

ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДОПОГЛИНАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ
КРОХМАЛЮ НАБУХАЮЧОГО

*Хомічак Л.М.¹, член-кореспондент НААН, професор, д.т.н,
заступник директора з науково-організаційної роботи,
<https://orcid.org/0000-0001-9003-0315>*

*Кузнєцова І.В.¹, д.с.-г.н., с.н.с.,
заст. зав. відділу технології цукру, цукропродуктів та інгредієнтів,
<https://orcid.org/0000-0001-8530-2099>*

*Зайчук Л.П.¹, пров. фахівець
відділу цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів
<https://orcid.org/0000-0001-9526-0275>*

*Ярмолюк М.А.¹, аспірант,
м.н.с. відділу цукру, цукропродуктів та інгредієнтів
<https://orcid.org/0000-0002-0315-9418>*

¹Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2021-16-19>

Зазвичай для виробництва набухаючого крохмалю застосовують екструзійне оброблення або сушіння на барабанній вальцевій сушарці. Властивості набухаючого крохмалю з новоутвореною структурою оцінюється переважно за водопоглинальною здатністю у воді під дією температури. Саме від даного показника залежить здатність набухаючого крохмалю згущувати, стабілізувати, зв'язувати та емальгувати різні харчові й не харчові продукти. Дослідження показника водопоглинальної здатності (ВПЗ) набухаючого крохмалю отриманого за удосконаленою нами технологією на основі застосування конвективної сушарки є актуальним і першочерговим завданням. **Методика досліджень.** Контроль – крохмаль кукурудзяний екструдований. Використовували зразки набухаючого крохмалю, що отримані шляхом: приготування крохмальних суспензій різної концентрації 25, 30, 35 і 40 %, висушених в умовах двостадійного конвективного сушіння, подрібнені та просіяні. **Результати досліджень.** Отримані зразки крохмалю набухаючого відрізняються за значенням ВПЗ. Показано, що ВПЗ крохмалю набухаючого впливає не тільки спосіб його отримання але й впливає концентрації крохмальної суспензії (КС) з якого було виготовлено зразки набухаючого крохмалю. За отриманим значення коефіцієнту апроксимації видно, що найміцніший зв'язок (значення - 1) має зразок набухаючого крохмалю, отриманий конвективним сушінням з концентрації КС 25 %. **Висновки.** Досліджено ВПЗ зразків крохмалю екструдованого та набухаючого отриманого конвективним сушінням з різних концентрацій КС від 25 до 40 %. Показано, що за температури 20 °С найнижче значення ВПЗ має набухаючий крохмаль отриманий з 25 % концентрації КС і найвище значення в 35 % концентрації КС. Низьку міцність новоутвореної структури виявляють зразки за різних температур, зокрема, екструдований крохмаль та зразок отриманий з 25 % КС за температури водного розчину 40-50 °С, зразок отриманий з 30 % КС за температури 60 °С, зразок отриманий з 35 % КС за температури 40 °С, зразок отриманий з 40 % КС за температур 30 і 50 °С.

Ключові слова: крохмальні гранули; набухаємість; водопоглинальна здатність

STUDY OF WATER ABSORPTION CAPABILITY OF SWELLABLE STARCH

Liubomyr Khomichak¹, Corresponding Member of NAAS, Professor, D-r of Sciences,
Technics, Deputy Director for Research and Organizational Work
<https://orcid.org/0000-0001-9003-0315>

Inha Kuznietsova¹, D-r of Sciences, Agriculture, Sen. Res.,
Deputy Head of Department of Sugar Technology, Sugar Products and Ingredients
<https://orcid.org/0000-0001-8530-2099>

Liudmyla Zajchuk¹, Leading Specialist
in the Department of Sugar Technology, Sugar Products and Ingredients
<https://orcid.org/0000-0001-9526-0275>

Mariia Yarmolyuk¹, Postgraduate,
Junior Researcher in the Department of Sugar Technology, Sugar Products and Ingredients
<https://orcid.org/0000-0002-0315-9418>

