

УДК 635.078

ОТРИМАННЯ ПОРОШКУ ГАРБУЗА СУШЕНОГО

*Кузнєцова І. В., д.с.-г.н., с.н.с.**заступник академіка-секретаря Відділення рослинництва
Національна академія аграрних наук України, м. Київ, Україна*

ORCID ID: 0000-0001-8530-2099

*Ярмолюк М. А., аспірант, м.н.с.**Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна*

ORCID ID: 0000-0002-0315-9418

<https://doi.org/10.31073/foodresources2019-13-10>

Новим для українського ринку є порошок, отриманий за сушіння подрібненого гарбуза мускатного. Удосконалення та вивчення способу сушіння забезпечить отримання продукту високої поживної цінності. **Методи та методика досліджень.** У дослідженнях використовували гарбуз мускатний, який нарізали розміром 15×15 мм. Сушили подрібнений гарбуз у конвективній сушарці із застосуванням чистого повітря ($d=10$ г/кг сухого повітря) за температур теплоносія 40, 60 і 80 °С і швидкості його руху 2,5 м/с. Отримані сушені зразки гарбуза мускатного з масовою часткою сухих речовин 6,8-7,2% подрібнювали на кульовому млині до порошкоподібного стану. Оцінку якості отриманої продукції здійснювали згідно чинних методик. **Результати досліджень.** Зразки гарбуза сушилися впродовж 250 хв. Отримані кінетичні залежності показують рівномірне видалення основної вологи упродовж 180 хв. Крайчим за показниками якості був зразок отриманий за температури сушіння 60°С. При цьому, середній коефіцієнт дифузії становить $(0,253 \div 0,877) \times 10^4$ м²/хв., відносний коефіцієнт дифузії становить 0,112–0,194. Порошок, отриманий з гарбуза мускатного сушеного, являє собою дрібнодисперсний порошок із кутом дійсного ухилу 38, насипною щільністю – 0,09 г/см³, сипкістю – 16, коефіцієнтом водопоглинання 0,76 і ступенем набухання 0,80. **Висновки.** Показано, що гарбуз мускатний є перспективним джерелом каратину. Вивчено кінетику сушіння подрібненого гарбуза мускатного з отриманням продукції граничної вологості та розраховано середній коефіцієнт дифузії, становить $(0,253 \div 0,877) \times 10^4$ м²/хв. і відносний коефіцієнт дифузії – 0,112–0,194. Встановлено технологічну оцінку порошку гарбуза мускатного сушеного, що є перспективною сировиною для виробництва харчових продуктів з підвищеною біологічної цінності. Обґрунтовано, що оптимальною температурою сушіння в конвективній сушарці гарбуза мускатного є температура 60°С.

Ключові слова: гарбуз мускатний, крохмальні гранули, технологічна оцінка, сушіння

PREPARATION OF DRIED PUMPKIN POWDER

Kuznetsova Inga, D-r of Science, Agricultural, Senior Researcher
Deputy Academician-Secretary of the Plant Production Department
National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine, Kyiv

ORCID ID: 0000-0001-8530-2099

Yarmolyuk Maria, Postgraduate, Junior Researcher
Institute of Food Resources NAAS, Kyiv, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-0315-9418

<https://doi.org/10.31073/foodresources2019-13-10>

New for the Ukrainian market is the powder obtained from drying the crushed musky pumpkin. Improvement and learning of the method of drying will provide a product of high nutritional value. **Research methods and methods.** In the studies used a musky pumpkin, which was cut to a size of 15 × 15 mm. The crushed pumpkin was dried in a convective dryer using clean air ($d = 10 \text{ g / kg dry air}$) at temperatures of the coolant 40, 60 and 80 ° C and its velocity 2.5 m / s. The obtained dried samples of musky pumpkin with a mass fraction of solids of 6.8–7.2% were ground on a ball mill to a powdered state. The quality of the obtained products was evaluated according to the applicable methods. **Research results.** Pumpkin samples were dried for 250 min. The kinetic dependences obtained show a uniform removal of basic moisture for 180 min. The sample was best quality obtained at a drying temperature of 60° C. The mean diffusion coefficient is $(0,253–0,877) \times 104 \text{ m}^2 / \text{min}$, the relative diffusion coefficient is 0,112–0,194. The powder obtained from pumpkin dried mushrooms is a fine powder with an angle of true slope 38, a bulk density of 0.09 g / cm³, bulk - 16, a coefficient of water absorption of 0.76 and a degree of swelling of 0.80. **Conclusions.** Muscat pumpkin is shown to be a promising source of carotene. The kinetics of drying the crushed nutmeg pumpkin with obtaining the maximum moisture content was studied and the average diffusion coefficient was calculated $(0.253–0.877) \times 104 \text{ m}^2 / \text{min}$. and the relative diffusion coefficient is 0.112–0.194. Technological evaluation of mushroom dried pumpkin powder has been established, which is a promising raw material for food production with high biological value. It is substantiated that the temperature of 60° C is the optimal drying temperature in a convective dryer of musky pumpkin.

