

УДК 664.22/27

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.5.20>

## ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗИСТЕНТНОГО КАРТОПЛЯНОГО КРОХМАЛЮ RS3

**Кузнєцова І. В.** – докторка сільськогосподарських наук,  
старша наукова співробітниця, завідувачка відділу технології цукру,  
цукропродуктів та інгредієнтів  
Інституту продовольчих ресурсів  
Національної академії аграрних наук України  
ORCID ID: 0000-0001-8530-2099

**Касамара А. С.** – аспірантка, наукова співробітниця відділу технології цукру,  
цукропродуктів та інгредієнтів  
Інституту продовольчих ресурсів  
Національної академії аграрних наук України  
ORCID ID: 0000-0002-3557-6021

Стаття присвячена дослідженню впливу способу отримання резистентного картопляного крохмалю на показники якості. Резистентний крохмаль типу RS3 є одним з перспективних напрямів розвитку інгредієнтів для харчових технологій та завдяки властивостям даний крохмаль повільно перетравлюється, що надає йому біологічних переваг як харчових волокон для організму людини. Більш поширеним промисловими способами його отримання є термічне оброблення крохмальної суспензії. Чимало досліджень присвячено температурному обробленню саме крохмалю, кількості циклів нагрівання і охолодження. Доведено, що застосування декількох циклів нагрівання й охолодження збільшує ступінь ретроградації крохмалю. Водночас мало уваги приділяється дослідженню його властивостей, що розкривають перспективність даного продукту для харчової галузі.

Досліджували якість резистентного крохмалю, отриманого за різними способами: температурного оброблення крохмальної суспензії, температурного оброблення крохмалю та двоцикличного температурного оброблення крохмалю. За показниками якості такими як водо- та маслоглинальні здатності, набухання та розчинність крацім є зразок, отриманий температурним обробленням крохмальної суспензії, такий зразок має краці розчинність і найменше утворює каламутність в розчині. Оцінюючи якість зразків резистентного крохмалю, відмічено, що температурне оброблення крохмалю сприяє утворенню каламутності в рідких харчових системах і тим більше чим більше циклічність температурного оброблення. Проте, збільшення рівня температурного оброблення збільшує показник резистентності крохмалю та сприяє утворенню більш міцніших зв'язків «зшитих» вуглеводних систем, що проявляють добре підчас драглеутворення. За двоцикличного нагрівання отриманий зразок крохмалю має найбільшу міцність драглю. Таким чином, при двоцикличному нагріванні крохмалю отримують резистентний крохмаль типу RS3, що має гарні органолептичні і фізико-хімічні властивості, та краці показники резистентності і міцність драглю.

**Ключові слова:** часточки, суспензія, крохмаль, резистентність, температурне оброблення.

### **Kuznietsova I. V., Kasamara A. S. Research of resistant potato starch RS3**

The article is devoted to the study of the impact of the method obtaining resistant potato starch on quality indicators. Resistant starch of the RS3 type is one of promising areas development ingredients for food technologies, and thanks to the properties of this starch, it is slowly digested, which gives it biological advantages as a dietary fiber for the human body. The most common industrial method of its production is heat treatment of starch suspension. A lot of research is dedicated to the temperature treatment of starch itself, the number of heating and cooling cycles. It proven that the application several cycles heating and cooling increases the degree retrogradation starch. At the same time, little attention paid to the study properties, which reveal the prospects of this product for the food industry.

*The quality of resistant starch obtained by various methods studied temperature treatment starch suspension, temperature treatment starch and two-cycle temperature treatment of starch. According to quality indicators, such as water- and oil-absorbing abilities, swelling and solubility, the sample obtained by temperature treatment starch suspension is the best. Such a sample has better solubility and creates the least turbidity in the solution. Evaluating starch samples orestisted quality, noted, that the temperature treatment of starch contributes to the reduction of turbidity in liquid food systems, and the more the temperature treatment cycles. However, an increase in the level temperature treatment increases the resistance index starch and contributes to the formation smaller bonds "cross-linked" carbohydrate systems, which manifest themselves well during gelatinization. During two-cycle heating, the obtained starch sample has the highest gelling strength. Thus, during two-cycle heating starch, resistant starch the RS3 type obtained, which has good organoleptic and physicochemical properties, and better indicators resistance and jelly strength.*

**Key words:** particles, suspension, starch, resistance, temperature treatment.

**Постановка проблеми.** Виробництво резистентного крохмалю (ПК/RS) є одним з перспективних напрямів розвитку інгредієнтів для харчових технологій. Резистентний крохмаль за властивостями поділяється на п'ять груп та міститься як у фруктах і овочах, так і є одним з інгредієнтів для виробництва харчових продуктів. За своїми властивостями резистентний крохмаль повільно перетравлюється [1, 2], ніж звичайний крохмаль, що дає біологічні переваги як харчових волокон для організму людини. Споживання резистентного крохмалю, що міститься в харчових продуктах для кожної країни є різним. У більшості європейських країнах його споживання становить 3,2–5,7 г/день [3], а наприклад, для італійців близько 8,5 г/день [4].

