

**СТВОРЕННЯ ІНОВАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ
ХАРЧОВИХ І ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ**

8. Бурдо О.Г., Терзиев С.Г., Бандура В.Н., Яровой И.И. Механо-диффузионный эффект – новое явление в тепломассопереносе: ММФ. Минск, Беларусь. 2016, С. 224-228.

References

1. Fyloenko, H. K., Hryshyn, M. A., Holdenberh, Ya. M., & Kossek, V. K. (1971). Sushka pyshchevykh rastytelnykh materyalov. *Pyshchevaia promyshlennost*, 440.
2. Burych, O., & Berky, F. (1978). Sushka plodov y ovoshchei. M.: *Pyshchevaia promyshlennost*, 280.
3. Shivhare, U., Raghavan, V., Bosisio, R., & Giroux, M. (1993). Microwave drying of soybean at 2.45 GHz. *Journal of microwave power and electromagnetic energy*, 28(1), 11-17.
4. Burdo, O. H. (2015). Tekhnolohyyu napravlennoho enerhetycheskoho deistvyia v APK. *Naukovi pratsi [Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnolohii]*, (47 (1)), 4-10.
5. Snezhkyn, Yu. F., Boriak, L. A., & Khavyn, A. A. (2004). *Enerhosberehaiushchye teplotekhnolohyyu proyzvodstva pyshchevykh poroshkov yz vtorychnykh syrevykh resursov*. Kyev: Naukova dumka, 227.
6. Burdo, O. H. (2010). *Evolyutsiya sushylnykh ustanovok*, 368.
7. Bandura, V. M., Marencheko, O. I., Pylypenko, Ye. O., & Katasonov, O. V. (2017). Kinytyka sushinnia oliinoi syrovyny v elektromahnitnomu poli. *Naukovi pratsi ONAKhT*, 81(1), 94 - 99.
8. Burdo, O. G., Terziyev, S. G., Bandura, V.N., & Yarovoy, I. I. (2016). Mekhanodiffuzionnyy effekt – novoye yavleniye v teplomassopere-nose: *MMF. Minsk, Belarus'*, 224 - 228.

Cite as

Бандура В.М., Яровий І.І., Маренченко О. І., Пилипенко С.О. Апарати для сушіння рослинної сировини електромагнітним полем // *Наук. пр. / Одес. нац. акад. харч. технологій*. Одеса, 2018. Т. 82, вип. 2. С. 123 – 129.

Отримано в редакцію 05.10.2018

Прийнято до друку 02.11.2018

Received 05.10.2018

Approved 02.11.2018

УДК 664.8.047.014

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОМАСОБМІННИХ ПРОЦЕСІВ
СУШІННЯ НАСІННЯ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР
INVESTIGATION OF HEAT AND MASS TRANSFER PROCESSES
DURING DRYING OF SEEDS VEGETABLE CROPS**

Пазюк В. М., канд. техн. наук, с.н. с., доцент
Інститут технічної теплофізики НАН України
Paziuk V.M.

Institute Of Engineering Thermophysics Ukraine National Academy of Sciences

Copyright © 2018 by author and the journal «Scientific Works»

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

Анотація. Виробництво та зберігання високоякісного насіння – це одне з головних завдань суспільства, що передбачає вирішення питання продовольчої безпеки країни. Забезпечення країни посівним матеріалом та сировиною для переробної промисловості є необхідною умовою розвитку економіки.

Найближчі 100 років за даними ООН населення планети може збільшитись до 12 – 13 млрд. людей, що потребує збільшення виробництва зерна, зокрема пшениці до 1100 – 1200 млн.т. (виробництво зерна в 2017 році в світі склало 754 млн.т.). Відповідно, із-за збільшення виробництва зерна виникає потреба у якісному насіннєвому матеріалі.

СТВОРЕННЯ ІНОВАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ І ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ

При дослідженні тепломасообмінних процесів при сушінні насіння овочевих культур, вибрано насіння перцю, томату та гарбуза. Низькотемпературні режими сушіння насіння овочевих культур не завжди забезпечують високу схожість насіння, тому необхідно разом із дослідженнями кінетики процесу паралельно контролювати якісні характеристики насіннєвого матеріалу.

Для більш детального опису кінетики процесу сушіння насіння овочевих культур розроблений експериментальний конвективний сушильний стенд із автоматичною системою збором інформації. Сушіння в елементарному шарі дозволяє дослідити тепломасообмінні процеси, що виникають в окремому зерні.

Запропоновані режими сушіння більш повно відображають вплив температури теплоносія на кінетику та схожість насіння овочевих культур. Найбільш доцільно використовувати ступінчастий режим сушіння для насіння гарбуза, що забезпечує підвищення інтенсивності процесу та зниження енерговитрат.

