality to extruded wheat flour. According to the value of the swelling indicators, it is shown that the modified flour samples obtained by convective drying have better swelling rates than the flour obtained by extrusion.

Keywords: wheat, starch granules, swelling, modified flour

Вступ. Зміна кліматичних умов та виснаженість ґрунтів не забезпечує виробництва пшениці з високими хлібопекарськими властивостями. Це призводить до залучення в рецептуру хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів нових інгредієнтів, таких як клітковина пшениці, модифіковане борошно пшеничне, тощо. Нині такі продукти в Україні виробляє ТОВ "АС груп, ЛТД" – це завод з виробництва екструдованих крохмалепродуктів (м. Київ). Вивченню процесів модифікації крохмалю та їх застосуванні у виробництві харчових продуктів присвячені праці багатьох вчених: Adzahan, N. [1], Hung, P., Maeda, T., & Morita, N. [2, 3], Jeon, Y., Vasanthan, T., Temelli, F., & Song, B. [4], Abbas K., Sahar K. Khalil, Anis Shobirin Meor Hussin [5], Perry P.A. [6], Андрєєва Н. Р. і Карпова В. Г. [7], Жушмана А. І. [8], Ковбаси В. М. [9], Штангєєвої Н. І., Грабовської О. В., Кузнєцової І. В. [10], Губіна М. Г., Гулюка Н. Г., Макарова Т. Н. [11] та інших.

Водночас мало присвячено досліджень питанню модифікації крохмалю в сировині, а саме в борошні пшеничному, що сприятиме науковому обґрунтуванню виробництва модифікованого борошна та його застосуванні в харчових продуктах.

Метою роботи було вивчення основних показників якості зразків модифікованого борошна пшеничного для подальшого їхнього застосування у виробництві харчових продуктів.

Методика досліджень. В дослідженні використовували борошно отримане з пшениці м'якої сорту Асканійська і борошно пшениці м'якої сортів селекції Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства: Софійка, Білява і Чорноброва. Здійснювали підготовку зразків борошна способом заварювання і сушили на експериментальному стенді конвективної сушарки в Інституті технічної теплофізики НАН України. Контрольним зразком для визначення показників якості є отримане в промислових умовах екструдоване борошно пшеничне вироблене ТОВ "АС груп, ЛТД" (Київська обл.).

Дослідження фізико-хімічних показників зразків модифікованого борошна пшеничного здійснювали за допомогою загальноприйнятих стандартизованих методик, а саме вміст: гігроскопічної води – прискореним методом [12], крохмалю – методом Еверса [12], редукувальних речовин – методом Вільшеттера і Шудля [13], титрована кислотність – методом титрування [13], золи – методом озолення без прискорювача [12], набухальність згідно ТУ9167-016-057-47140-95, цілісність крохмальних гранул – мікроскопічним методом.

Результати досліджень. Крохмаль в процесі термооброблення підлягає фізичній модифікації. При екструзії на принципову структурну модифікацію крохмалю в борошні пшеничному має вплив температура процесу і тиск. За мікроскопічного аналізу зразку екструдованого борошна відмічено частково зруйновані крохмальні гранули та декристалізація нативної структури крохмалю.

В умовах низького вмісту вологи за підготовки зразків борошна, клейстеризація крохмалю в сировині здійснюється починаючи з температури 100 °С. Досліджено вплив конвективного сушіння підготовлених зразків борошна пшеничного із різною структурою крохмальних гранул на ступінь їх декстринізації. Мікроскопічно було визначено, що зразки сушеного борошна пшеничного мають цілі та частково зруйновані крохмальні гранули і аморфізацію біокомполімерних матеріалів.

Дослідження показали (табл. 1), що отримане фізично модифіковане борошно із сорту пшениці Асканійська не поступається за показниками якості екструдованому борошну пшеничному, і відповідно, може використовуватись у виробництві хлібобулочних або борошняних кондитерських виробів.

