

УДК 631.1.023

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ КРОХМАЛЮ НАБУХАЮЧОГО

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

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

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

*Бабко Д. Є.¹, м.н.с. відділу аналітичних досліджень та якості харчової продукції
<http://orcid.org/0000-0003-4566-9501>*

*Грінченко І. Г.¹, д.т.н, с.н.с.,
п.н.с. відділу технологій цукру, цукровмісних продуктів і інгредієнтів,
<http://orcid.org/0000-0002-1513-4015>*

*Грушецький Р. І.¹, д.т.н., с.н.с.,
завідувач відділу технології продуктів бродіння
<http://orcid.org/0000-0002-1513-4015>*

¹Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2022-18-15>

Зростання рівня споживання низькокалорійних харчових продуктів вимагає створення нових продуктів спеціального призначення та застосування нових інгредієнтів, які мають високу термостабільну і структуроутворювальну здатність. В свою чергу, це сприяє розвитку напряму виробництва модифікованих видів крохмалю і серед них не останнє місце посідають набухаючі види, що пов'язано із здатністю такого крохмалю набухати у воді за невисоких температур. Властивості отриманих видів модифікованого крохмалю залежать від умов в яких отримані, оскільки є складовими харчового продукту, що формують перш за все смакові якості продукту. Отже, важливим напрямом виробництва набухаючого крохмалю за удосконаленою нами технологією є вивчення його властивостей для подальшого застосування у виробництві харчових продуктів. **Методика досліджень.** 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.** Відмічено, що отримані зразки набухаючого крохмалю мають білий колір без сторонніх домішок, з масовою часткою води близько 9%, показниками ступеня набухання більше 15 см³/г і розчинності більше 58%. Порівнявши значення піків хроматограм, відмічено, що вміст глюкози в зразку набухаючого крохмалю становить 0,204 мг/мл, а вміст декстринів і мальтози становить 42,66 мг/мл. За вивчення термостабільної здатності зразки набухаючого крохмалю отримані з 25 і 30% крохмальних суспензій мають чітку структуру частки з пористою поверхню, що також показує наявність сорбційної здатності. Виготовлений зразок з 35% крохмальної суспензії має вже менш чітку структуру частки, що показує початок руйнування, в той же час, як набухаючий крохмаль з крохмальної суспензії концентрацією 40% показує не стабільність структури і здатність до руйнування. **Висновки.** Обґрунтовано, що концентрація крохмальної суспензії, з якої отримують набухаючий крохмаль, має вплив на його термостабільну здатність. Показано, що зразок набухаючого крохмалю отриманий із 40% крохмальної суспензії має низьку термостабільність і

структуруючу здатність, що є не бажаним для технологічних процесів у виробництві харчових продуктів. Встановлено, що набухаючий крохмаль містить глюкозу в кількості 0,204 мг/мл. Показано, що проведення фізичної модифікації покращує показник сорбційної ємності набухаючого крохмалю, що отриманий з крохмальної суспензії концентрацією 35% становить 105,92 мг/г і для 40% - 171,59 мг/г.

Ключові слова: крохмальні гранули, якість, глюкоза, декстрини, сорбційна ємність

STUDY OF QUALITY STANDARDS OF SWELLING STARCH

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

Inha Kuznietsova¹, D-r of Sciences, Senior Researcher,
deputy head Department of Sugar Technology, sugar products and ingredients
<http://orcid.org/0000-0001-8530-2099>

Mariia Yarmolyuk¹, PhD, Junior Research Fellow,
the Department of Sugar Technology, sugar products and ingredients
<http://orcid.org/0000-0002-0315-9418>

Diana Babko¹, Junior Researcher,
of Department of Analytical Researches and Quality of Food Products
<https://orcid.org/0000-0003-4566-9501>

Iryna Hrynenko¹, D-r of Science,
Senior Researcher of Fermentation Products Technology Department
<http://orcid.org/0000-0002-1513-4015>

Roman Grushetskiy¹, D-r of Science, Senior Researcher,
Head of Fermentation Products Technology Department,
<https://orcid.org/0000-0002-1513-4015>