Abstract. Production and storage of high quality seeds is one of the main tasks of the society, which involves solving the food security issue of the country. Providing the country with sowing material and raw materials for the processing industry is a prerequisite for economic development.

The next 100 years according to the UN population of the planet may increase to 12 to 13 billion people, which needs to increase the production of grain, in particular wheat to 1100 - 1200 million tons (grain production in 2017 in the world amounted to 754 million tons). Accordingly, due to increased grain production, there is a need for quality seed material.

The main segment of the market for sowing material in Ukraine is: grain crops – 53,2 %, oil – 33,3 %, vegetables – 13,5 %. Scientists have proved that the optimum of the productivity of the variety is in the range of 60 – 70 % of its potential yield, and 30 – 40 % remains in the reserve, which is enough to increase productivity in the event of favorable conditions. World practice and data from research institutes show that in general, the increase in the yield of vegetable crops by the share of the variety accounts for 25 to 50 %.

In the study of heat and mass transfer processes during the drying of vegetable seeds, seeds of pepper, tomato and pumpkin were selected. The low temperature modes of drying seeds of vegetable crops do not always ensure the high similarity of the seeds, therefore, together with the study of the kinetics of the process, it is necessary to simultaneously control the qualitative characteristics of the seed material.

For a more detailed description of the kinetics of the drying process of vegetable seeds, an experimental convective drying booth with an automatic information gathering system was developed. Drying in the elementary layer allows us to investigate the heat-mass-exchange processes occurring in a separate grain.

The proposed drying modes more fully reflect the effect of the temperature of the coolant on the kinetics and the similarity of the seeds of vegetable crops. It is most advisable to use a stepped drying mode for pumpkin seeds, which increases the intensity of the process and reduces energy consumption.

Ключові слова: класифікація, сушіння, конвективний стенд, схожість насіння, кінетика, температура насіння, тепломасообмін

Key words: classification, drying, convective stand, seed germination, kinetics, seed temperature, heat and mass transfer

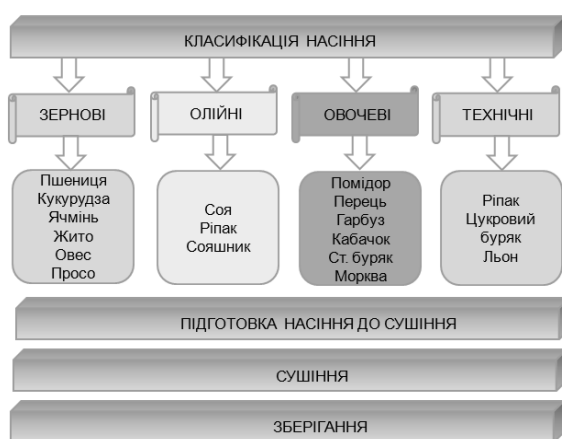


Рис. 1 - Загальна розроблена класифікація насіння

ти висновок, про необхідність проведення процесу сушіння насіння зернових культур при не високих температурах з нагрівання зерна до 45°C (рис. 2) [1-6].

Для сушіння насіння різних культур найбільш поширений конвективний спосіб сушіння, це пов'язано як із конструкцією сушарок, технологією сушіння, так і з якісними характеристиками самого матеріалу.

За класифікацією, що була розроблена, все насіння можна поділити на насіння зернових, олійних, овочевих та технічних культур (рис. 1).

Проблемою збереження насіннєвого матеріалу займаються як вітчизняні так і закордонні дослідники, найбільше досліджено насіння зернових та олійних культур, найменше публікацій зустрічається із сушіння насіння овочевих культур.

Провівши аналіз публікацій із сушіння зернових культур, таких авторів як Станкевича Г.М., Атаназевича В.І., Атаманюка В.М., Голика М.Г., Коваленко О.А., М. Soares, М. Markowsky та ін., можна зроби-

**СТВОРЕННЯ ІНОВАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ
ХАРЧОВИХ І ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ**

