

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ СУШІННЯ ПІДГОТОВЛЕНОГО БОРОШНА ПШЕНИЧНОГО

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

Висоцька С.І.², асп., м.н.с. <https://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/foodresources2021-16-20>

Вступ. Переробка зернової сировини із впливом на крохмаль або білки шляхом застосування термічного оброблення створює різноманітність функціональних властивостей продукту і є перспективним в сучасних умовах життєдіяльності людини. **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.** Отримана кінетична залежність показує поступову втрату вологи зразками із різною швидкістю, що відповідно впливає на тривалість сушіння. Вологовміст сушильного агенту найбільше впливає на інтенсивність на початковій стадії постійної швидкості сушіння. За збільшення вологовмісту теплоносія період постійної сушки збільшується і кількість випареної вологи в цей період зростає. Із подальшим вилученням вологи із сировини ступінь впливу цього параметру на інтенсивність знижується. Характер кривих сушіння є однаковим і рекомендованим для отримання модифікованого борошна є тривалість процесу 300 хв або 5 годин. Мікроскопічно було визначено, що зразки сушеного борошна пшеничного мають цілі та частково зруйновані крохмальні гранули і аморфізацію біокомпонентних матеріалів. На основі даних з кінетики сушіння зразків борошна розраховано кінетичні коефіцієнти та значення критично граничного вологовмісту для сушіння борошна пшеничного, яке становить 1,18-1,30 %. Визначено, що за оргонолептичними показниками отримані зразки мають показники властиві сортовим особливостям пшениці, з якої було отримано борошно. За фізико-хімічними показниками зразки борошна модифікованого пшеничного не поступається відомому промислового зразку екструдованого борошна. **Висновки.** Використання борошна, отриманого з пшениці із різним співвідношенням амілози й амілопектину, позитивно впливає на технологічний процес та дозволяє розширити асортимент модифікованих крохмалепродуктів, і відповідно, харчових продуктів. Досліджено кінетику конвективного сушіння зразків борошна. Дослідження показали, що отримане фізичномодифіковане борошно із різних сортів пшениці м'якої не поступається за показниками якості екструдованому борошну пшеничному.

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

RESEARCH OF DRYING KINETICS OF PREPARED WHEAT FLOUR

*Liubomyr Khomichak*¹, 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 Kuznietsova*¹, D-r of Sciences, Agriculture, Sen. Res., Dep. Head of Department,
<https://orcid.org/0000-0001-8530-2099>

*Svetlana Vysotska*², Postgraduate, Junior Researcher
<https://orcid.org/0000-0001-7686-9800>

*Sergiy Tkachenko*¹, PhD, Technics, 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/foodresources2021-16-20>

Introduction. Processing of grain raw material with influence on starch or albumens by application of heat treatment creates the variety of functional properties of a product and is perspective in the modern terms vital functions of man. **Research methods and methods.** The 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) were used in the study. 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.** The obtained kinetic dependence shows the gradual loss of moisture standards with different speed which accordingly influences on duration of drying. The moisture content of the drying agent most affects the intensity at the initial stage of the constant drying rate. With an increase in the moisture content of the coolant, the period of constant drying increases and the amount of evaporated moisture increases during this period. With the subsequent removal of moisture from raw materials, the degree of influence of this parameter on the intensity decreases. The nature of the drying curves is the same and the recommended process for obtaining modified flour is the process duration of 300 minutes or 5 hours. It was determined microscopically, that the samples of dried wheat flour have a purpose and are partially destroyed by starch granules and amorphization of biocomposite materials. Based on the data on the kinetics of drying flour samples, the kinetic coefficients and values of the critical moisture content for drying wheat flour were calculated, which is 1.18-1.30 %. It was determined that for the sensorial indicators the obtained samples have indicators characteristic of the varietal characteristics of wheat, from which the flour was taken. In terms of physical and chemical parameters, the modified wheat flour samples are not inferior to the well-known industrial sample of extruded flour. **Conclusions.** Use of flour, obtained from the wheat with different correlation of amilose and amylopectin, positively influences on a technological process and allows to extend the assortment of modified starch products, and accordingly, food products. Kinetics of the convective drying standards of the flour is investigated. Researches showed that a it is physically modified flour obtained from the different sorts of the soft wheat is not inferior in quality to the extruded wheat flour.

