

ВИВЧЕННЯ ДИСПЕРСІЙНОГО СКЛАДУ БОРОШНА ПШЕНИЧНОГО

*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, д.с.-г.н., с.н.с., зав. відділом,
<http://orcid.org/0000-0001-8530-2099>

*Висоцька С. І.*², аспірант, м.н.с.,
<http://orcid.org/0000-0001-7686-9800>

*Ткаченко С. В.*¹, к.т.н., с.н.с.
<https://orcid.org/0000-0003-2897-8978>

¹Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна

²Національна академія аграрних наук України, м. Київ, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2020-15-21>

При удосконаленні або створенні крохмалепродукту необхідним є ґрунтовне вивчення його фізико-хімічних показників і технологічних показників. Це сприяє як відкорегуванню роботи підприємства та забезпеченню його ритмічної роботи. Крім того, зміна структури крохмальної гранули також впливає на його технологічні особливості застосування в рецептурі харчового продукту. **Методика досліджень.** Досліджували борошно модифіковане отримане після сушіння борошна з пшениці м'якої сорту Асканійська і борошна пшениці м'якої сортів Софійка, Білява і Чорноброва. Зразки борошна модифікованого просіювали на лабораторному розсіювачі РЛУ-1, застосувавши набір із 5 сит. Отримані фракції зразків із різною дисперсністю зважували та аналізували на масову частку дисперсійної фракції, визначали насипну щільність, коефіцієнт поглинання, кут дійсного ухилу, сипкість. **Результати досліджень.** Для досліджень брали наважку зразку крохмалепродукту після сушіння борошна пшеничного в кількості $100 \pm 0,1$ г та подрібнювали на лабораторному млину ЛЗМ-1. Після подрібнення зважували зразки та встановлено, що втрати становлять в межах 0,63-0,86 г, найбільше зі борошна сорту Софійка (0,86 г). Найбільші значення показника насипної щільності найдрібнішої фракції (борошна) має зразок, отриманий з пшениці сорту Асканійське, а найменше – з пшениці сорту Білява. Найбільшого значення коефіцієнту поглинання досягається за значення дисперсії $0,5 < \delta < 0,8$ для всіх зразків крім з пшениці сорту Білява. Високе значення коефіцієнту поглинання (0,43) дрібнодисперсної фракції (менше 0,2 мм) борошна модифікованого із сорту пшениці Асканійське. Встановлено значення кута дійсного ухилу для модифікованого борошна пшеничного. **Висновки.** Визначено технологічні показники якості борошна модифікованого з пшениці м'якої для подальшого застосування у виробництві харчових продуктів. Встановлено, що втрати борошна за помелу становили 1,12-1,42%, найбільші з сортів пшениці Софійка. Показано, що за звичайному неврегульованому режимі подрібнення на лабораторному млину найбільше отримано фракцію розміром часток менше 0,2 мм (85,31-87,72 %) для всіх зразків. Відмічено, що із збільшенням ступеня подрібнення значення показника насипної щільності знижується для сортів пшениці: Асканійське з 0,302 до 0,252 г/см³, Софійка з 0,317 до 0,232 г/см³, Білява з 0,308 до 0,215 г/см³, Чорноброва з 0,318 до 0,233 г/см³. Встановлено, що незалежно від сорту пшениці кут дійсного ухилу борошна становить 38-42°.

Ключові слова: зерно, пшениця, борошно, технологічна якість

STUDY OF THE DISPERSION COMPOSITION OF WHEAT FLOUR

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, Sen. Res., Dep. Head of Department,

<http://orcid.org/0000-0001-8530-2099>

Svitlana Vysotska², postgraduate, junior researcher

<http://orcid.org/0000-0001-7686-9800>

Serhii Tkachenko¹, PhD, Sen. Res.