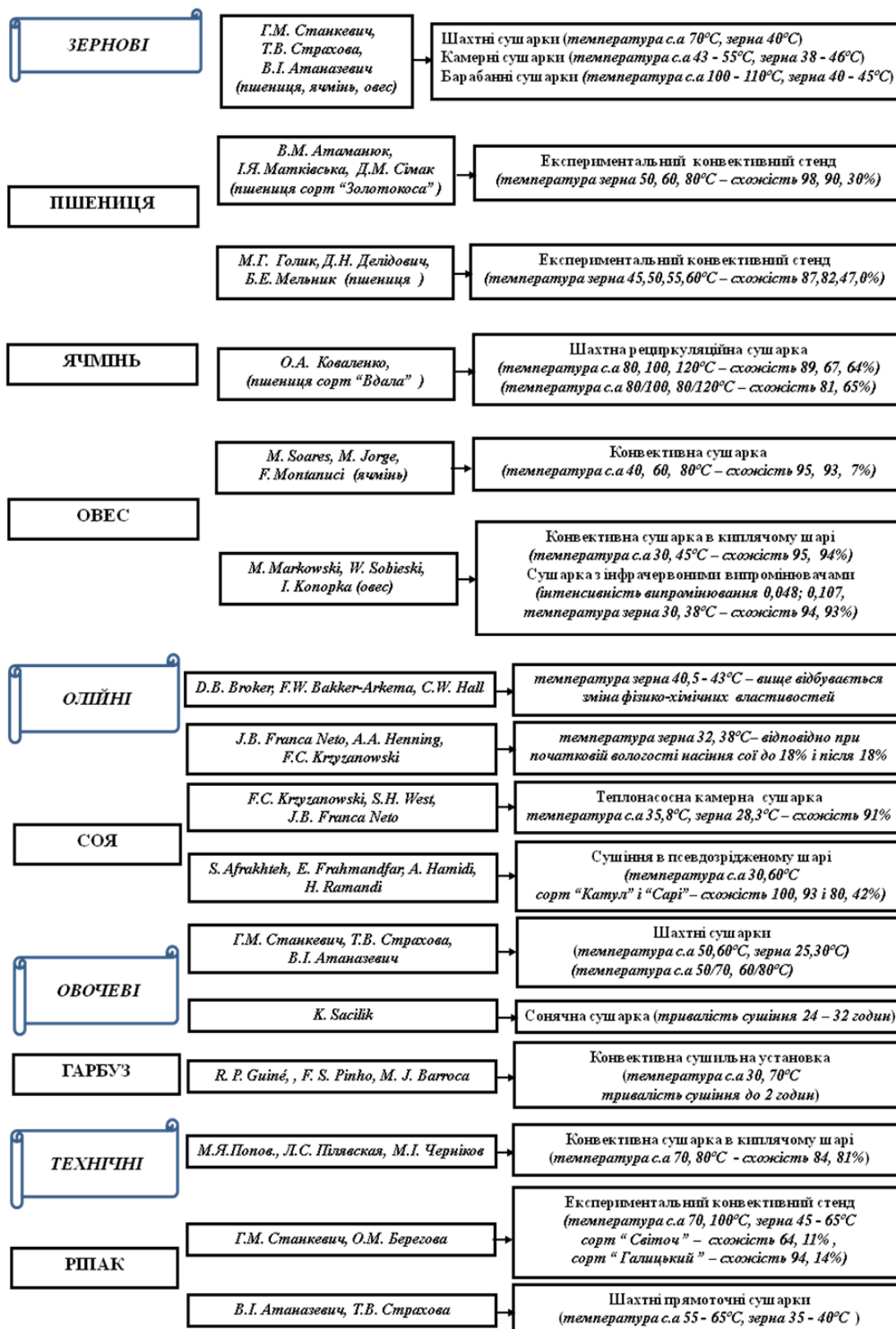


Рис. 2 - Режими сушіння зернових, олійних, овочевих та технічних культур

СТВОРЕННЯ ІНОВАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ І ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ

Температура сушильного агента в залежності від конструкції зерносушарки може коливатись від 80 °С і вище. Також при аналізі насінневих властивостей матеріалу має значення сортові ознаки насіння, зокрема термостійкість зерна.

В даних роботах для визначення режимів сушіння насіння зернових культур розглядаються як експериментальні конвективні стенди, так і промислові зерносушарки (шахтні, камерні, барабанні, в киплячому шарі та з інфрачервоними випромінювачами).

З досліджень сушіння насіння сої таких авторів, як Broker D.B. , J.B. Franca Neto, Krzyzanowski F.C., Afrakhteh S., Станкевича Г.М., Атаназевича В.І та ін., температура нагрівання матеріалу не повинна перевищувати 43°С [7 - 11].

Також проведені літературні дослідження овочевих та технічних культур на насінні гарбуза та ріпаку в експериментальних та промислових сушарок вказало на недопустимість перегрівання зерна вище 40 °С (В.І. Атаназевич, Т.В. Страхова) , хоча в залежності від сортових ознак є можливість підняття до 45°С (Г.М. Станкевич, О.М. Берегова) [1, 12 - 15].