Одним з відомих у світі різновидів такої пшениці є "sweet wheat" (ваксі). Нині, відомі в світі хімічно-модифіковані крохмалі отримані з кукурудзи або пшениці "ваксі". Показано, що зерно пшениці "ваксі" сорту Софійка містить на 3-7% менше крохмалю (табл. 1), ніж зразки борошна отримані з сортів пшениці Асканійська і Білява. Крім того, такий зразок борошна має вищу ступінь кристалічності крохмальних гранул на 8% і нижче температуру клейстеризації на 9°C. Завдяки низькому вмісту ліпідів (близько 0,2%) модифіковані крохмальні продукти отримані з борошна пшениці сорту Софійка не прогоркають при сушінні та зберіганні.

Відмінним сортом є Білява вітчизняної селекції кондитерського напрямку (soft). Вміст крохмалю на 4-10% вищий, ніж у пшениці сортів Софійка і Чорноброва. Вищий вміст крохмалю й в модифікованого борошна отриманого з цього сорту на 4-9%. Завдяки кристалічній будові гранул крохмалю швидко вивільняється крохмаль з крохмале-білкової матриці сировини навіть вже за помелу зернівки.

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники якості зразків борошна пшеничного

Показник	Борошно пшеничне								
	екстру- доване (конт- роль)	Асканійська		Софійка		Білява		Чорноброва	
		нати- вне	моди фіко- ване	нати- вне	моди фіко- ване	нати- вне	моди фіко- ване	нати- вне	моди фіко- ване
Вміст гігроскопічної води, %	9,13	10,54	8,49	9,52	7,96	13,78	7,68	10,19	8,36
Вміст крохмалю, %	64,91	68,42	64,30	61,90	57,62	65,80	61,30	56,01	52,40
Вміст редукувальних речовин,%	6,33	6,74	7,10	6,98	7,47	9,43	10,21	4,46	5,19
Титрована кислотність, град	9,20	9,40	9,40	7,70	7,30	5,20	5,10	6,10	5,90
Вміст золи,% (550°C)	1,80	1,78	1,76	1,93	1,87	1,86	1,84	1,94	1,93

Перспективним є сорт пшениці м'якої Чорноброва. Невисокий вміст крохмалю (52,4%) в поєднанні з високим умістом антиоксидантів, вітамінів та мінералів у зерні сприяє застосуванню такого фізичномодифікованого борошна у виробництві низькокалорійних борошняних виробів підвищеної біологічної цінності.

За термічної модифікації найменше знижується показник крохмалю в борошна з пшениці сорту Чорноброва (на 3,61%) і найбільше з сорту Білява (на 4,5 %). Водночас

зростає кількість утворених редукувальних речовин найбільше за термічної модифікації борошна пшениці сорту Білява (на 0,78%) і найменше з сорту Асканійська (на 0,36%).

Найбільш виражені кислотні властивості в екструдованого борошна пшеничного та борошна отриманого з сортів пшениці Асканійська і Софійка, навіть після їхньої фізичної модифікації. Наближеними є значення золи в зразків борошна до і після термооброблення. Водночас більший вміст золи мають зразки борошна отриманого із сортів пшениці Асканійська та Чорноброва.

Вивчено фізико-хімічні зміни крохмалю сировини після фізичної модифікації крохмалю борошна за його набухання у воді (рис. 1). Визначено, що найвищий показник набухастості має зразок модифікованого борошна отриманого з пшениці сорту Білява (14,6 $\text{см}^3/\text{г}$), що пояснюється особливістю структури крохмале-білкової матриці. Зокрема, здатність крохмалю такого сорту пшениці сприяє проведенню, поряд з термічною обробкою, й часткового пошкодження крохмальних гранул за механічної дії – помелу зерна. Це викликає механічну деструкцію крохмальних гранул ще до проведення фізичної модифікації.

Дещо нижчим є показник набухастості (14,2 $\text{см}^3/\text{г}$) має модифіковане борошно отримане з пшениці «ваксі» сорту Софійка. Більш низький показник набухастості має зразок отриманий з пшениці сорту Чорноброва завдяки нижчому вмісту крохмалю. Водночас зразок модифікованого борошна з сорту Асканійська нижчий за зазначені вище три зразки показник набухастості (13 $\text{см}^3/\text{г}$) і показує, що зміна структури крохмальної гранули суттєво впливає на фізико-хімічні показники продукту.