**Аналіз останніх досліджень.** Для виготовлення резистентного крохмалю використовувалися різні методи: термічне оброблення крохмалю або суспензії, хімічну модифікацію, ферментативне розгалуження, температурно-циклічну ретроградацію та опромінення [5]. Більш поширеним промисловими способами є термічне оброблення крохмальної суспензії [6]. Водночас перспективним є застосування способу термічного оброблення крохмалю з наступним його охолодженням. Це призводить до часткової ретроградації крохмальних гранул та утворення розпушеної структури. Вважається [7], що застосування декількох циклів нагрівання й охолодження збільшує ступінь ретроградації крохмалю [6]. Для повноти оцінки способу термічного оброблення важливим є здійснити аналіз показників якості отриманих видів резистентного крохмалю.

**Метою роботи** є дослідження показників якості отриманих зразків резистентного картопляного крохмалю групи RS3.

**Методи досліджень.** Дослідження проводили у відділі технології цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів Інституту продовольчих ресурсів НААН. Отримували зразки резистентного картопляного крохмалю:

**Дослід 1.** Готували крохмальну суспензію з картопляного крохмалю концентрацією 35%. Здійснювали двоциклічне нагрівання з охолодженням за температур: 120 → 60 → 120 → 60 °С. Отриманий резистентний крохмаль нарізали, висушували, подрібнювали на лабораторному млині та просіювали через капронове сито з діаметром отворів <0,2 мм (зразок 1).

**Дослід 2.** Здійснювали температурне оброблення картопляного крохмалю з наступним охолодженням двома способами: а – нагрівання 120 °С та охолодження до 60 °С; б – двоциклічне нагрівання до 120 °С, охолодження до 60 °С, нагрівання до 120 °С та охолодження до 60 °С. Отримані зразки (зразки 2а і 2б) резистентного крохмалю просіювали через капронове сито з діаметром отворів <0,2 мм.

Основними показниками якості є: вологість і рН [8], водопоглинальну здатність [9], маслопоглинальну здатність [9], набухаючу здатність [9], індекс розчинності

[9], ступінь прозорості [9], резистентність [10], проба на желюючу здатність [15]. Контрольний зразок – нативний крохмаль картопляний. Міцність драглів визначали на Penetrometer condroller Mk.V.Seta-matic. Дослідження проводили у трократній повторюваності.

**Основні результати досліджень.** Отримані різними способами зразки резистентного картопляного крохмалю за зовнішньому виглядом відповідають вимогам ДСТУ 4380:2005 і мають білий колір, без сторонніх запахів, смак властивий крохмалю.

Основні показники якості зразків резистентного картопляного крохмалю представлено в таблиці 1. Дослідження показали [11, 12], що збільшення температури процесу призводить до зміни структури крохмалю і за вищих температур (120 або 130°C) утворюються більш міцніші структури за рахунок руйнування водневих зв'язків.

Відповідно, це впливає на властивості отриманих зразків резистентного картопляного крохмалю (табл. 1). Зокрема, показник водопоглинальної здатності зростає при температурному обробленні, і переважно для зразку 1 та зразку 2б.

Таблиця 1  
**Властивості резистентного картопляного крохмалю (p = 0,05, n=3)**

Параметр	Контроль	Дослідний зразок		
		Зразок 1	Зразок 2а	Зразок 2б
Масова частка вологи, %	9,8	7,7	7,2	7,0
pH	6,5	6,5	6,5	6,5
Водопоглинальна здатність, г/г	1,68	1,92	1,76	1,79
Маслопоглинальна здатність, г/г	1,09	1,13	1,10	1,11
Показник розчинності, г/г	0,124	0,191	0,185	0,180
Набухаюча здатність, г/г	3,25	5,14	5,04	5,10
Ступінь прозорості, %	1,77	1,65	1,65	1,69
Резистентність (в перерахунку на СР), %	14,4	52,9	65,3	68,2