Для визначення режимів сушіння насіння овочевих культур за об'єкт сушіння вибрано насіння томату, перцю та гарбуза.

Експериментальні дослідження насіння овочевих культур проведені на конвективному сушильному стенді. Експериментальний стенд складається із системи ізольованих повітропроводів з пристроями для нагрівання та циркуляції теплоносія, сушильних камер, вимірювальних схем та приладів для контролю параметрів процесу та вимірювання величин, які характеризують процес сушіння дослідного матеріалу [16]. Після встановлення на стенді заданого режиму дослідження, на штангу терезів в сушильній камері кладуть зразок дослідного матеріалу, та безперервно реєструють зменшення маси зразка в процесі сушіння за допомогою ваг AD-500, з'єднаних з комп'ютером. Температура повітря в сушильній камері і дослідного матеріалу реєструється за допомогою хромель-копелевих термоелектричних перетворювачів (ДСТУ 2837 – 94) діаметром 2 мм.

З метою підвищення точності, інформативності та полегшення обробки одержуваної інформації під час проведення дослідів експериментальний стенд доукомплектований допоміжним обладнанням: аналоговим цифровим перетворювачем і-7018, конвертором-інтерфейсом і-7520 та персональним комп'ютером з процесором CPU AMD ATHLON XP 2200+ (рис. 3).

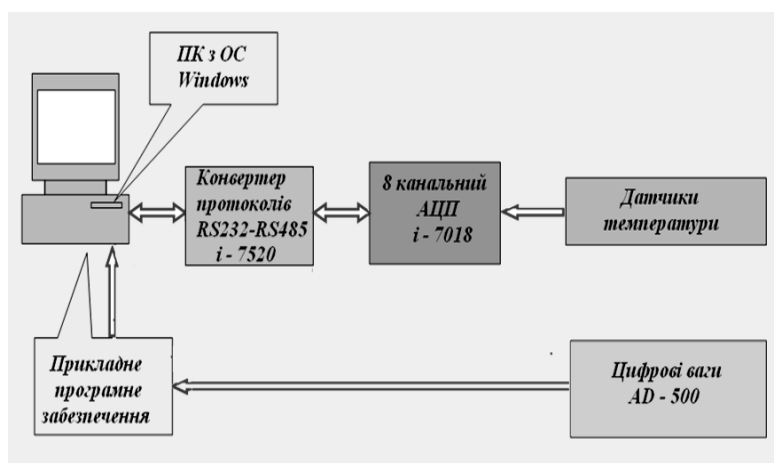


Рис. 3 - Структурна схема автоматизованого збору та обробки інформації з конвективного сушильного стенду

режиму сушіння на штангу терезів в сушильній камері і кладуть решітку з насінням і вмикається комп'ютерна програма збору та обробки інформації, яка безперервно реєструє час дослідів, температуру теплоносія, температуру на поверхні та в середині шару матеріалу, зміну маси навіски.

4. Висушене насіння виймають з сушильної камери і проводять аналіз на енергію росту, схожість, а також визначають кінцеву вологість матеріалу.

5. Після визначення абсолютно сухої маси зразка комп'ютерна програма визначає поточну вологість матеріалу W під час сушіння та розраховує і будує криві сушіння та швидкості сушіння: $W = f(\tau)$, $dW/d\tau = f(W)$.

Програма досліджень передбачає знімання кінетики сушіння насіння овочевих культур через реєстрацію показів зміни маси матеріалу, температур теплоносія та в середині матеріалу.

Методика проведення дослідів на конвективному сушильному стенді

1. За об'єкт досліджень вибрано насіння зернових, олійних, овочевих та технічних культур.

2. Перед проведенням дослідів визначаємо початкову вологість насіння за ДСТУ 4138 – 2002 [17]. Зерно засипаємо в бюкси і висушуємо в сушильній шафі при температурі 105°С на протязі 5 годин. Після закінчення сушіння бюкси виймають з сушильної шафи і ставлять в ексікатор для охолодження на 15 – 30 хв. Охоложені бюкси з насінням зважують у закритому стані на аналітичних вагах.

3. Після встановлення на стенді

**СТВОРЕННЯ ІНОВАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ
ХАРЧОВИХ І ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ**

6. Розрахунок характеристик відбувається за допомогою спеціально розробленої програми «Sooshka».

6.1. Кінетика процесу сушіння

$$W(t) = \frac{G(t) - G_{a.c.}}{G_{a.c.}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де $G(t)$ – розрахунки маси зразка, г;

$G_{a.c.}$ – абсолютно суха маса матеріалу, г.