¹Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine

<https://doi.org/10.31073/foodresources2021-16-19>

Usually for the production of swellable starch extrusion treatment or drying on a drum roller dryer are used. The properties of swellable starch with a newly formed structure are evaluated mainly by the water absorption capacity in water under the action of temperature. The ability of swellable starch to thicken, stabilize, bind and enamel various food and non-food products depends on this indicator. The study of the index of water absorption capacity (WAC) of swellable starch obtained by our improved technology based on the use of convective dryer is an urgent and priority task. **Research methodology.** Control – extruded corn starch. Samples of swellable starch obtained by preparation of starch suspensions of different concentrations of 25, 30, 35 and 40 % were dried under conditions of two-stage convective drying, crushed and sieved. **Research results.** The obtained samples of swellable starch differ in the value of WAC. It is shown that the WAC of swellable starch affects not only the method of its production but also affects the concentration of starch suspension (SS) from which the samples of swellable starch were made. The obtained value of the approximation coefficient shows that the strongest bond (value - 1) has a sample of swellable starch obtained by convective drying from a concentration of SS 25 %. **Conclusions.** The WAC of extruded and swellable starch samples obtained by convective drying from different concentrations of SS from 25 to 40 % was investigated. It is shown that at a temperature of 20 °C the lowest value of WAC has swellable starch obtained from 25 % of the concentration of SS and the highest value in 35 % of the concentration of SS. Low strength of the newly formed structure is detected by samples at different temperatures, in particular, extruded starch and a sample obtained from SS 25 % at an aqueous solution temperature of 40-50 °C, a sample obtained from SS 30 % at 60 °C, a sample obtained from SS 35 % at temperature of 40 °C, the sample was obtained from SS 40 % at temperatures of 30 and 50 °C.

Key words: starch granules; swelling; water absorption capacity

Вступ. Зазвичай для виробництва набухаючого крохмалю застосовують екструзійне оброблення [1, 2] або сушіння на барабанній вальцевій сушарці [3, 4]. За екструзійного оброблення крохмалю або крохмалевмісної сировини з обмеженим умістом води (15 - 30 %) впродовж короткого проміжку часу за температури 200 °C відбувається одночасне розварювання сировини, та відповідно, має місце механічного впливу на крохмальні гранули. Внаслідок чого відбувається клейстеризація крохмалю з повним руйнуванням структури його гранул та часткове руйнування поліцукридного ланцюга. Під час виходу обробленого продукту з екструдера через перепад тиску зростає об'єм газоподібних речовин продукту, що призводить до вспучування продукту та зростанню

його об'єму в 2-3 рази. Утворення пористої структури призводить до потоншення стінок пор та швидкій втраті вологи. Крохмалевмісний продукт стає крихким і легко подрібнюється в машинах ударного типу. Властивості екструдованого продукту залежать від виду і вологості крохмалю, а також від умов оброблення в екструдері.

Зміна властивостей набухаючого крохмалю (НК) і крохмалевмісної сировини відбувається завдяки гідротермічній обробці із застосуванням методу клейстеризації крохмалю і сушіння клейстеру на барабанній вальцевій сушарці. Властивості НК з новоутвореною структурою оцінюється переважно за водопоглинальною здатністю у воді під дією температури. Саме від даного показника залежить здатність НК згущувати, стабілізувати, зв'язувати та емальгувати різні харчові й не харчові продукти.

Відомим є здатність до набухання крохмальних гранул, що залежить в першу чергу від температури процесу. Нативний крохмаль виявляє кращу вологоутримуючу здатність, ніж модифікований. Водночас НК виявляє кращу здатність до зв'язування води, що відповідно, має вплив на реологічні показники та дозволяє виключити або пом'якшати термічну обробку страв, в яких застосовується даний НК [2, 3, 5, 6]. Дослідження показника водопоглинальної здатності (ВПЗ) НК отриманого за удосконаленою нами технологією на основі застосування конвективної сушарки [5, 7] є актуальним і першочерговим завданням.

Метою роботи є дослідження водопоглинальної здатності НК отриманого шляхом сушіння на конвективній сушарці.

Методика досліджень. Контроль – крохмаль кукурудзяний екструдований. Досліджувані зразки НК отримували шляхом приготування крохмальних суспензій різної концентрації 25, 30, 35 і 40 %, їх висушування в умовах двостадійного конвективного сушіння, подрібнення та просіювання. Всі зразки відрізнялись за масовою частки вологи (таблиця 1).