Це відбувається внаслідок зростання утвореної кількості простих сахарів. Більшу маслопоглинальну здатність виявляють отримані зразки 1 і 2 б, що свідчить про утворення більшої кількості вільних зв'язків після температурного оброблення. Це підтверджує результати досліджень з таких показників як показник розчинності та набухання. При чому дані показники мають вище значення в зразках резистентного крохмалю із більш «м'якими» умовами температурного оброблення. Зокрема, застосування двоциклічного нагрівання крохмалю дещо знижує значення цих показників, особливо показника розчинності. Це свідчить про те, що приготуванні розчинів зразок 2б буде виявляти більшу каламутну здатність, що впливатиме на показник ступеня прозорості. Таким чином, за показниками якості отримані зразки резистентного крохмалю переважають за нативний. Проте, спосіб проведення ретроградації істотно впливає на їхні властивості, і відповідно, рекомендації для подальшого застосування. Зокрема, зразок 1 може застосовуватись як стабілізатор рідкої харчової системи. В той же час, як зразок 2а може застосовуватись як для рідких так і не рідких харчових систем. З точки зору основного показника якості – резистентності, зразок 2 а є кращим, ніж зразок 1. Найвищий показник резистентності має зразок 2б (68,2%), водночас такі показники

як прозорість і розчинність свідчать про застосування цього зразку у виробництві не рідких харчових продуктів.

Аналізуючи отримані зразки крохмалю RS3, слід відмітити їхню задовільну драглеутворювальну здатність (табл. 2).

Таблиця 2

**Вплив способу отримання крохмалю резистентного на міцність драглю**  
( $p = 0,05, n=3$ )

Найменування	Міцність крохмальних драглів, г/см	
	поверхнєве натискання	руйнування драглю
Зразок 1	205	270
Зразок 2а	210	310
Зразок 2б	220	315

Якщо при поверхневому натисканні значення міцності є близьким для усіх зразків, то при повному руйнуванні структури драглю більш міцнішим є при двоциклічному температурному обробленні. Найбільш слабку міцність драглеутворюючої здатності має крохмаль, отриманий шляхом температурного оброблення крохмальної суспензії.

Отже, температурне оброблення крохмалю сприяє утворенню більш міцніших зв'язків «зшитих» вуглеводних систем, що проявляються добре під час драглеутворення. Зокрема, міцність драглів більшу мають зразки 2а і 2б.

**Висновки.** Показано, що спосіб температурного оброблення має значний вплив на показники якості готового резистентного крохмалю типу RS3. Найвищі показники водопоглинальної здатності, маслопоглинальної здатності, показник розчинності та набухаючу здатність виявляє зразок, отриманий шляхом температурного оброблення крохмальної суспензії. Водночас, спосіб температурного оброблення крохмалю сприяє підвищенню резистентності продукту та міцність драглів крохмалю. Аналіз результатів досліджень дозволяє рекомендувати отримані зразки резистентного картопляного крохмалю у виробництві рідких та не рідких харчових продуктів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Englyst N., Trowell H., Southgate D.A., Cummings J.H. Dietary fiber and resistant starch. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1987. Vol. 46. Issue 6. P. 873-874.
2. Haralampu S.G. Resistant starch – a review of the physical properties and biological impact of RS<sub>3</sub>. *Carbohydrate Polymers*. 2000, Vol.41. Issue 3. P. 285-292.
3. Dysseler P., Hoffem D. Estimation of resistant starch intake in Europe. In *Proceedings of the Concluding Plenary Meeting of EURESTA. European Flair-Concerted Action № 11 (COST 911)*, ed. N-G Asp, JMM van Amelsvoort & JGAJ Hautvast. 1997, P. 84–86.
4. Brighenti F., Casiraghi C., Baggio C. Resistant starch in the Italian diet. *Br. J. Nutr.* 1998, Vol. 80. P. 333–341.
5. Ashwar B.A., Gani A., Wani I. A., Shah A., Masoodi F.A., Saxena D.C. Production of resistant starch from rice by dual autoclaving-retrogradation treatment: Invitro digestibility, thermal and structural characterization. *Food Hydrocolloids*. 2016, Vol. 56. P. 108-117. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.12.004>.
6. Morris V.J. Starch gelation and retrogradation. *Trends in Food Science & Technology*. 1990, Vol. 1. P. 2–6.
7. Sun S., Sun Z., Saleh A. S., Zhao K., Ge S., Shen H., Li V. Understanding the granule, block, crystal and molecular structure of normal and waxy A- and B-starch granules of wheat. *Food hydrocolloids*. 2021, Vol. 121. P. 1070. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107034>