6.2. Швидкість сушіння визначається:

$$N = \frac{dW}{d\tau}, \quad (2)$$

6.3. Температурний коефіцієнт сушіння представляє собою оцінку похідна середньої температури зразка від вологовмісту:

$$b = dt_{cp} / dU, \quad (3)$$

де $U = W/100$ - вологовміст зразка, %;

t_{cp} - середнє значення розрахунку температури на поверхні та в матеріалі зразка, °С.

6.4. Число Ребіндера дорівнює відношенню витрат кількості тепла на нагрівання тіла до кількості тепла на випаровування вологи за нескінченно малий проміжок часу:

$$Rb = \frac{c}{r} b, \quad (4)$$

де c – питома теплоємність матеріалу, кДж/(кг °С);

r – питома теплота фазового перетворення, кДж/кг.

6.5. Тепловий потік на одиницю поверхні зразка вираховується із співвідношення:

$$q(\tau) = rg(dU / d\tau)(1 + Rb) \quad (5)$$

де $g = G_{a.c.} / S_{вл}$ - відношення маси абсолютно сухого тіла до поверхні матеріалу.

Для вибору режиму сушіння насіння овочевих культур були вибрано насіння томата сорту «Сливки», солодкого перцю сорту «Болгарський» та гарбуза сорту «Стофунтовий» (рис. 4).

Представлені результати кінетики сушіння овочевих культур показали, що в елементарному шарі, при швидкому видаленні вологи під впливом температури та швидкості руху теплоносія, процес проходить в період падаючої швидкості сушіння.

Насіння томату «Сливка» для кращої схожості доцільно сушити при температурі теплоносія 50 °С, схожість на 7 день пророщування становить 98 %, підвищення температури негативно впливає на якісні показники насіння. Так при температурі теплоносія 60 °С схожість знижується до 82 %, при 70 °С – 40 %, 80 °С – 0 %.

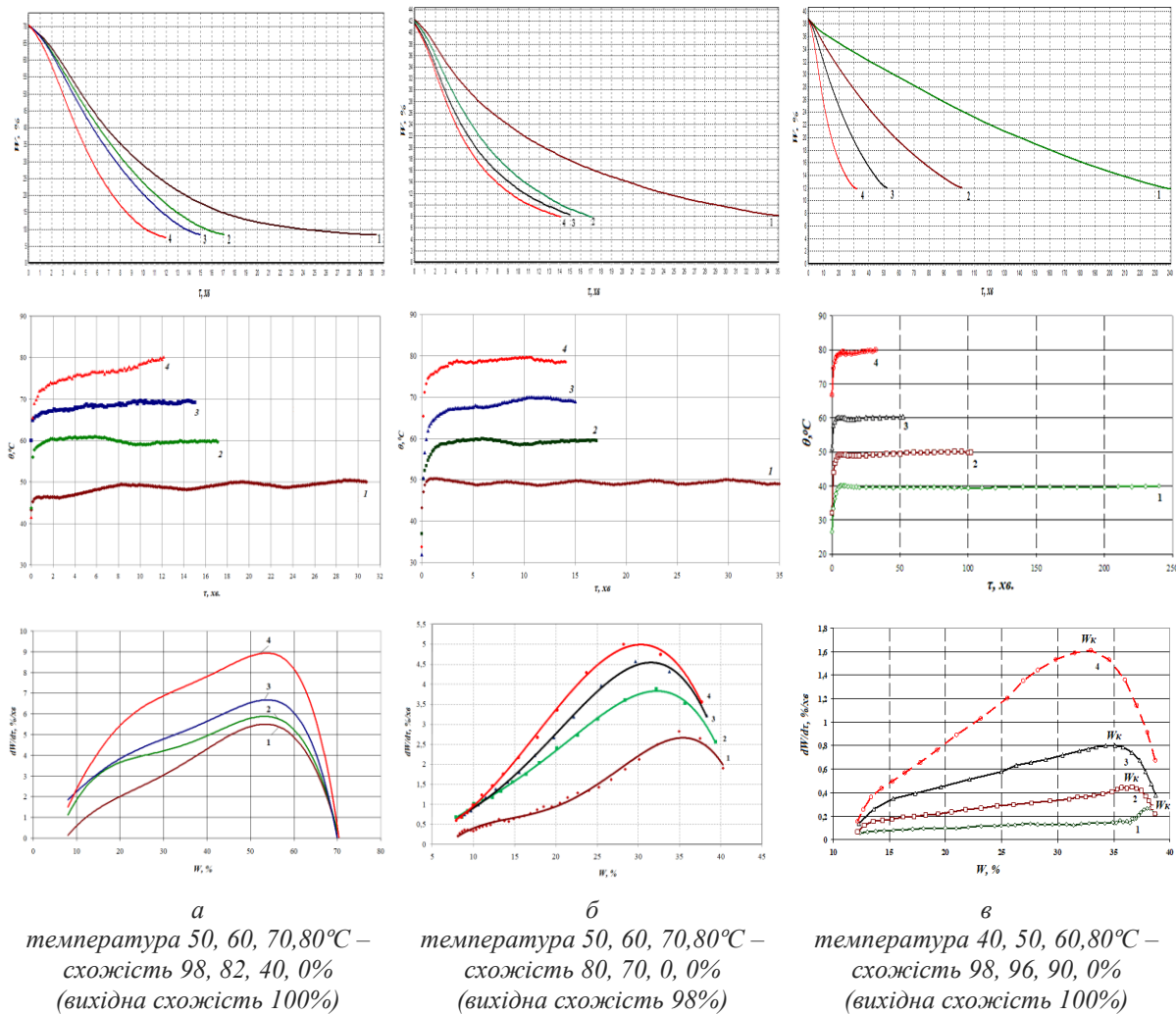
Проведені дослідження із якості насіння солодкого перцю «Болгарський» вказали на те, що при режимі сушіння 50 °С схожість насіння складає 80 %. При підвищенні температури схожість знижується і вже при 70 °С – складає 0 %.