<https://orcid.org/0000-0003-2897-8978>

¹Institute of Food Resources NAAS, Kyiv, Ukraine

²National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<https://doi.org/10.31073/foodresources2020-15-21>

When improving or creating a starch product, it is necessary to thoroughly study its physical and chemical parameters and technological indicators. This contributes to both adjusting the work of the enterprise and ensuring its rhythmic work. In addition, the change in the structure of the starch granule also affects its technological features in the formulation of the food product. **Research methodology.** Modified flour obtained after drying of soft wheat flour of Askanian wheat and soft wheat flour of Sofiyka, Bilyava and Chornobrova grades was investigated. Samples of modified flour were sieved on a laboratory diffuser RLU-1, using a set of 5 sieves. The obtained fractions of samples with different dispersion were weighed and analyzed for the mass fraction of the dispersion fraction, determined the bulk density, absorption coefficient, the angle of actual slope, flowability. **Research results.** A sample of starch product after drying wheat flour in the amount of 100 ± 0.1 g was taken for research and ground on a laboratory mill LZM-1. After grinding, the samples were weighed and it was found that the losses are in the range of 0.63-0.86 g, mostly from flour variety Sofiyka (0.86 g). The largest values of the bulk density of the smallest fraction (flour) has a sample obtained from wheat variety Askaniyskoe, and the lowest - from wheat variety Bilyava. The highest value of the absorption coefficient is achieved at a dispersion value of $0.5 < \delta < 0.8$ for all samples except for wheat variety Bilyava. High value of absorption coefficient (0.43) of fine fraction (less than 0.2 mm) of flour modified from Askanian wheat variety. The value of the angle of actual slope for the modified wheat flour is set. **Conclusions.** Technological indicators of quality of flour modified from soft wheat for further application in food production are determined. It was found that the loss of flour for grinding was 1.12-1.42%, the largest of the varieties of wheat Sofiyka. It is shown that the fraction with a particle size less than 0.2 mm (85.31-87.72%) was obtained for all samples according to the usual unregulated grinding mode at the laboratory mill. It is noted that with increasing degree of grinding the value of bulk density decreases for wheat varieties: Askanian from 0.302 to 0.252 g / cm³, Sofiyka from 0.317 to 0.232 g / cm³, Blond from 0.308 to 0.215 g / cm³, Chornobrova from 0.318 to 0.233 g / cm³. It is established that regardless of the wheat variety, the angle of the actual flour slope is 38-42 °. It should be noted that the limit value of this indicator is the angle greater than 60 °, at which the vegetable raw material acquires maximum moisture saturation, which makes it impossible to transport it.

Key words: grain, wheat, flour, technological quality

Вступ. При удосконаленні або створенні крохмалепродукту необхідним є ґрунтовне вивчення його фізико-хімічних і технологічних показників. Це сприяє як відкорегуванню роботи підприємства та забезпеченню його ритмічної роботи. Крім того, зміна структури крохмальної гранули також впливає на його технологічні особливості застосування в рецептурі харчового продукту.

Вивченню процесів модифікації крохмалю та їх застосуванні у виробництві харчових продуктів присвячені праці багатьох вчених: Adzahan, N. M. [1], Hung, P. V. et. al. [2], Jeon et.al. [3], Abbas K.A. et. al. [4], Perry P.A. [5], Андрєєва Н.Р. [6], Жушмана А.І. [7], Ковбаси В.М. [8], Кузнєцови І.В. [9] та інших. Розробленням технології дієтичного борошна займалися Бачурська Л.Д. та ін.[10], Курцевата В.Г. [11], та інші. Вивченням питання технологічної якості борошна займалися Беркутова Н.С. та ін. [12], Корочкина Р.С. та ін. [13], Козьміна Н.П. [14] та інші. Водночас залишається низка питань пов'язаних із технологічними властивостями борошна модифікованого.

Метою роботи було дослідження дисперсійного складу борошна модифікованого пшеничного.

Методика досліджень. В дослідженні використовували борошно модифіковане отримане після сушіння підготовленого борошна з пшениці м'якої сорту Асканійська і борошна пшениці м'якої сортів селекції Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства: Софійка, Білява і Чорноброва.

Зразки борошна модифікованого просіювали на лабораторному розсіювачі РЛУ-1, застосовувавши набір із 5 сит. Отримані фракції зразків із різною дисперсністю зважували та аналізували на масову частки дисперсійної фракції, визначали насипну щільність, коефіцієнта поглинання, кут дійсного ухилу, сипкість.

Результати досліджень. При проектуванні, наладці, випробуванні і експлуатації виробничого приміщення, технологічного обладнання та ємностей для зберігання необхідно враховувати ряд параметрів, що характеризують технологічні властивості борошна модифікованого. До них відносяться дисперсний склад, концентрація, насипна щільність, кут дійсного ухилу, тощо.