Зростання показника набухастості впродовж години має значення для розрахунку рецептур харчових продуктів з застосуванням модифікованого борошна пшеничного. Крім того, більші показники набухастості мають зразки отримані за конвективного сушіння, що доводить перевагу запропонованого способу сушіння над екструзією сировини.

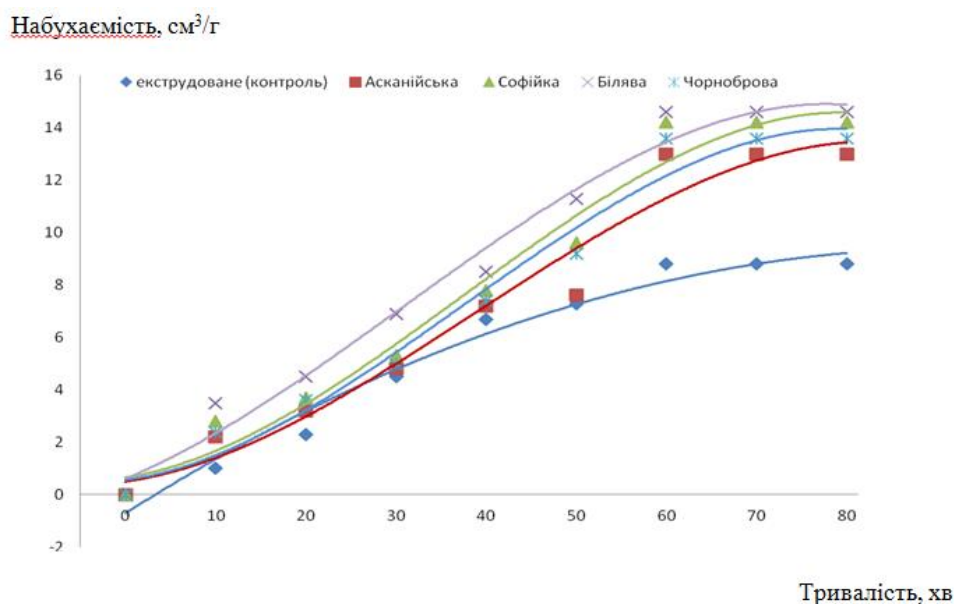


Рис.1. Залежність зміни показника набухастості крохмальних гранул від тривалості процесу

Опрацювання експериментальних даних (табл. 2) за показником набухастості крохмалю впродовж години зразків борошна із різною структурою крохмалю показує поліноміальний характер зі значенням коефіцієнта апроксимації від 0,9635 до 0,9827. Отже, кореляційний зв'язок найбільш вираженим є у борошна з сорту пшениці Чорноброва і найменш вираженим у борошна отриманого з сорту Асканійська.

**Рівняння регресії показника набухастості
зразків борошна пшеничного**

№ з/п	Модифіковане борошно	Рівняння регресії*	Коефіцієнт апроксимації (R ²)
1	екструдоване	$Y_1 = -0,1173x^2 + 2,4132x - 2,9952$	0,9757
	з пшениці сорту:		
2	Асканійська	$Y_2 = -0,0389x^3 + 0,5682x^2 - 0,5263x + 0,5$	0,9635
3	Софійка	$Y_3 = -0,047x^3 + 0,6675x^2 - 0,7284x + 0,6714$	0,9781
4	Білява	$Y_4 = -0,0473x^3 + 0,6707x^2 - 0,6629x + 0,696$	0,9759
5	Чорноброва	$Y_5 = -0,0372x^3 + 0,4534x^2 + 0,6335x - 0,4325$	0,9827

*Y₁, Y₂, Y₃, Y₄, Y₅ – набухастість, см³/г, x – тривалість, хв

Висновки. Дослідження показали, що отримане фізично модифіковане борошно із сорту пшениці Асканійська не поступається за показниками якості екструдованому борошну пшеничному. Показано, що зерно пшениці "ваксі" сорту Софійка містить на 3-7% менше крохмалю, ніж зразки борошна отримані з сортів пшениці Асканійська і Білява, та наближений до максимального значення показник набухастості (14,2см³/г). Відмічено, що невисокий вміст крохмалю (52,4%) пшениці сорту Чорноброва в поєднанні з високим вмістом антиоксидантів, вітамінів та мінералів у зерні сприяє застосуванню такого фізично модифікованого борошна у виробництві низькокалорійних борошняних виробів підвищеної біологічної цінності.