¹Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine

<https://doi.org/10.31073/foodresources2022-18-15>

Increasing the level of consumption of low-calorie foods requires the creation of new special purpose products and the use of new ingredients that have high thermostable and structural ability. In turn, this contributes to the development of the production of modified types of starch and among them are not the least swollen species, which is due to the ability of such starch to swell in water at low temperatures. The properties of the obtained types of modified starch depend on the conditions in which they are obtained, because they are components of the food product, which form primarily the taste of the product. Therefore, an important area of production of swellable starch by our advanced technology is the study of its properties for further use in food production. **Research methodology.** Samples of swellable starch obtained by: preparation of starch suspensions of different concentrations of 25, 30, 35 and 40%, dried under conditions of two-stage convective drying, crushed and sieved. **Research results.** It is noted that the obtained samples of swellable starch have a white color without impurities, with a mass fraction of water of about 9%, swelling rates of more than 15 cm³ / g and solubility of more than 58%. Comparing the values of the chromatogram peaks, it was noted that the glucose content in the swellable starch sample is 0.204 mg / ml and the content of dextrans and maltose is 42.66 mg/ml. When studying the thermostable ability of swellable starch samples obtained from 25 and 30% of starch suspensions have a clear particle structure with a porous surface, which also shows the presence of sorption capacity. A sample made of 35% starch suspension has a less clear particle structure, which shows the beginning of the destruction, while the swelling starch from the starch suspension at a concentration of 40% shows no stability of the structure

and the ability to break. **Conclusions.** It is substantiated that the concentration of the starch suspension from which the swellable starch is obtained has an effect on its thermostable ability. It is shown that the sample of swellable starch obtained from 40% of the starch suspension has low thermal stability and structure-forming ability, which is not desirable for technological processes in food production. Swelling starch was found to contain glucose in the amount of 0.204 mg / ml. It is shown that physical modification improves the sorption capacity of swellable starch obtained from a starch suspension with a concentration of 35% is 105.92 mg /g and for 40% -171.59 mg/g.

Keywords: starch granules, quality, glucose, dextrins, sorption capacity

Вступ. Сучасний стан екології та високий рівень стресових ситуацій в яких перебуває населення країни вимагає особливої уваги до харчування. Це змушує звертати увагу на страви швидкого приготування, а зростання рівня споживання низькокалорійних харчових продуктів вимагає створення нових продуктів спеціального призначення та застосування нових інгредієнтів, які мають високу водопоглинальну і структуроутворювальну здатність [1]. В свою чергу, це сприяє розвитку напряму виробництва модифікованих видів крохмалю і серед них не останнє місце посідають набухаючі види, що пов'язано із здатністю такого крохмалю набухати в воді за невисоких температур [2].

Використання нативних крохмалів обмежено внаслідок їх фізико-хімічних та функціонально-технологічних властивостей. Більшість нативних крохмалів містять до 25% амілози, а харчові продукти з їх використанням в якості загусників та гелеутворювачів характеризується низькою технологічною стабільністю та виявляють виражену тенденцію до синерезису [3, 4]. Фізична модифікація крохмалю має місце в технології виробництва крохмалів: холодно-набрякаючих, набухаючих, пористих, одержаних під час кріоліту (заморожування, розморожування) або екструзії, а також розщеплених, одержаних в процесі інтенсивної механічної обробки – механолізу. Фізична модифікація крохмалів передбачає підвищення їх функціональної активності та екологічної безпеки за рахунок створення структури зерен в монодисперсному ранжуванні [5, 6]. Властивості отриманих видів модифікованого крохмалю залежать від умов в яких отримані оскільки є складовими харчового продукту, що формують перш за все, смакові якості продукту. Отже, важливим напрямом виробництва набухаючого крохмалю за удосконаленою нами технологією [7] є вивчення його властивостей для подальшого застосування у виробництві харчових продуктів.

Метою роботи є дослідження показників якості набухаючого крохмалю отриманого за удосконаленою нами технологією.

Методика досліджень. Досліджували зразки набухаючого крохмалю (НК) отримані шляхом приготування крохмальних суспензій (КС) різної концентрації 25, 30, 35 і 40%, з наступним їх висушуванням в умовах двостадійного конвективного сушіння, подрібнення та просіювання.

Органолептичні показники визначали згідно з ДСТУ 4380:2005 «Крохмаль модифікований». Цілісність крохмальних гранул зразків набухаючого крохмалю за змочування дистильованою водою та нагрівання до температури 85°C (термостабільність зразків НК) досліджували мікроскопічним методом. Мікрофотографії зразків отримували за допомогою електронного мікроскопу URL2 типу Color CMOS Sensor (1600×1200; 800×600).

Вуглеводний склад крохмалю визначали хроматографічним методом за допомогою хроматографа Shimadzu LabSolutions, контрольний зразок – 1% розчин глюкози х.ч.

Сорбційну здатність – за удосконаленою методикою з індикатором метиленовим блакитним [8].

Результати досліджень. Аналізували отримані зразки НК за показниками якості. Відмічено, що отримані зразки НК (табл. 1) мають білий колір без сторонніх домішок, з масовою часткою води близько 9%, показниками ступеня набухання більше 15 см³/г і розчинності більше 58%.