Сушіння насіння гарбуза при температурі теплоносія 40 °С та при початковій вологі 39 % займає 4 години, підвищення температури до 50 °С різко знижує тривалість сушіння до 100 хв.

Характер кривих швидкості сушіння від температури теплоносія не змінюється і проходить в період падаючої швидкості. При збільшенні температури теплоносія також критична точка W_k зміщується в область зменшення вологості матеріалу, що також свідчить про збільшення інтенсивності проходження процесу.

Інтенсивність сушіння насіння гарбуза збільшується від збільшення температури теплоносія, так максимальне значення швидкості при температурі теплоносія 80 °С – 1,6 %/хв, що в 6,15 разів більше за швидкість сушіння при температурі 40 °С.

**СТВОРЕННЯ ІНОВАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ
ХАРЧОВИХ І ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ**



а - насіння томату; *б* - насіння перцю; *в* - насіння гарбуза

Рис. 4 - Кінетика сушіння насіння овочевих культур

Приклад схожості насіння гарбуза сорту «Стофунтовий» представлено на рис. 4 на 5, 7 та 10 день, що характеризує інтенсивність схожості по дням.

Вихідне зерно вже на 5 день показує схожість на рівні 95 %, хоча при тепловому впливі на об'єкт сушіння схожість складає від 32 до 64 % (не враховуючи, температури 80 °С – де не відбувається пророщування насіння).

Проводячи вибір режиму сушіння насіння гарбуза, необхідно також врахувати тривалість сушіння при температурі 40 °С, виходячи з цього можна рекомендувати температури теплоносія 50 °С, що складає 96 % (рис. 5).

Хоча при температурі 60 °С схожість складає 90 %, величина ростків менша в 1,6 – 1,7 раз ніж в низькотемпературних режимах 40 та 50 °С.

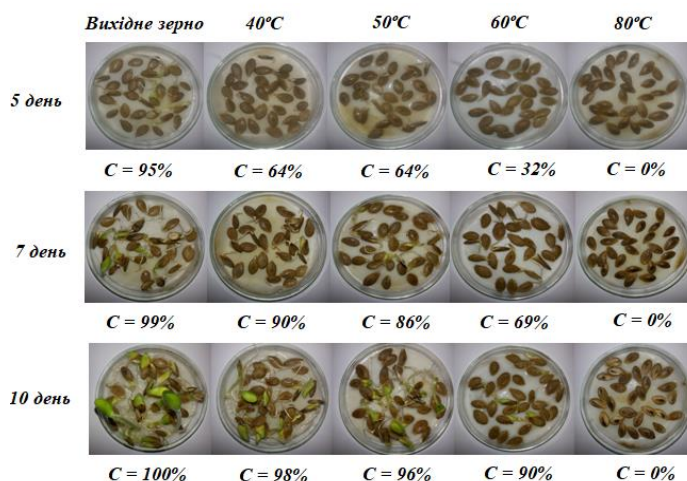


Рис. 5 - Схожість насіння гарбуза сорту «Стофунтовий» на 5, 7 та 10 день пророщування від режимів сушіння

**СТВОРЕННЯ ІНОВАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ
ХАРЧОВИХ І ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ**

Характеризуючи процес сушіння насіння овочевих культур було визначено температурний коефіцієнт, число Ребіндера і тепловий потік.