Keywords: wheat, starch granules, swelling, modified flour

Вступ. Із впровадженням сучасних технологій вирощування зернових культур та в умовах зміни клімату, все більше постає питання якості отриманого зерна пшениці. Це сприяє розвитку напряму виробництва харчових інгредієнтів, з яких провідну роль займають модифіковані продукти отримані шляхом використання Бюлерової системи екструзії. Новим і маловідомим на ринку крохмалепродуктів є борошно модифіковане, яке

отримують із борошна зернових культур. Його застосування сприяє покращенню смакових і структурних властивостей борошняних виробів, подовжує термін їх зберігання.

Відомими в дослідженні технологічних особливостей отримання модифікованих крохмалепродуктів є праці вчених провідних науково-дослідних установ світу: Інституту переробки зерна, Центрального інституту харчування Академії наук Німеччини, НВО з крохмалопродуктів, а також науково-дослідних інститутів Чехії, Швейцарії і Японії. Вивченню процесів модифікації крохмалю та їх застосуванню у виробництві харчових продуктів присвячені праці багатьох вчених: Adzahan N. M. [1], Hung P. V., Maeda T., Morita N. [2, 3], Jeon Y. J., Vasanthan T., Temelli F., Song B. K. [4], Abbas K. A., Sahar K. Khalil, Anis Shobirin Meor Hussin [5], Perry P.A. [6], Ковбаси В.М. [7], Штангесвої Н.І., Грабовської О.В., Кузнецової І.В. [8] та інших. Водночас мало присвячено досліджень процесу термічного оброблення крохмалю в сировині, а саме в борошні пшеничному. Переробка зернової сировини із впливом на крохмаль або білки шляхом застосування термічного оброблення створює різноманітність функціональних властивостей продукту і є перспективним в сучасних умовах життєдіяльності людини.

Метою роботи було дослідження кінетики термічного оброблення зразків борошна пшеничного шляхом конвективного сушіння.

Методика досліджень. В дослідженні використовували борошно отримане з пшениці м'якої сорту Асканійська і борошно отримане з пшениці м'якої сортів селекції Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннезнавства: Софійка (рис. 1а), Білява (рис. 1б) і Чорноброва (рис. 1в).

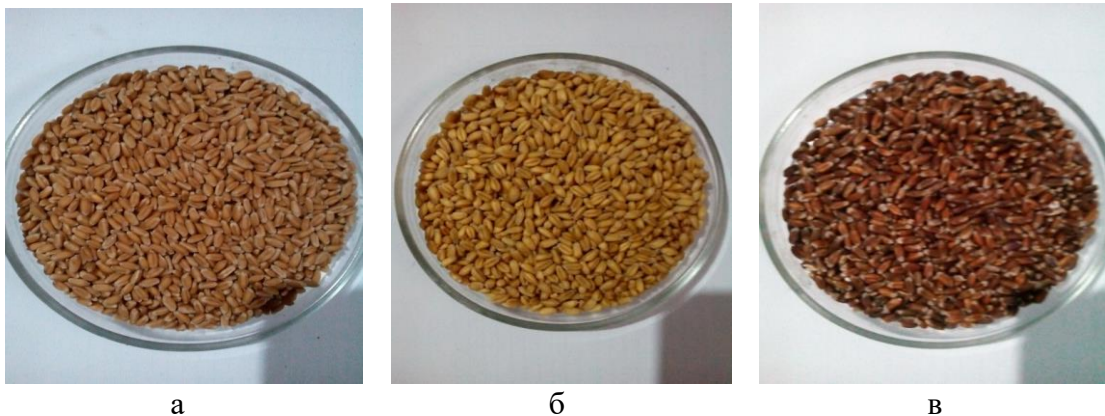


Рис. 1. Зерно пшениці м'якої: а - Софійка, б - Білява і в – Чорноброва

Здійснювали підготовку зразків борошна способом заварювання і сушили на експериментальному стенді конвективної сушарки в Інституті технічної теплофізики НАН України. Визначення критичної вологості, тривалості та коефіцієнта сушіння здійснювали графічно-аналітичним методом, запропонованим А.В. Ликовим.