Таблиця 1

Вміст вологи у зразках модифікованого крохмалю

Зразок модифікованого крохмалю	Масова частка вологи, %
Екструдований	10,94
Набухаючий, отриманий з концентрацій крохмальних суспензій, %	
25	8,49
30	7,88
35	8,43
40	8,79

Хімічний склад модифікованого крохмалю наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Хімічний склад крохмалю кукурудзяного набухаючого

Характеристика	Показник	
	екструдований	набухаючий
Вміст білка (N×6,25), %	0,80	0,20
Вміст золи, % СР	0,14	0,16
Вміст розчинних речовин, % СР	0,38	0,40
В'язкість 3% водних розчинів, Па×с	0,082	0,075

Визначення ВПЗ зразків крохмалю здійснювали наступним чином. Наважку НК $1 \pm 0,1$ г зважували в хімічному стаканчику та додавали 50 мл дистильованої води і ретельно перемішували. Підготовлений зразок ставили в термостат, де витримували досліджувані зразки за певної температури (від 20 до 70 °С) впродовж 30 хвилин. Для кращого контакту НК із водою перемішували зразок упродовж 5 хвилин. Із завершенням

нагрівання зразків у термостаті, відокремлювали рідинну фазу та в над осадом у рідинній фазі відбирали $1 \pm 0,1$ мл для визначення вміст розчинних речовин висушуванням. ВПЗ розраховували як відношення маси осаду до 1 г вихідного продукту.

Результати досліджень. Отримані дані показують (рис.1), що внаслідок вологотеплового оброблення зразків НК відбувається не стабільна динаміка зростання значення показника ВПЗ. Кожний зразок виявляє характерні зниження показника ВПЗ за різної температури.

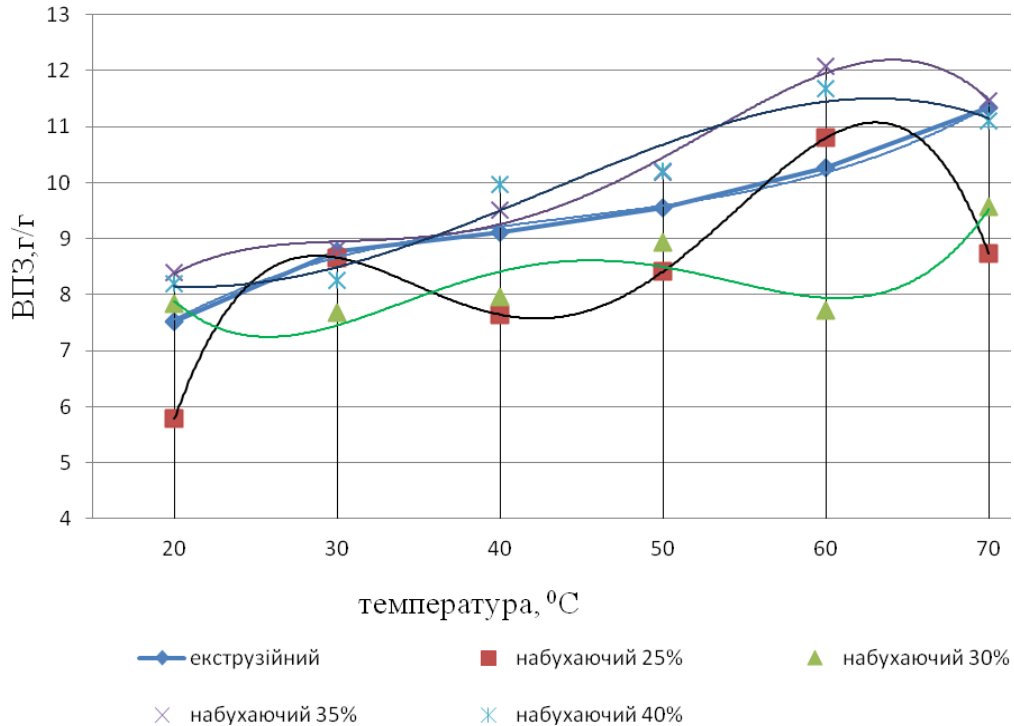


Рис. 1. Водопоглинальна здатність модифікованого крохмалю

Крім того, характер кривих зразків крохмалю відрізняються за значенням ВПЗ, за способом отримання модифікованого крохмалю і залежать від концентрації крохмальної суспензії (КС). Зокрема, за температури 20 °C найнижче значення ВПЗ має НК отриманий з 25 % концентрації крохмальної суспензії і найвище значення в 35 % концентрації крохмальної суспензії. За нагрівання водних розчинів зразків відбувається руйнуванням структури модифікованого крохмалю та перехід його частини в розчинну фазу, що характеризує низьку міцність новоутвореної структури. Такі властивості виявляє зразок екструдованого крохмалю та зразок отриманий з КС 25 % за температури водного розчину 40-50 °C, зразок отриманий з КС 30 % за температури 60 °C, зразок отриманий з КС 35 % за температури 40 °C, зразок отриманий з КС 40 % за температур 30 і 50 °C. З отриманих даних видно, що збільшення концентрації за виготовлення НК сприяє зростанню стабільності модифікованого крохмалю до дії температур.