Температурний коефіцієнт та критерій Ребіндера показали, що на початку процесу проходить активне прогрівання матеріалу, потім відбувається інтенсивне випаровування вологи з матеріалу.

З збільшенням температури сушильного агента від 40 до 60 °C збільшується тепловий потік і на початку процесу складає від 0,46 до 0,8 Вт/м², а в кінці він наближається до 0,02...0,1 Вт/м².

Висновки. Експериментальні дослідження вказали на те, що можливо підвищувати температуру нагрівання насіння овочевих культур, таких як томат і гарбуз, до 49,6 – 49,8 °C (при температурі сушильного агента 50°C) в елементарному шарі, а не обмежувати їх температурою нагрівання насіння 40 – 45 °C, як вказано за літературними джерелами.

Для сушіння насіння перцю є необхідність зменшувати температуру сушильного агента до 40 °C, так як схожість при температурі сушильного агента 50 °C складає 80 %.

Процес сушіння насіння овочевих культур проходить в періоді падаючої швидкості сушіння з інтенсивним прогріванням на початку процесу.

Значення теплового потоку на початку процесу сушіння складає від 0,46 до 0,8 Вт/м², а в кінці він наближається до 0,02...0,1 Вт/м².

Література

1. Станкевич Г.М., Страхова Т.В., Атаназевич К.К. Сушіння зерна: підручник. Київ: Либідь, 1997. 352 с.
2. Голик М.Г., Делидович В.Н., Мельник Б.Е. Научные основы обработки зерна в потоке. М., Колос, 1972. 263 с.
3. Matkivska I., Atamanyuk V., Symak D. Basic regularities of the filtration drying of wheat grain // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2014. №. 5 (5). С. 14 - 18.
4. Коваленко О.А. Вплив режимів сушіння зерна пшениці озимої на показники його продовольчих і насінневих якостей /О.А. Коваленко, Н.В. Косовська [Електронний ресурс]. – Режим доступу:// <http://lib.chdu.edu.ua/pdf/naukpraci/ecology/2012/179-167-16>
5. SOARES M. A. B., JORGE L. M. M., Montanuci F. D. Drying kinetics of barley grains and effects on the germination index // Food Science and Technology, 2016. Т. 36. №. 4. С. 638-645.
6. Markowski M. et al. Drying characteristics of barley grain dried in a spouted-bed and combined IR-convection dryers // Drying Technology, 2007. Т. 25. №. 10. С. 1621 - 1632.
7. Broker D.B.; Bakker-Arkema F.W.; Hall C.W. Drying cereal grains. Westport: AVI, 1974. 265 p.
8. Franca Neto, J.B.; Henning, A.A.; Krzyzanowski, F.C., Soybean seed drying. Seed production and technology for the tropics. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Tropical soybean: improvement and production. Rome: FAO, 1994. p. 217 - 240. (FAO Plant Production and Protection Series, 27).
9. Boyd, A.H. Heated air drying of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) seed. 1974. 90f. Dissertation (Doctor of Philosophy) Faculty of Mississippi State University, Mississippi State, 1974.
10. Krzyzanowski, F.C, West, S.H, Franca Neto, J.B. Drying soybean seed using air ambient temperature at low relative humidity. Revista Brasileira de Sementes, 2006. vol. 28, n. 2, p.77 - 83,
11. Afrakhteh, S, Frahmmandfar, E, Hamidi A. and Ramandi H. Evaluation of Growth Characteristics and Seedling Vigor in Two Cultivars of Soybean dried under different Temperature and Fluidized bed dryer. Intl J Agri Crop Sci. Vol., 5 (21), 2013. 2537 - 2544.
12. Sacilik K. Effect of drying methods on thin-layer drying characteristics of hull-less seed pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) // Journal of food engineering, 2007. Т. 79. №. 1. С. 23-30.
13. Guiné R. P. F., Pinho S., Barroca M. J. Study of the convective drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*) // Food and bioproducts processing? 2011. Т. 89. №. 4. С. 422-428.
14. Пилявская Л.С. Некоторые свойства семян рапса как объекта сушки / Л.С. Пилявская, Н.Я. Попов, М.И. Черников // Тр. ВНИИ зерна и продуктов его переработки, 1984. Вып. 105. С.47–51.
15. Дослідження процесу сушіння насіння ріпаку / О. М. Берегова, Г. М. Станкевич // Вісник харківського державного університету сільськогосподарства, 2001. Вип. 5. С. 282–287.
16. Pazyuk V., Petrova Zn., Chepeliuk O. Determination of rational modes of pumpkin seeds drying. Ukrainian Journal of Food Science, 2018. Volume 7. Issue 1, p. 135 – 150.
17. ДСТУ 4138 – 2002 . Насіння сільськогосподарських культур. Методи аналізування вологості насіння. – К.: Держспоживстандарт, 2003. С. 16 17.