Дослідження фізико-хімічних показників зразків модифікованого борошна пшеничного здійснювали за допомогою загальноприйнятих стандартизованих методик, а саме вміст: гігроскопічної води – прискореним методом [9], крохмалю – методом Еверса [10], золи – методом озолення без прискорювача [10], вміст білка – методом К'єндаля [10], вміст жиру - методом відстоювання за допомогою діетилового ефіру [11], вміст клітковини - [9]. Контрольним зразком для визначення показників якості є отримане в промислових умовах екструдоване борошно пшеничне вироблене ТОВ "АС груп, ЛТД" (Київська обл.).

Результати досліджень. Підготовлені зразки борошна способом заварювання сушили в конвективній сушарці. Кінетика конвективного сушіння підготовлених зразків борошна пшеничного із різною структурою крохмальних гранул представлено на рис. 2.

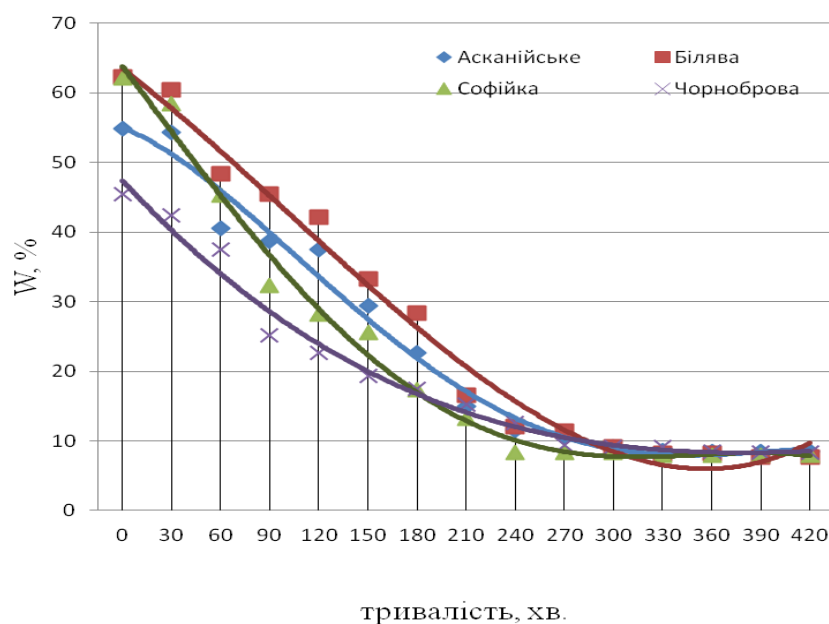


Рис. 2. Кінетика сушіння підготовлених зразків борошна

Отримана кінетична залежність показує поступову втрату вологи зразками із різною швидкістю, що відповідно впливає на тривалість сушіння. Вологовміст сушильного агенту найбільше впливає на інтенсивність на початковій стадії постійної швидкості сушіння. За збільшення вологовмісту теплоносія період постійної сушки збільшується і кількість випареної вологи в цей період зростає. Із подальшим вилученням вологи із сировини ступінь впливу цього параметру на інтенсивність знижується. З рис. 1 видно, що сушіння відбувається у три етапи (табл. 1).

Таблиця 1

Етапи конвективного сушіння зразків борошна

Температура, °C	Вологовміст, %		
	I	II	III
Асканійське	54,9-22,6	22,6-8,6	8,6-8,5
Білява	62,2-28,4	28,4-8,2	8,2-7,7
Софійка	62,1-17,4	17,4-8,3	8,3-7,9
Чорноброва	45,5-15,3	15,3-9,1	9,1-8,4

I етап починається для кожного зразка є різним і відносно тривалим та характеризує період прогрівання сировини з вилученням основної маси вільної вологи. Швидкість сушіння зростає і досягає максимально можливого значення. II період є коротким періодом і наближається до максимального значення швидкості сушіння, що характеризує швидкість зовнішньої дифузії. В цей же період зростає швидкість руху внутрішньої вологи до поверхні часток борошна. Гранічний перехід з II до III періоду (точка від якої знижується швидкість сушіння) характеризує внутрішню дифузію вологи та рівномірність процесу. Завершення III періоду сушіння характеризується видаленням частини вологи з капілярів часток борошна. Внутріклітинна волога приходить в рух і в цей час стінки клітин мають високу проникність для вологи або водяного пару. Тобто в цей період можливий процес адсорбції певної кількості вологи з перенасиченого повітря поверхнею часток борошна [12]. За експериментальними даними отримано поліноміальні рівняння, що описують процес сушіння (табл. 2).