8. ДСТУ 4380:2005. Крохмаль модифікований. Загальні технічні умови. [чинний від 2005.02.28] – Київ: ДЕРЖСПОЖИВСАНДАРТ УКРАЇНИ. 2006. – 15 с.
9. Tan H., Watanabe K., Mitsunaga T. Structure and functionality of large, medium and small starch granules in normal and waxy endosperm of barley. *Hydrocarbon Polymers*. 2002, Vol. 49(2), P. 217–224.
10. AOAC Official Method 991.43. Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fibre in Foods. – 5 с.
11. Varatharajan V., Hoover R., Li J., Vasanthan T., Nantanga K.K.M., et al. Impact of structural changes due to heat-moisture treatment at different temperatures on the susceptibility of normal and waxy potato starches towards hydrolysis by porcine pancreatic alpha amylase. *Food Res. Int.* 2011, Vol. 44. P. 2594–2606.
12. Кузнєцова І. В., Хомічак Л. М., Пазюк В. М., Касамара А. С. Дослідження способу «відпалу» крохмалю в процесі отримання резистентного крохмалю. Тези міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційний розвиток харчової індустрії». 27 листопада 2023 року. Інститут продовольчих ресурсів НААН. 2023. С. 69–71. <https://drive.google.com/file/d/1eIM8WgpQ42ETh7RLIKwg-1hli64L1qTn/view>

#### REFERENCES:

1. Englyst N, Trowell H, Southgate D A, Cummings J H. (1987). Dietary fiber and resistant starch. *The American Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 46, Issue 6. P. 873–874.
2. Haralampu S.G. (2000). Resistant starch – a review of the physical properties and biological impact of RS<sub>3</sub>. *Carbohydrate Polymers*. Vol.41, Issue 3. P. 285–292.
3. Dysseler P., Hoffem D. (1994). Estimation of resistant starch intake in Europe. In *Proceedings of the Concluding Plenary Meeting of EURESTA. European Flair-Concerted Action no. 11 (COST 911)*, ed. N-G Asp. JMM van Amelsvoort & JGAJ Hautvast. P. 84–86.
4. Brighenti F, Casiraghi C., Baggio C. (1998). Resistant starch in the Italian diet. *Br. J. Nutr.* Vol. 80. P. 333–341.
5. Ashwar B. A., Gani A., Wani I. A., Shah A., Masoodi F.A., Saxena D.C. (2016). Production of resistant starch from rice by dual autoclaving-retrogradation treatment: Invitro digestibility, thermal and structural characterization. *Food Hydrocolloids*. Vol. 56, P. 108-117. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.12.004>
6. Morris V.J. (1990). Starch gelation and retrogradation. *Trends in Food Science & Technology*. Vol. 1. P. 2–6.
7. Sun S., Sun Z., Saleh A. S., Zhao K., Ge S., Shen H., Li V. (2021). Understanding the granule, block, crystal and molecular structure of normal and waxy A- and B-starch granules of wheat. *Food hydrocolloids*. Vol. 121. P. 1070. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107034>
8. DSTU 4380:2005. [SNSU]. Krokhmal modyfikovanyi. Zahalni tekhnichni umovy. [Modified starch. General technical conditions] [chynnyy vid 2005.02.28]. Kyiv: DERZhSPOZhYVSANDART UKRAINY. [Kyiv: STATE OF CONSUMER SANDART OF UKRAINE] 2006. – 15 s. [in Ukrainian].
9. Tan H., Watanabe K., Mitsunaga T. (2002). Structure and functionality of large, medium and small starch granules in normal and waxy endosperm of barley. *Hydrocarbon Polymers*. Vol. 49(2). P. 217–224.
10. AOAC Official Method 991.43. Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fibre in Foods. – 5 с.
11. Varatharajan V, Hoover R, Li J, Vasanthan T, Nantanga KKM, et al. (2011). Impact of structural changes due to heat-moisture treatment at different temperatures on the susceptibility of normal and waxy potato starches towards hydrolysis by porcine pancreatic alpha amylase. *Food Res. Int.* Vol. 44. P. 2594–2606.
12. Kuznietsova I. V., Khomichak L. M., Paziuk V. M., Kasamara A. S. (2023) Doslidzhennia sposobu «vidpalu» krokhmalu v protsesi otrymannia rezystentnoho krokhmalu [Research on the method of "annealing" starch in the process of obtaining resistant starch]. Tezy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Innovatsiynyy rozvytok kharchovoi industrii. November 27, 2023. Institute of Food Resources of the National Academy of Sciences. P. 69–71. <https://drive.google.com/file/d/1eIM8WgpQ42ETh7RLIKwg-1hli64L1qTn/view> [in Ukrainian].