Отже, приготування КС викликає часткове або повне руйнування крохмальних гранул, що збільшує ВПЗ [6, 8]. Одночасно за підвищеної температури відбувається часткове розщеплення глікозидних зв'язків з утворенням карбонільних груп. Криві мають S-образну форму, що показує про наявність новоутворених часток двох різнорідних за міцністю видів НК. За експериментальними даними отримано поліноміальні рівняння, які представлено в таблиці 3.

Таблиця 3

Поліноміальні рівняння залежності показника ВПЗ модифікованого крохмалю від температури нагрівання

Концентрація, %	Поліноміальне рівняння	Коефіцієнт апроксимації (R^2)
екструдований	$ВПЗ_e = 0,0647t^3 - 0,669t^2 + 2,6633t + 5,4973$	0,996
НК, отриманий конвективним сушінням з концентрацій КС, %		
25	$ВПЗ_{25} = -0,2445t^4 + 3,3917t^3 - 16,185t^2 + 31,355t - 12,535$	1
30	$ВПЗ_{30} = 0,105t^4 - 1,4286t^3 + 6,6427t^2 - 11,934t + 14,5$	0,8371
35	$ВПЗ_{35} = -0,0716t^4 + 0,9077t^3 - 3,7859t^2 + 6,6488t + 4,6792$	0,9842
40	$ВПЗ_{40} = -0,0031t^4 - 0,0526t^3 + 0,7267t^2 - 1,421t + 8,8975$	0,9471

За отриманим значення коефіцієнту апроксимації видно, що найміцніший зв'язок має зразок НК, отриманий конвективним сушінням з концентрацій КС 25 % - і має найвище значення - 1.

Вивчаючи розчинну здатність (рис. 2) зразків модифікованого крохмалю у воді за різних значень температур відмічено, що НК отриманий з КС концентраціями 25 і 30 % має майже поліноміальну залежність першого рівня (табл. 4). Значення розчинності цих зразків коливається в межах 19,4-20,0 %. Дещо вищим є розчинність для концентрації КС 40 % і змінюється не значно 19,43-23,29 %. Водночас, враховуючи, що це найвища концентрація КС, то це свідчить про те, що за перенасичення крохмальних гранул у КС відбувається не повне їх руйнування. Характер кривої 35 % концентрації КС показує максимальне можливе за конвективного сушіння крохмальних гранул, що призводить до зростання розчинної здатності.

Найбільшу розчинність здатність виявив зразок екструдованого крохмалю, що показує найбільше руйнування крохмальних гранул внаслідок волого-теплого оброблення і механічного впливу. Вплив температури на розчинність зразків модифікованого крохмалю відмічено в зразках екструдованого крохмалю та НК отриманого з концентрації КС 35 %. При чому найбільшу розчинність виявляє НК 35 % концентрації виявляє при температурі 30-40 С. водночас розчинність екструдованого крохмалю зростає із збільшенням температури до 70 С.