Таблиця 2

Поліномінальні рівняння кінетики сушіння підготовленого борошна пшеничного

Зразок борошна з пшениці сорту	Поліномінальне рівняння	Коефіцієнт апроксимації (R ²)
Асканійське	$W_a = -0,0038\tau^4 + 0,1432\tau^3 - 1,4793\tau^2 - 0,3193\tau + 56,676$	0,9835
Софійка	$W_c = 0,4735\tau^2 - 11,391\tau + 74,616$	0,9863
Білява	$W_b = 0,03\tau^3 - 0,3945\tau^2 - 4,7556\tau + 68,608$	0,9862
Чорноброва	$W_{\text{ч}} = -0,0089\tau^3 + 0,4963\tau^2 - 8,5742\tau + 55,492$	0,9837

Всі зразки мають наближене значення коефіцієнта апроксимації, що свідчить про однаковий зв'язок між тривалістю вилучення вологи із рослинної сировини та її вмістом. Характер кривих сушіння є однаковим і рекомендованим для отримання модифікованого борошна є тривалість процесу 300 хв або 5 годин. Мікроскопічно було визначено, що зразки сушеного борошна пшеничного мають цілі та частково зруйновані крохмальні гранули і аморфізацію біокомполітичних матеріалів. Результати досліджень з визначення критичної вологості, тривалості та коефіцієнта сушіння (рис. 3) подано як графічну залежність: $\text{Lg}(W-W_r) = f(\tau)$.

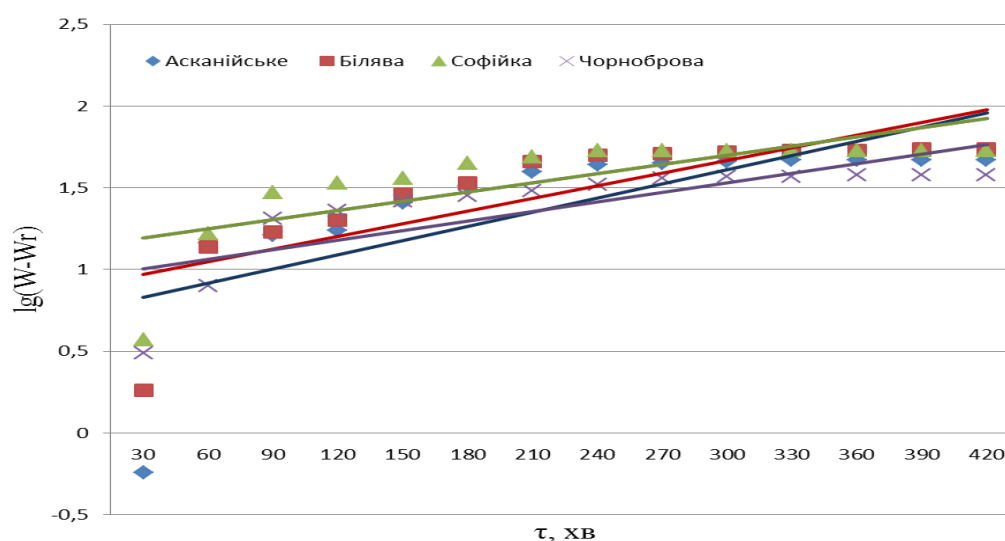


Рис. 3. Логарифмічна залежність кінетики сушіння БМП

За графічною залежністю визначили кінетичний коефіцієнт $\ln(a)$, коефіцієнт α як тангенс кута нахилу прямої до абсциси [13] та розраховали критичний граничний вологовміст (C , %). Таким чином, кінетичні коефіцієнти та критичний вологовміст сушіння крохмальної суспензії мають значення, які представлені в таблиці 3.