Для досліджень брали наважку зразку продукту після сушіння борошна пшеничного в кількості $100 \pm 0,1$ г та подрібнювали на лабораторному млину ЛЗМ-1 (табл. 1). Після подрібнення зважували зразки та встановлено, що втрати становлять в межах 0,63-0,86 г, найбільше зі борошна сорту Софійка (0,86 г).

Таблиця 1

Втрати борошна модифікованого за подрібнення

Сорт пшениці м'якої	наважка, г		Втрати, г
	до подрібнення	після подрібнення	
Асканійське	100,03	99,58	0,72
Софійка	100,06	99,20	0,86
Білява	100,05	99,37	0,68
Чорноброва	100,07	99,44	0,63
НІР ₀₅	1,2	1,6	1,3

Отримані фракції зразків борошна модифікованого були не однорідними й різного розміру (табл. 2). Водночас фракції розміром менше 0,2 мм найбільше було в зразку з сорту пшениці Чорноброва (87,72%). Втрати борошна при цьому становили 1,12-1,42%, є найбільші в зразку отриманому з сортів пшениці Софійка.

Ситування фракцій показує (табл. 2), що за звичайному неврегульованому режимі подрібнення на млину найбільше отримано фракцію розміром часток менше 0,2 мм (87,72%) для зразку отриманого з пшениці сорту Чорноброва. Трохи менше дрібнодисперсної фракції має борошно модифіковане із пшениці сорту Софійка (87,38%), що пояснюється сортовою особливістю.

Значення насипної маси фракцій залежить від щільності, пористості та вологовмісту і впливає на коефіцієнт щільності у виробництві харчових виробів. Для дрібнодисперсної фракції борошна загальна пористість становить 50-80% і залежить від розміру часток та

форми. Чим менше щільність укладання тим більше пористість маси і об'єм. Борошно має найгіршу ступінь поглинання через щільне стискання пор у більш вузьких місцях, що призводить до зменшення їх загального об'єму, збільшуючи тим самим «мертвий» поровий простір та значення питомого опору шару рослинної сировини. Ефективна поверхня контакту рослинної сировини з водою при цьому зменшується, що призводить до погіршення масообміну.

Таблиця 2

**Дисперсійний склад та ступінь руйнування клітин
зразків борошна отриманих зі сортів пшениці м'якої**

Дисперсність (δ), мм	Асканійське		Софійка		Білява		Чорноброва	
	Вага, г	Частка, % до заг. ваги	Вага, г	Частка, % до заг. ваги	Вага, г	Частка, % до заг. ваги	Вага, г	Частка, % до заг. ваги
до просіювання	99,58	100,00	99,20	100,00	99,37	100,00	99,44	100,00
$\delta > 1,0$	0,29	0,30	0,52	0,51	0,30	0,29	0,44	0,42
$0,8 < \delta < 1,0$	1,39	1,40	1,53	1,54	1,37	1,38	1,12	1,13
$0,5 < \delta < 0,8$	5,07	5,10	2,30	2,32	4,03	4,06	2,81	2,83
$0,2 < \delta < 0,5$	4,68	4,70	6,75	6,81	7,78	7,83	6,59	6,63
$0,2 > \delta$	86,93	87,30	86,68	87,38	84,77	85,31	87,22	87,72
Всього	98,36	98,53	97,78	98,56	98,25	98,87	98,18	98,73
Втрати	1,22	1,20	1,42	1,44	1,12	1,13	1,26	1,27
НІР ₀₅	0,27	0,15	0,24	0,27	0,21	0,22	0,23	0,32

Насипна щільність – це маса одиниці об'єму фракції рослинного матеріалу, вільно насипаного в ємність безпосередньо після її заповнення. У її об'єм входять внутрішні пори частинок і проміжний простір між ними. Знати насипну щільність частинок фракцій необхідно для розрахунку об'єму бункерів і при виборі вивантажувачів. Це в свою чергу сприяє ритмічній роботі переробного підприємства. Експериментально визначено основні технологічні показники, які представлено в таблиці 3.