Keywords: pumpkin nutmeg, starch granules, technological evaluation, drying

Вступ. Останнім часом до раціону населення, здебільшого, входять прості вуглеводи, їжа швидкого приготування – тоді як дефіцитними є білки, вітаміни та біологічно активні речовини. Для забезпечення здорового харчування необхідно створити продукти підвищеної біологічної цінності, які були б доступні як для роздрібної торгівлі так і для закладів громадського харчування. В цьому напрямі набувають актуальності використання гарбуза мускатного як каратиновмісної сировини. Відомими є 5 видів гарбуза: твердокорий (*Cucurbita pepo* L.) – з Північної Америки; великоплідний (*Cucurbita maxima* Duch.) – з Південної Америки; мускатний (*Cucurbita moschata* Duch. ExPoir.) – з Центральної Америки; фіголистий (*Cucurbita ficifolia* Bouche) – з Центральної і Південної Америки; срібно-сріблястий (*Cucurbita mixta* Pang.) – з Центральної Америки [1]. І тільки вид гарбуза мускатного є каратиновмісним і використовується в харчуванні людини.

Кращі сорти гарбуза містять до 30% сухої речовини, 12% цукрів, 36 мг% каротину. Плоди містять клітковину, пектин, калій, магній, залізо і мікроелементи, біологічно активні речовини, в тому числі гідроксикоричні кислоти, флавоноїди, каротиноїди [2, 3]. М'якоть плодів гарбузу є промисловим джерелом отримання каротину та містять до 6 мг% каротину, що у п'ять разів більше, ніж у моркви, та втричі більше, ніж у яловичій печінці

[4]. Плід гарбуза корисний людям, які страждають анемією, гіпертонією, захворюваннями серцево-судинної системи та шлунково-кишкового тракту з підвищеною кислотністю. Харчові волокна, що містяться в гарбузі, сприяють виведенню з організму токсичних речовин і холестерину [5].

Отже, для розроблення рецептур харчових продуктів, збагачених біологічно корисними сполуками, перспективним напрямом є розроблення технологічних основ отримання сушеного гарбуза мускатного для подальшого використання в харчовій промисловості [6, 7].

Метою роботи є дослідження процесу сушіння гарбуза мускатного та отримання порошку.

Матеріали і методи. У дослідженнях використовували гарбуз мускатний, який нарізали розміром 15×15 мм. Сушили подрібнений гарбуз у конвективній сушарці із застосуванням чистого повітря ($d=10$ г/кг сухого повітря) за температур теплосія 40, 60 і 80 °С і швидкості його руху 2,5 м/с. Отримані сушені зразки гарбуза мускатного з масовою часткою сухих речовин 6,8-7,2% подрібнювали на кульовому млині до порошкоподібного стану. Оцінку якості отриманої продукції здійснювали згідно чинних методик.

Результати. Зразки гарбуза сушилися впродовж 250 хв. Водночас досягнення значення граничного вологовмісту для всіх зразків була різною (рис. 1). Отримані кінетичні залежності показують рівномірне видалення основної вологи упродовж 180 хв.