Таблиця 3

Кінематичні коефіцієнти сушіння та критичний граничний вологовміст борошна модифікованого пшеничного

Зразок борошна, %	$a(1/\text{м})$	$\ln(a)$	$\alpha(1/c)$	C , %
Асканійське	0,070	-2,66	0,118	1,18
Софійка	0,023	-3,77	0,125	1,25
Білява	0,020	-3,91	0,130	1,30
Чорноброва	0,030	-3,51	0,119	1,19

Після обрахунку визначено, що критично граничним вологовмістом для сушіння борошна пшеничного є 1,18-1,30 %, після чого починається процес згорання рослинної тканини. На рис. 4 представлено отримані зразки борошна пшеничного після конвективного сушіння. Відмінними за кольором були зразки із зміненою структурою крохмале-білкової матриці і борошна, отриманого з пшениці типу "Ваксі".

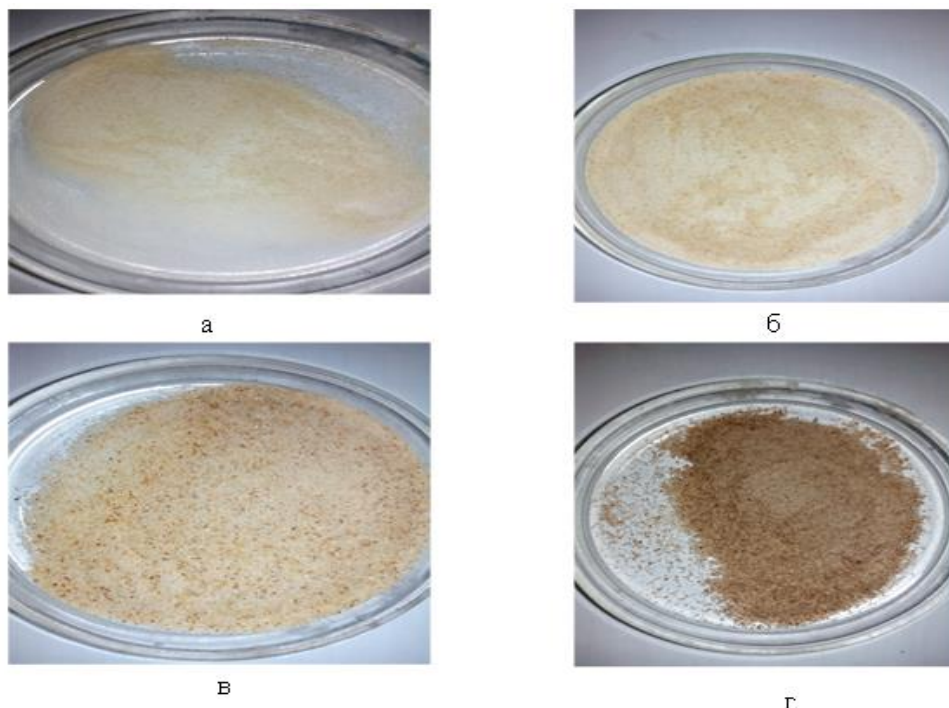


Рис. 4. Зрази борошна пшеничного після конвективного сушіння, отриманих з сортів пшениці м'якої: а – Асканійське, б – Софійка, в – Білява, г – Чорноброва

Органолептичні показники отриманих зразків борошна модифікованого пшеничного (БМП) представлено в таблиці 4.

Таблиця 4

Органолептичні показники БМП

Показник	Характеристика для				
	Екструдоване	Модифіковане конвективним способом			
		Асканійське	Софійка	Білява	Чорноброва
Зовнішній вигляд	Однорідний порошок	Однорідний порошок			
Смак і запах	Властивий для культури	Властивий для сорту культури			
Колір	Білий	Білий	Білий	Білий	Світло-коричневий, коричневий (властивий для даного типу зернових)
Ступінь набухання, см ³ /г	8,8	9,2	15,8	13,6	14,6
Вміст сторонніх домішок, ураженість та ушкодження шкідниками хлібних запасів	Відсутні	Відсутні			
Масова частка металодомішок, %	Відсутні	Відсутні			

Такі зразки мали вищий показник ступеня набухання (13,6-15,8 см³/г), що свідчить про перспективність застосування такого борошна в рецептурі борошняних виробів кондитерського напрямку.