Таблиця 3

**Насипна щільність та коефіцієнт поглинання
зразків борошна модифікованого**

Дисперсність (δ), мм	Асканійське		Софійка		Білява		Чорноброва	
	насипна щільність, г/см ³	K _п	насипна щільність, г/см ³	K _п	насипна щільність, г/см ³	K _п	насипна щільність, г/см ³	K _п
$\delta > 1,0$	0,302	0,48	0,317	0,59	0,308	0,47	0,318	0,44
$0,8 < \delta < 1,0$	0,295	0,51	0,289	0,48	0,254	0,52	0,292	0,47
$0,5 < \delta < 0,8$	0,279	0,52	0,277	0,53	0,237	0,48	0,271	0,54
$0,2 < \delta < 0,5$	0,267	0,49	0,249	0,48	0,222	0,49	0,254	0,46
$0,2 > \delta$	0,252	0,43	0,232	0,41	0,215	0,42	0,233	0,40
НІР ₀₅	0,18	0,25	0,16	0,22	0,18	0,26	0,13	0,24

Найбільші значення показника насипної щільності найдрібнішої фракції (борошна) має зразок, отриманий з пшениці сорту Асканійське, а найменше – з пшениці сорту Білява. Відмічено, що із збільшенням ступеня подрібнення значення показника насипної щільності знижується для сортів пшениці: Асканійське з 0,302 до 0,252 г/см³, Софійка з 0,317 до 0,232 г/см³, Білява з 0,308 до 0,215 г/см³, Чорноброва з 0,318 до 0,233 г/см³. При

цьому значення коефіцієнта поглинання (K_p) найменшим є для борошна зі сортів пшениці Чорноброва. На поверхні розділу «вода – повітря» діють сили поверхневого натягу, які намагаються зменшити площину даної поверхні, тобто стягують «місток». Додаткова сила взаємного натягу частинок виникає внаслідок розрідження, що створюється у водному прошарку внаслідок проникнення вологи у капіляри часток борошна. Найбільшого значення коефіцієнта поглинання досягається за значення дисперсії $0,5 < \delta < 0,8$ для всіх зразків крім з пшениці сорту Білява. Високе значення коефіцієнту поглинання (0,43) дрібнодисперсної фракції (менше 0,2 мм) борошна модифікованого із сорту пшениці Асканійське. Показник коефіцієнту поглинання дозволяє розрахувати необхідну введену кількість в рецептуру з іншими компонентами у харчові продукти.

Показано, що значення куту дійсного ухилу та сипкості є близькими для всіх зразків борошна незалежно від сортових особливостей (табл.4).

Таблиця 4

Кут дійсного ухилу та сипкість зразків борошна

Сорт пшениці м'якої	Кут дійсного ухилу, °	Сипкість, г/с
Асканійське	38	0,98
Софійка	38	0,98
Білява	42	0,99
Чорноброва	42	0,99
НІР ₀₅	1,8	1,3

Вагомим технологічним показником є кут дійсного ухилу, який оцінює форму, розмір і когезійні властивості часток сировини. Нами встановлено, що незалежно від сорту пшениці кут дійсного ухилу борошна становить 38-42°. Необхідно зазначити, що граничним значенням цього показника є кут більше 60°, за якого рослинна сировина набуває максимального насичення вологою, що призводить до унеможливлення її транспортування. Це відбувається за рахунок утворення так званих «містків» між частинками подрібнених фракцій.

Висновки. Визначено технологічні показники якості борошна модифікованого з пшениці м'якої для подальшого застосування у виробництві харчових продуктів. Встановлено, що втрати борошна за помелу становили 1,12-1,42%, найбільші з сортів пшениці Софійка. Показано, що за звичайному неврегульованому режимі подрібнення на лабораторному млину найбільше отримано фракцію розміром часток менше 0,2 мм (85,31-87,72 %) для всіх зразків. Найкраще до дрібнодисперсної фракції було подрібнено зразок борошна модифікованого з пшениці сорту Чорноброва (87,72%), що пояснюється сортовою особливістю.

Відмічено, що із збільшенням ступеня подрібнення значення показника насипної щільності знижується для сортів пшениці: Асканійське з 0,302 до 0,252 г/см³, Софійка з 0,317 до 0,232 г/см³, Білява з 0,308 до 0,215 г/см³, Чорноброва з 0,318 до 0,233 г/см³. Встановлено, що незалежно від сорту пшениці кут дійсного ухилу борошна становить 38-42°.

Бібліографія

1. Adzahan N. 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., 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. Jeon Y., Vasanthan T., Temelli F., Song B. 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.