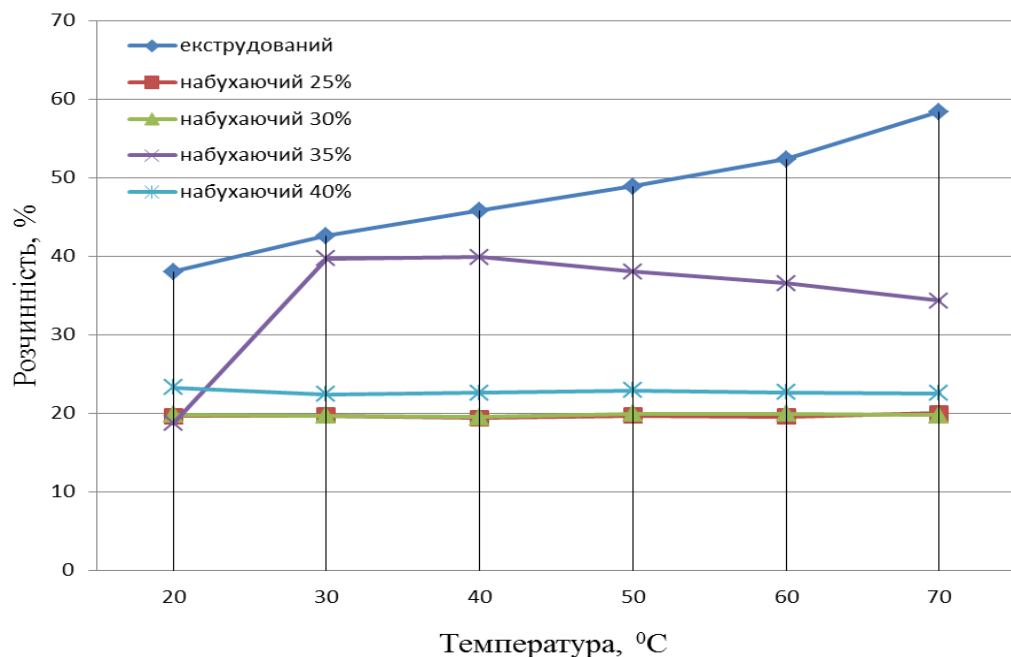


Рис. 2. Водопоглинальна здатність модифікованого крохмалю

Таблиця 4

Поліноміальні рівняння залежності показника розчинності модифікованого крохмалю від температури

Концентрація, %	Поліноміальне рівняння	Коефіцієнт апроксимації (R ²)
екструдований	$P_e = 0,1979t^3 - 1,9296t^2 + 9,074t + 30,637$	0,999
НК, отриманий конвективним сушінням з концентрацій КС, %		
25	$P_{325} = 0,052t + 19,475$	0,2316
30	$P_{30} = 0,0269t + 19,683$	0,0927
35	$P_{335} = 0,105 t^5 - 2,2517 t^4 + 18,813 t^3 - 76,443 t^2 + 149,17 t - 70,7$	1
40	$P_{340} = - 0,0593t^3 + 0,6608t^2 - 2,2271t + 24,863$	0,8069

Висновки. Досліджено ВПЗ зразків крохмалю екструдованого та НК отриманого конвективним сушінням з різних концентрацій КС від 25 до 40 %. Показано, що за температури 20 °С найнижче значення ВПЗ має НК отриманий з 25 % концентрації КС і найвище значення НК виготовлений з КС 35 %. Низьку міцність новоутвореної структури виявляють зразки модифікованого крохмалю за різних температур, зокрема, екструдований крохмаль та зразок отриманий з КС 25 % за температури водного розчину 40-50 °С, зразок отриманий з КС 30 % за температури 60 °С, зразок отриманий з КС 35 % за температури 40 °С, зразок отриманий з КС 40 % за температур 30 і 50 °С.

Отримані значення ВПЗ дозволяють правильно визначити напрям їх застосування. Найбільшу розчинність здатність має екструдований крохмаль, що показує найбільше руйнування крохмальних гранул внаслідок волого-теплового оброблення і механічного впливу. Вплив температури на розчинність зразків модифікованого крохмалю відзначено в екструдованого крохмалю та НК отриманого з концентрації КС 35 %. При чому найбільшу розчинність виявляє НК 35 % концентрації виявляє при температурі 30-40 °С. водночас розчинність екструдованого крохмалю зростає із збільшенням температури до 70 °С. Зокрема, НК отриманий з КС концентрацією 35-40 % може використовуватись для холодного приготування кисілів, блюд швидкого приготування (без заварювання) клейстерів для підкрохмалювання білизни, загущування соусів та підлив. В той же час, всі зразки модифікованого крохмалю можуть застосовуватись для приготування пудингів, у якості структуроутворювачів й загусників.