Таблиця 1

Показники якості зразків НК

Показник	Концентрація крохмалю, %			
	25	30	35	40
Зовнішній вигляд	Однорідний порошок			
Колір	Білий			
Ступінь набухання, см ³ /г	20	22	24	18
Ступінь подрібнення (проходження через сито, вічко менше 1,0 мм), %	100	100	100	100

Одним з основних показників якості є ступінь набухання отриманих зразків НК, що показує найвищий рівень для зразку, отриманого з 35% КС. Зниження показника ступеня набухання за 40% КС показує, що за сушіння відбувається більше зневоднення обробленого крохмалю, що призводить до зниження кількості водневих зв'язків. За сушіння утворюється незначна частка α -D-глюкопіранози, що призводить до втрати хімічної активності і відбувається певне «блокування» гідроксильних груп за допомогою водневих зв'язків.

На рис. 1 представлено хроматограму 1% розчину глюкози (контроль).

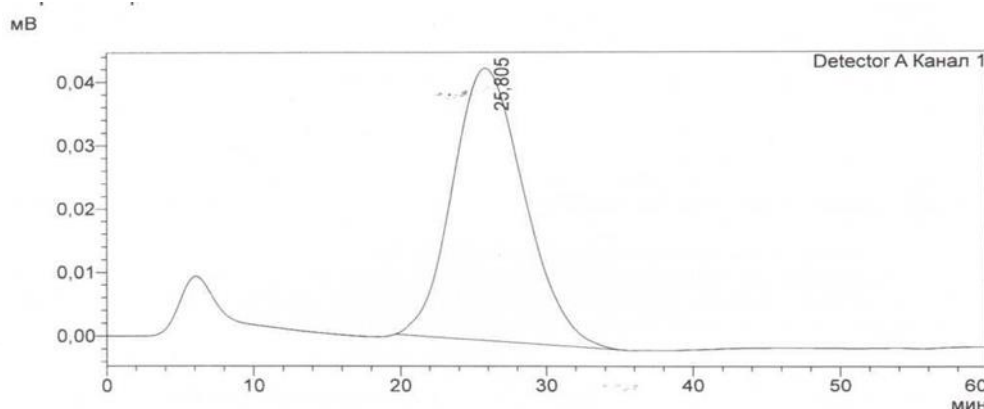


Рис. 1. Хроматограма 1% розчину глюкози

Хроматограма набухаючого крохмалю, отриманого виготовленням з 35% КС представлено на рис. 2.

Порівнявши значення піків хроматограм відмічено, що вміст глюкози в зразку набухаючого крохмалю становить 0,204 мг/мл, а вміст декстринів і мальтози становить 42,66 мг/мл.

Крохмаль має капілярнопористу структуру, оптичні властивості якого обумовлюються фізико-хімічними властивостями та мікроструктурою. Зерна крохмалю кукурудзяного менші за розміром від картопляного і мають багатогранну структуру (рис. 3а).

Ці крохмальні зерна за надлишку вологи набухають та поступово розчиняються (рис. 3б). Одним з основних показників якості модифікованого крохмалю є його термостабільність (табл. 2). Це визначає напрям його застосування та надає повну характеристику отриманому модифікованому крохмалю. Зразки набухаючого крохмалю нагрівали до 85°C та спостерігали зміну структури частки. Зокрема, отримані зразки НК з

25 і 30% КС мають чітку структуру частки з пористою поверхнею, що також показує наявність сорбційної здатності. Виготовлений зразок з 35% КС має вже менш чітку структуру частки, що показує початок руйнування. Водночас, збільшення значення концентрації КС до 40%, з якої отримано останній зразок, показує не стабільність структури і здатність до руйнування за нагрівання системи до 85°C.