Частково визначення фізико-хімічних показників якості отриманих зразків борошна модифікованого нами вивчалась раніше [14], проте більш повний аналіз представлено в таблиці 5.

Таблиця 5

Фізико-хімічні показники якості зразків борошна пшеничного

Показник	Борошно пшеничне								
	Екструдоване (контроль)	Асканійське		Софійка		Білява		Чорноброва	
		нативне	модифіковане	нативне	модифіковане	нативне	модифіковане	нативне	модифіковане
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 золи, % (550°C)	1,80	1,78	1,76	1,93	1,87	1,86	1,84	1,94	1,93
Вміст білка, %	11,75	11,60	11,42	9,96	9,74	10,66	8,31	11,84	10,55
Вміст жиру, %	2,2	1,9	1,8	2,0	2,1	1,4	1,5	2,1	2,0
Вміст клітковини, %	6,4	6,5	6,4	6,8	6,7	6,2	6,1	7,8	7,7

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 борошна модифікованого отриманого з цього сорту на 4-9 %. Невисокий вміст крохмалю (52,4%) борошна модифікованого з сорту пшениці м'якої Чорноброва в поєднанні з високим умістом антиоксидантів, вітамінів та мінералів у зерні сприяє застосуванню такого фізично модифікованого борошна у виробництві низькокалорійних борошняних виробів підвищеної біологічної цінності.

За фізичної модифікації найменше знижується показник крохмалю в борошні з пшениці сорту Чорноброва (на 3,61 %) і найбільше з сорту Білява (на 4,5 %). Наближеними є значення золи в зразках борошна до і після термооброблення. Водночас більший вміст золи мають зразки борошна отриманого із сортів пшениці Асканійське та Чорноброва. Незначно змінюються значення показників вмісту білка, жиру та клітковини, що пояснюється частковим розкладанням за термічного оброблення зразків борошна.

Висновки. Використання борошна, отриманого з пшениці із різним співвідношенням амілози й амілопектину, позитивно впливає на технологічний процес та дозволяє розширити асортимент модифікованих крохмалепродуктів, і відповідно, харчових продуктів. Досліджено кінетику конвективного сушіння зразків борошна та визначено, що для отримання борошна модифікованого необхідно здійснювати конвективне сушіння підготовлених зразків за конвективним принципом за двох стадійного температурного режиму – за температури 110-120 °C впродовж 30-45 хв та за температури до 60-65 °C до отримання продукту – борошно модифіковане із вмістом сухих речовин 6-10 %. Визначено кінетичні коефіцієнти процесу сушіння та граничний

вологовміст продукту, що для зразків БМП становить 1,18-1,30 %. За показниками якості, отримані зразки БМП не поступаються екструдованому.

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. 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. Trends in Food Science & Technology. 2006. 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. Trends in Food Science & Technology. 2006. 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. Food Research International. 2003. V.36(4). P. 349-355.
5. Abbas K.A., Sahar K. Khalil, Anis Shobirin Meor Hussin. Modified Starches and Their Usages in Selected. Food Products: A Review Study Journal of Agricultural Science. 2010. Vol. 2, No. 2. P. 90-100.
6. Perry P.A., Donald A.M. The effects of low temperatures on starch granule structure. Polymer. 2000. No. 41. P.6361-6376.
7. 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. URL http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khnit_2011_2_22.
8. Грабовська О.В., Кузнецова І.В., Штангеева Н.І., Мельник Л.М. Дослідження способів підготовки крохмалевмісної сировини до ферментативного гідролізу. Праці НУХТ. 2002. №12. С. 81-83.
9. Скалецька Л.Ф., Подпратов Г.І., Завадська О.В. Методи досліджень рослинницької сировини. Лаб. практикум. К.: 2009. 242 с.
10. 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.
11. Бурштейн А.И. Методы исследования пищевых продуктов. К.: Госмедиздат УССР, 1963.643с.
12. Потапов В.О., Єфремов Ю.І., Михайлова С.В. Дослідження процесів вакуумного мікрохвильового концентрування та сушіння пряної сировини. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2014. №1/10(67). 36–40 с.
13. Кіндзера Д.П., Атаманюк В.М., Микичак Б.М., Уткіна О.В. Моделювання тепло-масообмінних процесів під час фільтраційного сушіння струганого березового шпону. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Хімія, технологія речовин та їх застосування, 2014. № 787. с. 319-323.
14. Кузнецова І.В., Хомічак Л.М., Зайчук Л.П., Ткаченко С.В., Висоцька С.І. Вивчення зміни крохмалю за процесу модифікації борошна пшеничного. Продовольчі ресурси. 2020. №.14. С. 110-117.