4. Abbas K., 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.

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

6. 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.

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

8. Шульга О. С., Ковбаса В. М., Шульга С. І. Вплив процесу екструзії на крохмаль екструзійних картопле продуктів. Харчова наука і технологія. 2011. № 2. С. 60-62. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khnt_2011_2_22.

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

10. Скалецька Л. Ф., Подпрятков Г. І., Завадська О. В. Методи досліджень рослинницької сировини / лаб. практикум. К.: 2009. 242 с.

11. Еилькн И. М. Разработка энергосберегающей технологии производства муки для детского питания из рисовой и гречневой круп. Дис. на соискание уч. степ. к.т.н. М: 2014. 139 с.

12. Курцева В. Г. Разработка новых мучных продуктов для детского и диетического питания из зернового сырья: автореферат дис. канд. техн. Наук. Барнаул: из-во «АлтГТУ», 1997. 27 с.

13. Беркутова Н. С., Швецова И.А. Технологические свойства пшеницы и качество продуктов ее переработки. М.: Колос, 1984. 223 с.

14. Козьмина Н. П., Гунькин В. А., Сусянок Г. М. Теоретические основы прогрессивных технологий (Биотехнология). Зерноведение (с основами биохимии растений). М.: Колос, 2006. 464 с.

References

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

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

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

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

6. Andreyev N., Karpov V. (1999). Struktura. khimicheskiy sostav i tekhnologicheskiye priznaki osnovnykh vidov krakhmalosoderzhashchego syria [Structure, chemical composition and technological characteristics of the main types of starchy raw materials.]. Khraneniye i pererabotka selkhozsyria [Storage and processing of agricultural raw materials]. №7. 30-33 p.

7. Zhushman A. (1985). Sravneniye svoystv dispersiy kukuruznogo krakhmala i izmelchennoy kukuruzy [Comparison of the properties of dispersions of corn starch and ground corn]. Ser. 5: Krakhmalo-patochnaya promyshlennost. M.: AgroNIITEIpishcheprom [AgroNIITEIpishcheprom]. 9-10 p.
8. Shulha O., Kovbasa V., Shulha S. (2011). Vplyv protsesu ekstruzii na krokhmal ekstruziinykh kartople produktiv [Injected into the process of extrusion on the starch of extrusion cartople products]. Kharchova nauka i tekhnolohiia [Food science and technology]. № 2. 60-62 p. Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khnit_2011_2_22.
9. Hrabovska O., Kuznietsova I., Shtanheieva N. (2002). Doslidzhennia sposobiv pidgotovky krokhmalevmisnoi syrovyny do fermentatyvnoho hidrolizu [Research of methods of preparation of starch-containing raw materials for enzymatic hydrolysis]. Pratsi NUKhT [Works of NUHT]. №12. 39-41 p.
10. Skaletska L., Podpriatov H., Zavadska O. (2009). Metody doslidzhen roslynnytskoi syrovyny [Research methods of plant raw materials] lab. praktykum. K.: 242 p.
11. Eilkn I. (2014). Razrabotka energosberegayushchey tekhnologii proizvodstva muki dlya detskogo pitaniya iz risovoy i grechnevoy krup [Development of energy-saving technology for the production of flour for baby food from rice and buckwheat]/ dis. na soiskaniye uch. step. k.t.n. M: 139 p.
12. Kurtseva V. (1997). Razrabotka novykh muchnykh produktov dlya detskogo i diyeticheskogo pitaniya iz zernovogo syria [Development of new flour products for baby and diet food from grain raw materials]: avtoreferat dis. kand. tekhn. Nauk Barnaul: iz-vo «AltGTU». 27 p.
13. Berkutova N., Shvetsova I. (1984). Tekhnologicheskiye svoystva pshenitsy i kachestvo produktov eye pererabotki [Wheat technological properties and the quality of its processed products] M.: Kolos [Kolos]. 223 p.
14. Kozmina N., Gunkin V., Suslyanok G. (2006). Teoreticheskiye osnovy progressivnykh tekhnologiy (Biotekhnologiya). Zernovedeniye (s osnovami biokhimii rasteniy) [Theoretical foundations of progressive technologies (Biotechnology). Grain science (with the basics of plant biochemistry)] M.: Kolos [Kolos]. 464 p.