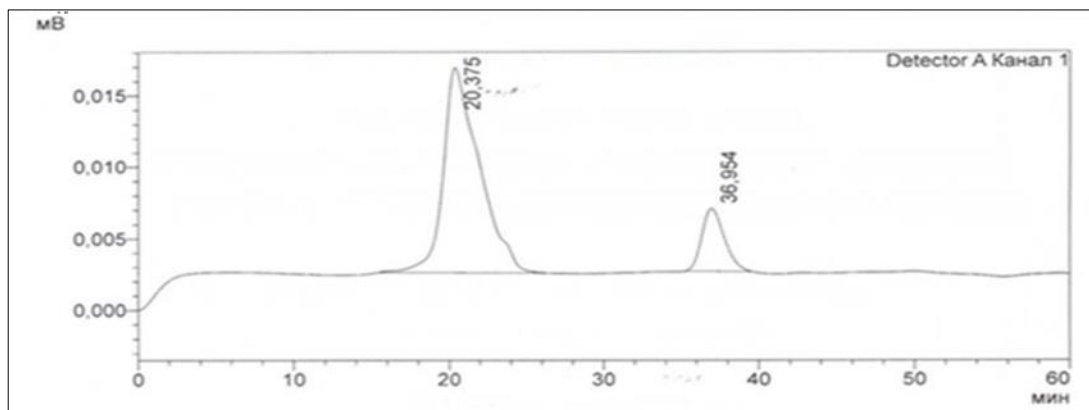


Рис. 2. Хроматограма набухаючого крохмалю



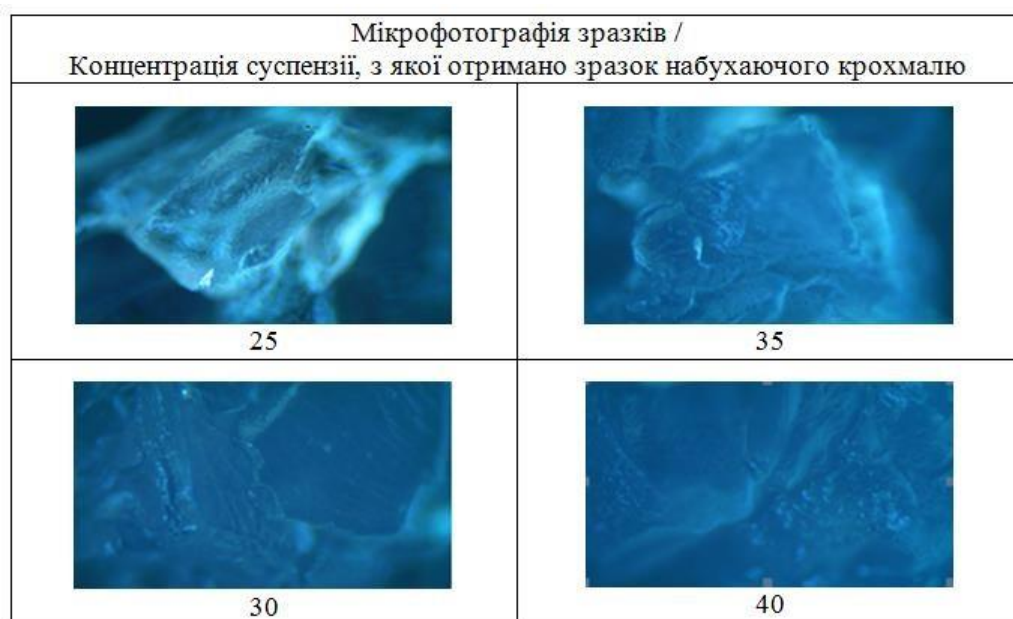
Рис. 3. Набухаючий крохмаль: а – частки, б – частки у воді (20°C)

Отже, менша концентрація КС, з якої отримують набухаючий крохмаль має вплив найого термостабільну здатність. Це показує, що крохмаль модифікований отриманий з 40% КС має низьку термостабільність і структуроутворюючу здатність, що є не бажаним для технологічних процесів у виробництві харчових продуктів.

Модифіковані крохмалі, характеризуються розвиненішою поверхнею ефективного радіусу пор, що дозволяє їм накопичувати в своїй структурі більше води та сприятливо впливати на протікання ферментативних, іонообмінних і інших реакцій в шлунково-кишковому тракті. Збільшена сорбція, як відомо корелює з сорбцією ними мікроорганізмів, зокрема, *E. coli*. Вивчення сорбційної ємності є складовою досліджень з функціональної здатності НК. Результати проведеного експерименту представлено в таблиці 3.

НК характеризуються розвиненішою поверхнею ефективного радіусу пор, що дозволяє їм накопичувати в структурі більше води і сприятливо впливати на протікання ферментативних, іонообмінних та інших реакцій в шлунково-кишковому тракті. Як показали результати досліджень, проведення фізичної модифікації покращує показник сорбційної ємності НК, отриманий з КС концентрацією 35% становить 105,92 мг/г і для 40% – 171,59 мг/г.