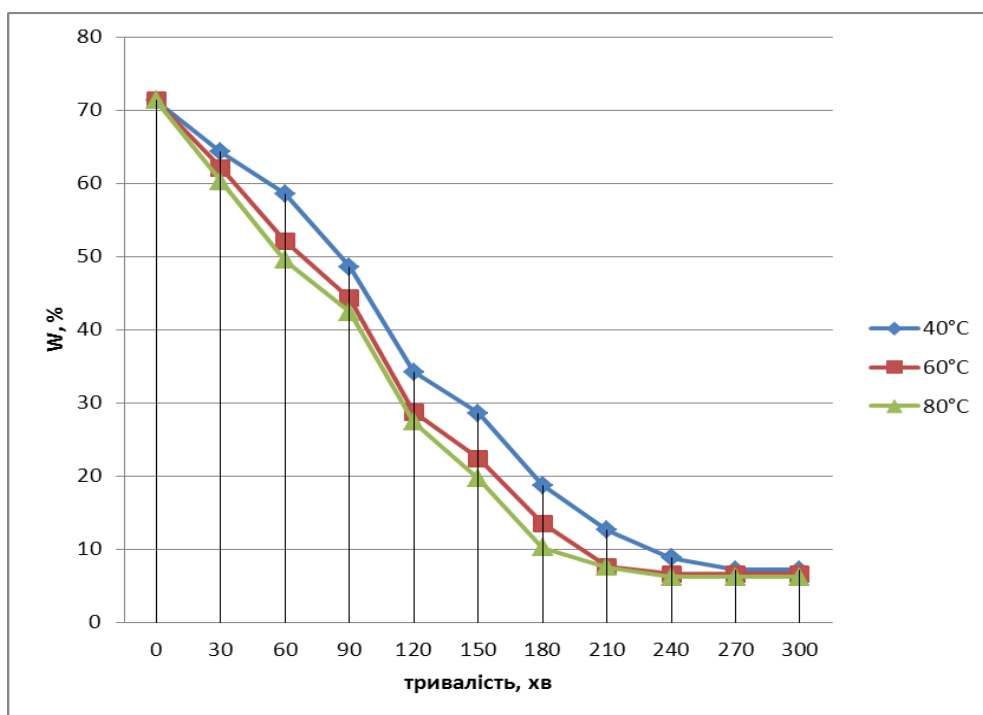


Рис. 1. Кінетика сушіння подрібненого гарбуза мускатного

За температури сушіння 40°C зразок досяг значення граничного вологовмісту за 225 хв. Кращим за показниками якості був зразок отриманий за температури сушіння 60°C. Поліноміальні рівняння, які отримані за експериментальними даними сушіння представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

Поліноміальні рівняння сушіння подрібненого гарбуза мускатного за різних температур

Температура сушіння, °C	y	x	Поліноміальне рівняння	Коефіцієнт апроксимації
40 (зразок 1)	Вологовміст, %	Тривалість, хв	$y = 0,4776x^2 - 12,875x + 88,016$	$R^2 = 0,9841$
60 (зразок 2)			$y = 0,7072x^2 - 15,492x + 89,675$	$R^2 = 0,9879$
80 (зразок 3)			$y = 0,7832x^2 - 16,297x + 89,644$	$R^2 = 0,9896$

Середній коефіцієнт дифузії (табл. 2) становить $(0,253-0,877) \times 10^4$ м²/хв., відносний коефіцієнт дифузії становить 0,112–0,194.

Характер зміни коефіцієнту дифузії за 80 °C та, відповідно, підвищення значення відносного коефіцієнту дифузії до 0,128 показує початкову абсорбцію вологи. Отже, відбувається частково зворотній процес, коли частина вологи (0,2%) повертається у граничний шар сировини.

Таблиця 2

Вплив температури сушіння на зміну дифузії вологи з листя

Температура сушіння, °C	Тривалість, хв.	Масова частка вологи після сушіння, %	Середній коефіцієнт дифузії вологи (D) $\times 10^4$, м ² /хв.	Відносний коефіцієнт дифузії вологи (D _в)
40	260	7,2	0,253	0,194
60	225	6,6	0,453	0,112
80	225	6,2	0,877	0,128

Найкращим визначено зразок гарбуза сушеного за температури 60 °C, який мав кращі органолептичні показники. Отриманий зразок гарбуза сушеного подрібнювали для отримання порошку.

Коефіцієнти достовірності апроксимації для всіх зразків наближені і становлять близько 0,99, що показує міцніший зв'язок між ступенем вилучення вологи і тривалістю його сушіння.