Бібліографія

1. Жушман А.И. Модифицированные крахмалы. М.: Пищепромиздат, 2007. 236 с.
2. Карпов В.Г. Получение набухающих крахмалопродуктов экструзионным методом: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук: 05.18.05. М., Всерос. науч.-исслед. ин-т крахмалопродуктов. 1981. 24 с.
3. Трегубов, Н.Н., Жушман А.И., Сидорова Е.К. Технология крахмала и крахмалопродуктов. М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1981. 421 с.
4. Кузнєцова І. В., Хомічак Л. М., Шейко Т. В, Ярмолюк М.А. Кінетика сушіння крохмальної суспензії. Magyar Tudományos Journal (Budapest, Hungary). 2020. Vol. 1. № 41. P. 39-42. http://hungarian-science.org/wp-content/uploads/2020/06/Magyar_41-v1.pdf
5. Филипс Г.О., Вильямс П.А. Справочник по гидролизатам. СПб.: ГИОРД. 2006. 536 с
6. Timgren A., Rayner M., Dejmek P., Marku D., Sjöo M. Emulsion stabilizing capacity of starch granules modified by heat treatment or octenyl succinic anhydride. Food Science & Nutrition. 2003. p. 157-171.

7. Frazier P.J., Donald A.M. Richmond P. Starch, structure and functionality. The Royal Society of Chemistry. Cambridge, 1997. P. 172-247.

8. Пічкур В.Я., Лисий О.В., Грабовська О.В., Ковбаса В.М. Дослідження основних фізико-хімічних властивостей набухаючих видів крохмалю. Наукові праці. 2014. Вип. 46. Т.2. с. 148-152.

9. Грабовська О.В., Парняков О.С., Михайлик В.А. Дослідження стану води в крохмальних суспензіях та клейстерах. Наукові праці. 2011. Вип. 40. Т.2. с. 76-79.

10. Литвяк В.В., Ловкис З.В. Фундаментальные и прикладные исследования крахмала и крахмалопродуктов. Труды БГУ. 2014. Т.9, Ч. 2. С. 152-163.

References

1. Zhushman. A. (2007). Modifitsirovannyye krakhmaly [Modified starches] M.: Pishchepromizdat. [Pishchepromizdat] 236 p. [in Russian].

2. Karpov V. (1981). Polucheniye nabukhayushchikh krakhmaloproduktov ekstruzionnym metodom [Obtaining swellable starch products by the extrusion method]: Avtoref. dis. na soisk. uch. step. kand. tekhn. nauk: 05.18.05; [Vseros. nauch.-issled. in-t krakhmaloproduktov]. M. 24 p. [in Russian].

3. Tregubov N., Zharova E., Zhushman A., Sidorova E. (1981). Tekhnologiya krakhmala i krakhmaloproduktov [Technology of starch and starch products]. M.: Legkaya i pishch. prom-st. [Light and food. prom-st] 421 p. [in Russian]

4. Kuznietshova I., Khomichak L., Sheiko T., Yarmolyuk M. (2020). Kinetyka sushinnia krokhmalnoi suspenzii. [Kinetics of drying of starch suspension.] Magyar Tudományos Journal (Budapest, Hungary). Vol. 1. № 41. P. 39-42. http://hungarian-science.org/wp-content/uploads/2020/06/Magyar_41-v1.pdf [in Ukrainian]

5. Filips G., Viliams P. (2006). Spravochnik po gidrolizatom. [Hydrolysate Handbook] SPb.: GIOR. 536 p. [in Russian]

6. Timgren A., Rayner M., Dejmeek P., Marku D., Sjo M. (2003). Emulsion stabilizing capacity of starch granules modified by heat treatment or octenyl succinic anhydride. Food Science & Nutrition. p. 157-171.

7. Frazier P., Donald A. Richmond P. (1997). Starch, structure and functionality. The Royal Society of Chemistry. Cambridge. P. 172-247.

8. Pichkur V., Lisiy O., Grabovska O., Kovbasa V. (2014). Doslidzhennya osnovnikh fiziko-khimichnikh vlastivostey nabukhayuchikh vidiv krokhmalyu. [Pre-development of the main physical and chemical powers of swelling species of starch] Naukovi pratsi. [Naukovi pratsi]. Vip. 46. T.2. p. 148-152. [in Ukrainian].

9. Grabovska O., Parnyakov O., Mikhaylik V. (2011). Doslidzhennya stanu vodi v krokhmalnikh suspenziyakh ta kleysterakh [Investigation of water status in starch suspensions and pastes]. Naukovi pratsi. [Naukovi pratsi]. Vip. 40. T.2. p. 76-79. [in Ukrainian].

10. Litvyak V., Lovkis Z. (2014). Fundamentalnie i prikladnie issledovaniya krakhmala i krakhmaloproduktov [Fundamental and applied research of starch and starch products]. Trudy BGU [BSU Proceedings]. Vol. 9. Part. 2. p. 152-163. [in Russian]