Таблиця 2

Мікрофотографії зразків набухаючого крохмалю

Таблиця 3

Сорбційна ємність зразків НК

Крохмаль	Сорбційна ємність, мг/г
Нативний	56,82
Концентрація КС, за отримання зразків НК, %	
25	22,80
30	52,19
35	105,92
40	171,59
НІР ₀₅	1,1

Висновки. Визначено, що отриманий набухаючий крохмаль за удосконаленою нами технологією за показниками якості не поступається промисловим аналогам. Обґрунтовано, що концентрація крохмальної суспензії, з якої отримують набухаючий крохмаль має вплив на його термостабільну здатність. Показано, що зразок набухаючого крохмалю, отриманий з 40% крохмальної суспензії, має низьку термостабільність і структуроутворюючу здатність, що є не бажаним для технологічних процесів у виробництві харчових продуктів.

Встановлено, що набухаючий крохмаль містить глюкозу в кількості 0,204 мг/мл. Показано, що проведення фізичної модифікації покращує показник сорбційної ємності набухаючого крохмалю, отриманий з крохмальної суспензії концентрацією 35% становить 105,92 мг/г і для 40% – 171,59 мг/г.

Бібліографія

1. Снежкін Ю. Ф., Петрова Ж. О. Теплообмінні процеси під час одержання каротиновмісних порошків. К.: Академперіодика. 2007. 160 с.
2. Бухкало С. І. Можливості розвитку технології модифікованих крохмалів. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. 2019. №21 (1346). С. 84-92. Bashir K, Aggarwal M.

Physicochemical, structural and functional properties of native and irradiated starch: a review. 2019. Feb; 56(2). P. 513-523.

3. 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.

4. 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.

5. Jensen S. L., Fan Zhu, Vamadevan V., Bertoft E., Seetharaman K., Ole Bandsholm, Blennow A. Structural and physical properties of granule stabilized starch obtained by branching enzyme treatment, Carbohydrate Polymers. 2013. 98(2), pp.1490-1496.

6. Хомічак Л. М., Кузнецова І. В., Ярмолук М. А., Зайчук Л. П. Патент на винахід 125160 Україна МПК C08B 30/06; C08B30/12 (2006.1). Спосіб виробництва набухаючого крохмалю. Заявник і патентовласник Інститут продовольчих ресурсів. № а 2020 04205; заявл. 09.07.2020; опубл. 19.01.2022, Бюл. №3.

7. Хомічак Л. М., Кузнецова І. В., Ткаченко С. В., Висоцька С. І., Ярмолук М. А. Методичні рекомендації з визначення сорбційної ємності (знебарвлюючої здатності) модифікованих крохмалепродуктів за органічним барвником метиленовим блакитним. К.: 2020. 13 с.

References

1. Sniezhkin, Yu. F., Pietrova, Zh. O. (2007). Teploobminni protsesy pid chas oderzhannia karotynovmisnykh poroshkiv. [Heat exchange processes during the production of carotene-containing powders]. K.: Akademperiodyka [Academperiodics]. 160 p. [in Ukrainian].

2. Bukhhalo, S. I. (2019). Mozhlyvosti rozvytku tekhnolohii modyfikovanykh krokhmaliv. [Opportunities for the development of technology of modified starches] Visnyk Natsionalnoho Tekhnichnoho Universytetu «KhPI». [Bulletin of the National Technical University "KhPI"]. Serii: Innovatsiini doslidzhennia u naukovykh robotakh studentiv. [Series: Innovative research in research papers] №21 (1346). P. 84-92 [in Ukrainian].

3. Bashir, K, Aggarwal, M. (2019). Physicochemical, structural and functional properties of native and irradiated starch: a review. Feb; 56(2). P. 513-523.

4. 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].

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

6. Jensen, S. L., Fan Zhu, Vamadevan, V., Bertoft, E., Seetharaman, K., Ole Bandsholm, Blennow, A. (2013). Structural and physical properties of granule stabilized starch obtained by branching enzyme treatment, Carbohydrate Polymers, 98(2), P.1490-1496.

7. Khomichak, L., Kuznetsova, I., Yarmoliuk, M., Zaichuk, L. Patent na vynakhid 125160 Ukraina MPK C08B 30/06; S08V30/12 (2006.1). Sposib vyrobnytstva nabukhaiuchoho krokhmalu [Method of producing swellable starch]. № а 2020 04205; 19.01.2022, Biul. №3 [in Ukrainian].

8. Khomichak, L., Kuznetsova, I., Tkachenko, S., Vysotska, S., Yarmoliuk, M. (2020). Metodychni rekomendatsii z vyznachennia sorbtsiinoi yemnosti (znebarvliuiuchoi zdatnosti) modyfikovanykh krokhmaleproduktiv za orhanichnym barvnykom metylenovym blakytym [Methodical recommendations for determining the sorption capacity (decolorizing capacity) of modified starch products by organic methylene blue dye]. K.: 13 p. [in Ukrainian].