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. V. Maeda T., Morita N. (2006) 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. *Trends in Food Science & Technology*. V.17. P. 591-599.
4. Jeon Y. J., Vasanthan 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. *Food Research International*, V.36(4). P. 349-355.
5. Abbas K. A., Sahar K. K., Anis Shobirin M. H. (2010) 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. (2000) The effects of low temperatures on starch granule structure. *Polymer*. № 41. P.6361-6376.
7. Shulha O., Kovbasa V., Shulha S. (2011) Vplyv protsesu ekstruzii na krokhmal ekstruziinykh kartople produktiv. [Influence of extrusion process on starch extruded potato products]. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*. [Food science and technology] № 2. 60-62 p. URL http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khnit_2011_2_22. [in Ukrainian]
8. Hrabovska O., Kuznietsova I., Shtanheieva N., Melnik L. (2002) Doslidzhennia sposobiv pidgotovky krokhmalevmisnoi syrovyny do fermentatyvnoho hidrolizu. [Research of methods of preparation of starch-containing raw materials for enzymatic hydrolysis.] *Pratsi NUKhT*. [Labours of NUKHT] №12. S. 81-83. [in Ukrainian]
9. Skaletska L., Podpriatov H., Zavadaska O. (2009) Metody doslidzhen roslynnytskoi syrovyny [Methods of researches of plant-grower raw material] lab. praktykum. [Lub. practical work] K. 242 s. [in Ukrainian]
10. Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslynnytstva. [Method of leadthrough of qualifying examination of sorts of plants on a fitness to distribution in Ukraine. Methods of determination of indexes of quality of products of plant-grower] *Ukrainskyi instytut ekspertyzy sortiv roslyn* [Ukrainian institute of examination of sorts of plants] 158 s. [in Ukrainian]
11. Burshtejn A. (1963) Metody issledovaniya pishchevyh produktov. [Metody researches of food products]. K.: goskmedizdat USSR, 643s. [in Russian]
12. Potapov V., Ćfremov YU., Mihajlova S. (2014) Doslidzhennya procesiv vakuumnogo mikrohvil'ovogo koncentruvannya ta sushinnya pryanoï sirovini. [Research of processes of a vacuum microwave concentration and drying of spicy raw material.] *Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tekhnologij*. [Vostochno-evropeyskiy magazine of front-rank technologiesin] №1/10(67). S. 36–40. [in Ukrainian]
13. Kindzera D., Atamanyuk V., Mikichak B., Utkina O. (2014) Modelyuvannya teplo-masoobminnih procesiv pid chas fil'tracijnogo sushinnya struganogo berezovogo shponu. [Modeling of heat and mass transfer processes during filtration drying of planed birch veneer] *Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika"*. *Khimiia, tekhnolohiia rechovyn ta yikh zastosuvannya* [Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic". Chemistry, technology of substances and their application]. № 787. c. 319-323. [in Ukrainian]
14. Kuznietsova I., Khomichak L., Zaichuk L., Tkachenko S., Vysotska S. (2020) Vyvchennia zminy krokhmaliiu za protsesu modyfikatsii boroshna pshenychnoho. [A study of change of starch is at the process of modification of flour a wheat] *Prodovol'chi resursi*. [Food resources] №.14. C. 110-117. [in Ukrainian]