**СТВОРЕННЯ ІНОВАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ
ХАРЧОВИХ І ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ****References**

1. Stankevych, H. M., Strakhova, T. V., & Atanazevych, V. I. (1997). *Sushinnia zerna: Pidruchnyk*. K.: Lybid, 352.
2. Holyk, M. H., Delydovych, V. N., & Melyk, B. E. (1972). *Nauchnye osnovy obrabotky zerna v potoke*. M.: Kolos.
3. Matkivska, I., Atamanyuk, V., & Symak, D. (2014). Basic regularities of the filtration drying of wheat grain. *Vostochno-Evropskyi zhurnal peredovykh tekhnolohyi*, (5 (5)), 14 - 18.
4. Kovalenko O.A. Vplyv rezhymiv sushinnia zerna pshenytsi ozymoi na pokaznyky yoho prodovolchyykh i nasinnievyykh yakosti /O.A. Kovalenko, N.V. Kosovska [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu:// <http://lib.chdu.edu.ua/pdf/naukpraci/ecology/2012/179-167-16>
5. Soares, M. A. B., Jorge, L. M. D. M., & Montanuci, F. D. (2016). Drying kinetics of barley grains and effects on the germination index. *Food Science and Technology*, 36(4), 638-645.
6. Markowski, M., Sobieski, W., Konopka, I., Tańska, M., & Białobrzewski, I. (2007). Drying characteristics of barley grain dried in a spouted-bed and combined IR-convection dryers. *Drying Technology*, 25(10), 1621 - 1632.
7. Broker, D. B.; Bakker-Arkema, F. W.; Hall, C. W. (1974). Drying cereal grains. *Westport: AVI*, 265.
8. Franca Neto, J. B.; Henning, A. A.; Krzyzanowski, F. C. (1994). Soybean seed drying. Seed production and technology for the tropics. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Tropical soybean: improvement and production. Rome: FAO, 217 - 240. (FAO Plant Production and Protection Series, 27).
9. Boyd, A. H. (1974). Heated air drying of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) seed. 90f. Dissertation (Doctor of Philosophy) Faculty of Mississippi State University, Mississippi State.
10. Krzyzanowski, F. C., West, S. H., Neto, F., & de Barros, J. (2006). Drying soybean seed using air ambient temperature at low relative humidity. *Revista Brasileira de Sementes*, 28(2), 77-83.
11. Afrakhteh, S., Frahmndfar, E., Hamidi, A., & Ramandi, H. D. (2013). Evaluation of growth characteristics and seedling vigor in two cultivars of soybean dried under different temperature and fluidized bed dryer. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(21), 2537.
12. Sacilik, K. (2007). Effect Of Drying Methods On Thin-Layer Drying Characteristics Of Hull-Less Seed Pumpkin (*Cucurbita Pepo* L.). *Journal of Food Engineering*, 79, 23–30.
13. Guiné, R. P., Pinho, S., & Barroca, M. J. (2011). Study of the convective drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*). *Food and bioproducts processing*, 89(4), 422-428.
14. Pyliavskaia, L. S., Popov, N. Ya., & Chernykov, M. Y. (1984). Nekotorye svoystva semian rapsa kak o'bekta sushky. *Trudy VNIYZ*, (105), 46-51.
15. Berehova, O. M., Stankevych, H. M. (2001). Doslidzhennia protsesu sushinnia nasinnia ripaku. *Visnyk kharkiv-skoho derzhavnoho universytetu silskoho hospodarstva*. Vyp. 5, 282 – 287.
16. Pazyuk, V., Petrova, Z., & Chepeliuk, O. (2018). Determination of rational modes of pumpkin seeds drying. *Ukrainian Food Journal*, 7(1).
17. Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody analizuvannia volohosti nasinnia [Quality management system. Fundamentals and vocabulary]. (2003). *DSTU from 28 December 2002. Kyiv Derspozhyv standart Ukrainy* [in Ukraine].

Cite as

Пазюк В. М. Дослідження тепломасобмінних процесів сушіння насіння овочевих культур // *Наук. пр. / Одес. нац. акад. харч. технологій*. Одеса, 2018. Т. 82, вип. 2. С. 129 – 136.

Отримано в редакцію 08.10.2018

Прийнято до друку 07.11.2018

Received 08.10.2018

Approved 07.11.2018