Органолептична оцінка отриманих зразків представлена в таблиці 4.

Таблиця 4

Органолептичні показники модифікованого борошна

Показник	Характеристика		
	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Зовнішній вигляд	Однорідний порошок	Однорідний порошок	Однорідний порошок
Смак і запах	властивий		
Колір	світло жовтого кольору	світло жовтого кольору	жовтого кольору з коричневими краплями
Вміст сторонніх домішок, %	відсутні		
Масова частка металодомішок, %	відсутні		

Відмічено, що отриманий зразки 1 і 2 має гарні органолептичні показники, ніж зразок 3. Отже, зразки 1 і 2 відповідають вимогам щодо показників органолептичної оцінки порівняно.

Встановлення технологічної оцінки порошку гарбуза сушеного сприяє ефективному зберіганню отриманої продукції та ритмічній роботі переробного підприємства. Експериментально визначено технологічні показники, які представлено в таблиці 5.

Вагомим технологічним показником є кут дійсного ухилу, який оцінює форму, розмір і когезійні властивості часток сировини. Нами встановлено, що отриманий зразок порошку гарбуза має кут дійсного ухилу – 38°.

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.

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 листової поверхні. Крім того, дані показники показують можливість застосування даної фракції [8] в подальшому для виробництва сухих біодобавок або сухих харчових продуктів.

Таблиця 5

Показники технологічної оцінки листків сушених

Дисперсність (δ), мм	Насипна щільність, г/см ³	Сипкість, г/с	Кут дійсного ухилу, °	Коефіцієнт поглинання	Ступінь набухання
0,5	0,09	16,8	38	0,76	0,80
HP ₀₅	0,37	0,36	0,24		0,32

Значення насипної маси фракцій залежить від щільності, пористості та вологовмісту і впливає на коефіцієнт щільності. Для дрібнодисперсної фракції порошку гарбуза загальна пористість становить 50-80% і залежить від розміру часток та форми. Чим менше щільність укладання тим більше пористість маси і її об'єм матриці. Така фракція має найгіршу ступінь поглинання через щільне стискання пор у більш вузьких місцях, що призводить до зменшення їх загального об'єму, збільшуючи тим самим «мертвий» поруватий простір та значення питомого опору шару рослинної сировини. Ефективна поверхня контакту рослинної сировини з екстрагентом при цьому зменшується, що призводить до погіршення масообміну.

Коефіцієнт водопоглинання, тобто кількість рідини, що утримується грамом рослинної сировини після віджимання у перфорованому стакані інфундирки, має для порошку гарбуза 0,76. Показник ступеня набухання дозволяє розрахувати необхідну введену кількість порошку як добавки з іншими компонентами у харчові продукти швидкого приготування.

Висновки. Показано, що гарбуз мускатний є перспективним джерелом каротину. Вивчено кінетику сушіння подрібненого гарбуза мускатного з отриманням продукції граничної вологості та розраховано середній коефіцієнт дифузії, становить $(0,253-0,877) \times 10^4$ м²/хв. і відносний коефіцієнт дифузії - 0,112–0,194. Встановлено технологічну оцінку порошку гарбуза мускатного сушеного, що є перспективною сировиною для виробництва харчових продуктів з підвищеною біологічною цінністю. Обґрунтовано, що оптимальною температурою сушіння в конвективній сушарці гарбуза мускатного є температура 60°C.