Встановлено, що за термічної модифікації найменше знижується показник крохмалю в борошна з пшениці сорту Чорноброва (на 3,61%) і найбільше з сорту Білява (на 4,5 %). Водночас зростає кількість утворених редукувальних речовин найбільше за термічної модифікації борошна пшениці сорту Білява (на 0,78%) і найменше з сорту Асканійська (на 0,36%).

Визначено, що найвищий показник набухастості має зразок модифікованого борошна отриманого з пшениці сорту Білява (14,6 см³/г) завдяки структури крохмале-білкової матриці та проведенні поряд з термічною обробкою й часткового пошкодження крохмальних гранул під час механічної дії – помелу зерна. Встановлено, що кореляційний зв'язок між набухастістю у воді і тривалістю процесу найбільш вираженим є в борошна, отриманого з сорту пшениці Чорноброва, і найменш вираженим у борошна, отриманого з сорту Асканійська. За значенням показників набухастості показано, що зразки борошна модифікованого отримане за конвективного сушіння має кращі показники набухастості, ніж борошно, отримане екструзійним способом.

Бібліографія

1. Adzahan N. M. Modification on wheat, sago and tapioca starches by irradiation and its effect on the physical properties of fish cracker (keropok). Food Technology. 2002. Selangor, University of Putra Malaysia. Master of Science. 222 p.
2. Hung P. V., Maeda T., Morita N. Waxy and high-amylose wheat starches and flours-characteristics, functionality and application. 2008. Trends in Food Science & Technology/ 17(8). P. 448-456.
3. Miyazaki M. R., Hung P. V., Maeda T., Morita N. Recent advances in application of modified starches for breadmaking. 2006. Trends in Food Science & Technology. V.17. P. 591-599.
4. Jeon Y. J., Vasanthan T., Temelli F., Song B. K. The suitability of barley and corn starches in their native and chemically modified forms for volatile meat flavor encapsulation. 2003. Food Research International, V.36(4). P. 349-355.

5. Abbas K.A., Sahar K. Khalil, Anis Shobirin Meor Hussin. Modified Starches and Their Usages in Selected. 2010. Food Products: A Review Study Journal of Agricultural Science, Vol. 2, No. 2. P. 90-100.

6. Perry P.A., Donald A.M. The effects of low temperatures on starch granule structure. 2000. Polymer. № 21. P.6361-6376.

7. Андреев Н.Р., Карпов В.Г. Структура, химический состав и технологические признаки основных видов крахмалосодержащего сырья. 1999. Хранение и переработка сельхозсырья. №7. С. 30-33.

8. Жушман А.И. Сравнение свойств дисперсий кукурузного крахмала и измельченной кукурузы. 1985. Сер.5: Крахмало-паточная промышленность. М.: АгроНИИТЭИпищепром. С. 9-10.

9. Шульга О. С., Ковбаса В. М., Шульга С. І. Вплив процесу екструзії на крохмаль екструзійних картоплепродуктів. 2011. Харчова наука і технологія. № 2. С. 60-62. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khnit_2011_2_22.

10. Грабовська О. В., Кузнєцова І. В., Штангеева Н. І. Дослідження способів підготовки крохмалевмісної сировини до ферментативного гідролізу. 2002. Праці НУХТ. №12. С. 39-41.

11. Губин М. Г., Гулюк Н. Г., Макарова Т. Н. Производство сладких крахмалопродуктов из крахмалосодержащего сырья в Дании. Сер.5: Крахмало-паточная промышленность. М.: ЦНИИТЭИПищепром. 1977. С. 10-11.

12. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. Український інститут експертизи сортів рослин. 158 с.

13. Скалецка Л. Ф., Подпратов Г. І., Завадська О. В. Методи досліджень рослинницької сировини: лаб. практикум. К.: 2009. 242 с.

References

1. Adzahan N. M. (2002). Modification on wheat, sago and tapioca starches by irradiation and its effect on the physical properties of fish cracker (keropok). Food Technology. Selangor, University of Putra Malaysia. Master of Science. 222 p.

2. Hung P. V., Maeda T., (2008). Morita N. Waxy and high-amylose wheat starches and flours-characteristics, functionality and application. Trends in Food Science & Technology. 17(8). P. 448-456.

3. Miyazaki M. R., Hung P. V., Maeda T., Morita N. (2006). Recent advances in application of modified starches for breadmaking. 2006. Trends in Food Science & Technology. V.17. P. 591-599.

4. Jeon Y. J., Vasanathan T., Temelli F., Song B. K. (2003). The suitability of barley and corn starches in their native and chemically modified forms for volatile meat flavor encapsulation. 2003. Food Research International, V.36(4). P. 349-355.

5. Abbas K.A., Sahar K. (2010). Khalil, Anis Shobirin Meor Hussin. Modified Starches and Their Usages in Selected. Food Products: A Review Study Journal of Agricultural Science, Vol. 2, No. 2. P. 90-100.

6. Perry P.A., Donald A.M. The effects of low temperatures on starch granule structure. 2000. Polymer. № 21. P.6361-6376.

7. Andreyev N., Karpov V. (1999). Struktura. khimicheskiiy sostav i tekhnologicheskiiye priznaki osnovnykh vidov krakhmalosoderzhashchego syria. Khraneniye i pererabotka selkhozsyria. [The structure, chemical composition and technological features of the main types of starch-containing raw materials. Storage and processing of agricultural raw materials. Number 7. S. 30-33. [in Russian].

8. Zhushman A. (1985). Sravneniye svoystv dispersiy kukuruznogo krakhmala i izmelchennoy kukuruzy. Krakhmalo-patochnaya promyshlennost. [Comparison of the properties of dispersions of corn starch and chopped corn. Starch and syrup industry]. М.: АгроНИИТЭИпищепром. P. 9-10 [in Russian].

9. Shulha O., Kovbasa V., Shulha S. (2011). Vplyv protsesu ekstruzii na krokhmal ekstruziinykh kartople produktiv. [Influence of extrusion process on starch of extruded potato products]. Kharchova nauka i tekhnolohiia [Food Science and Technology]. № 2. pp. 60-62. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khnit_2011_2_22. [in Ukrainian].

10. Grabovska O., Kuznetsova I. Shtangeeva N. (2002). Doslidzhennya sposobiv pidgotovki krokhmalevmisnoi sirovini do fermentativnogo gidrolizu. [Research of methods of preparation of starch-containing raw materials for enzymatic hydrolysis]. 2002. Pratsi NUKhT. [scientific works of the NUHT]. №12. Pp. 39-41. [in Ukrainian].

11. Gubin M. Gulyuk N., Makarova T. (1977). Proizvodstvo sladkikh krakhmaloproduktov iz krakhmalosoderzhashchego syria v Danii. Ser.5. [Production of sweet starch products from starch-containing raw materials in Denmark]. Krakhmalo-patochnaya promyshlennost [Starch and molasses industry]. M.: TSNIITEIPishcheprom. 1977. pp. 10-11 [in Russian].

12. Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslynnytstva. [Methods of qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. Methods for determining the quality of crop products]. Ukrainskyi instytut ekspertyzy sortiv roslyn. [Ukrainian Institute of Plant Variety Examination]. 158 p. [in Ukrainian].

13. Skaletska L., Podpryatov G., Zavadska O. Metodi doslidzhen roslinnitskoï sirovini: lab. praktikum. [Research methods of plant raw materials: lab. practicum]. K. 2009. 242 s. [in Ukrainian].