Бібліогрфія

1. Лікарські рослини. (Енциклопедичний довідник). Відп. ред. А. М. Гродзінський. К. Голов. ред. УРЕ. 1990. 544 с.
2. Бухарова, А. Р., Степанюк Н. В., Бухаров А. Ф. Химический анализ мякоти плодов тыквы крупноплодной на содержание низкомолекулярных антиоксидантов. Вестник РГАЗУ. 2014. № 17 (22). С. 13-17.
3. Бухарова, А. Р., Степанюк Н. В., Бухаров А. Ф. Содержание гидроксикоричных кислот и флавоноидов в семенах и мякоти плодов тыквы крупноплодной. Научное обеспечение отрасли овощеводства в современных условиях: сб. научн. трудов по материалам Международной научно-практической конф., посвященной 85-летию ВНИИО. М.: ФГБНУ ВНИИО. 2015. С.160-165.
4. Хусид С. Б., Петенко А. И., Жолобова И. С. и др. Изучение биологически активных соединений в семенах тыквы различных сортов. Научный журнал КубГАУ. 2014. № 96 (02). С. 1–10.
5. Хусид, С. Б., Петенко А. И., Жолобова И. С. Изучение морфологических показателей различных сортов тыквы, районированных в Краснодарском крае. Научный журнал КубГАУ. 2014. № 101 (07). С. 1–11.
6. Снежкін Ю. Ф., Петрова Ж. О. Теплообмінні процеси під час одержання каротиновмісних порошків. К.: Академперіодика, 2007. 160 с.
7. Хомічак Л. М., Петрова Ж. О., Кузнєцова І. В., Шейко Т. В., Ярмолук М. А. Інноваційні технології каротиновмісних харчових продуктів. XIV Міжнародна конференція «Стратегія якості в промисловості і освіті» (4-7 червня, 2018 г.), г. Варна, Болгарія. 2018. с. 130-134.
8. Петрова Ж. О. Створення енергоефективних теплотехнологій виробництва функціональних харчових порошків. автореф. на здобуття наук. ступеня докт. тех. наук. К. 2013. 41с.

References

1. Likarski roslyny. (Entsyklopedychnyi dovidnyk). [Medicinal plants. (Encyclopedic reference book)]. (1990). Ans. ed. A. M. Grodzinski. K. Golov. ed. URE. 1990. 544 p.
2. Bukharova, A., Stepanyuk N., Bukharov A. (2014). Khimicheskiy analiz myakoti plodov tykvy krupnoplodnoy na sodержaniye nizkomolekulyarnykh antioksidantov. [Chemical analysis of the pulp of large-fruited pumpkin fruits for the content of low molecular weight antioxidants]. Vestnyk RHAZU [Bulletin of RGAZU]. 2014. № 17 (22). P. 13-17.
3. Bukharova, A., Stepanyuk, N., Bukharov, A. (2015). Coderzhaniye gidroksikorichnykh kislot i flavonoidov v semenakh i myakoti plodov tykvy krupnoplodnoy. [The content of hydroxycinnamic acids and flavonoids in the seeds and pulp of large-fruited pumpkin fruits]. Nauchnoye obespecheniye otrasli ovoshchevodstva v sovremennykh usloviyakh: sb. nauchn. trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konf. posvyashchennoy 85-letiyu VNIIO [Scientific support for the vegetable industry in modern conditions: Sat. scientific proceedings based on the materials of the International Scientific and Practical Conf. dedicated to the 85th anniversary of VNIIO]. M.: FGBNU VNIIO. 2015. P.160-165.
4. Khusid S., Petenko A., Zholobova I. et al. (2014). Izucheniye biologicheskii aktivnykh soyedineniy v semenakh tykvy razlichnykh sortov. [The study of biologically active compounds in pumpkin seeds of various varieties]. Nauchnyy zhurnal KubGAU [Scientific journal KubSAU]. 2014. № 96 (02). P. 1-10.
5. Khusid, S., Petenko A., Zholobova I. (2014). Izucheniye morfologicheskikh pokazateley razlichnykh sortov tykvy. rayonirovannykh v Krasnodarskom krae. [The study of morphological parameters of various pumpkin varieties, zoned in the Krasnodar Territory]. Nauchnyy zhurnal KubGAU [Scientific journal KubSAU]. 2014. №. 101 (07). С. 1–11.

6. Snezhkin Yu., Petrova Zh. (2007). Teploobminni protsesi pid chas oderzhannya karotinovmisnikh poroshkiv [Heat exchange processes during the production of carotene-containing powders]. K.: Akadempriodika, 2007. 160 p.

7. Khomichak L., Petrova J., Kuznetsova I., Sheiko T., Yarmolyuk M. (2018). Innovatsiyni tekhnologii karotinovmisnikh kharchovikh produktiv. [Innovative technologies of carotene-containing foods]. XIV Mezhdunarodnaya konferentsiya «Strategiya kachestva v promyshlennosti i obrazovanii» [XIV International Conference "Quality Strategy in Industry and Education"] (June 4-7, 2018), Varna, Bulgaria. 2018 p. 130-134.