



УДК: 664.723.047

DOI: 10.37128/2520-6168-2021-3-11

РАЦІОНАЛЬНІ РЕЖИМИ СУШІННЯ НАСІННЯ РІПАКУ**Пазюк Вадим Михайлович**, д.т.н., доцент, провідний науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

Шеманська Євгенія Іванівна, к.т.н., доцент**Пазюк Даша Вадимівна**, магістр

Національний університет харчових технологій

Vadym Paziuk, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Research Fellow

Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine

Eugenia Shemanska, Candidate of Tech. Sciences, Associate Professor**Dasha Paziuk**, undergraduate

National University of Food Technologies

Представлені дослідження із знаходженню раціональних режимів сушіння насіння ріпаку виходячи з кінетики сушіння та якісних характеристик.. За якісну характеристику була прийнято значення кислотного числа олії та лабораторна схожість насіння ріпаку на 7 добу пророщування.

Експериментальні дослідження кінетики процесу сушіння насіння ріпаку проводились на конвективному сушильному стенді із застосуванням автоматичної програми збору та обробки інформації, що дає можливість отримати більш точні дані експерименту. За отриманими даними експерименту за допомогою автоматичної програми збору та обробки інформації побудовані графіки кінетики процесу від впливу температури теплоносія. На представлених графіках представлені криві сушіння та криві швидкості сушіння, що характеризують процес сушіння, який проходить в період падаючої швидкості сушіння.

Дослідження кінетики процесу сушіння насіння ріпаку в одноступеневому режимі при температурах теплоносія 50 - 80°C показало, що для кращої якості необхідно використовувати низькотемпературні режими. Кислотне число олії в даному температурному діапазоні суттєво не змінюється і становить 1,03 – 1,8 мг/г олії. Дані значення кислотного числа олії відповідають нормативному значенню.

Найбільший вплив на схожість насіння ріпаку спостерігається від температури теплоносія. Підвищення температури на 10°C в діапазоні температур від 50 до 80°C знижує схожість матеріалу. Найбільш доцільним та раціональним за даними лабораторних досліджень нами визначено режим сушіння 50°C із схожістю 97%. Всі інші режими сушіння істотно знижують схожість насіння ріпаку і не можуть бути рекомендовані, так як значення схожості менше за встановлене державним стандартом України 2240-93.

Ключові слова: сушіння, режим, насіння ріпаку, кінетика, кислотне число олії, схожість, температура.

Ф. 1. Рис. 5. Літ. 10.

1. Вступ

Застосування низькотемпературних одноступеневих режимів сушіння не набуло широкого поширення [1]. Використання одноступеневих режимів в залежності від сортових ознак насіннєвого зерна вимагає більш ретельного підходу. Дані по схожості насіння ріпаку навіть при звичайних режимах різняться, тому була проведена робота по визначенню раціональних режимів на кінетику сушіння [2,3].

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Експеримент проводився на конвективному сушильному стенді за допомогою спеціальних пристроїв та розробленої програми в автоматичному режимі знімали зміну температури теплоносія, зерна та зменшення маси матеріалу від часу проведення дослідів [4,5].

Схема експериментального стенду для сушіння насіння ріпаку представлена на рис. 1. Він складається із систем підготовки теплоносія, подачі та відводу теплоносія з сушильної камери,



сушильної камери та пристроїв для контролю і регулювання технологічних режимів.

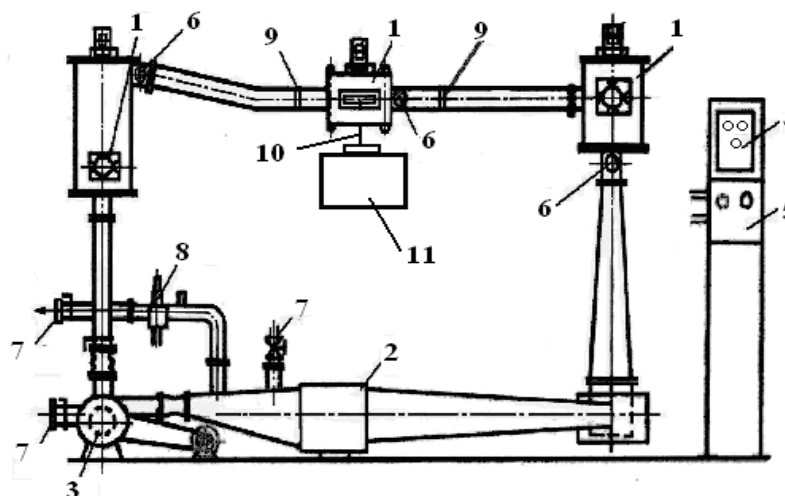


Рис. 1. Схема експериментального стенду:

1 – сушильна камера; 2 – калорифер; 3 – вентилятор; 4 – регулятор температури;
5 – щит керування; 6 – термометри опору; 7 – патрубки з шиберами; 8 – психрометр;
9 – спеціальні решітки; 10 – штанга терезів; 11 – терези.

3. Мета та завдання дослідження

Метою роботи є дослідження низькотемпературних одноступеневих режимів сушіння насіння ріпаку на конвективному сушильному стенді

4. Методика досліджень

Методика проведення експерименту на конвективному стенді.

1. За об'єкт досліджень вибрано насіння озимого ріпаку сорту Чорний Велетень, сорт селекції Вінницької державної сільськогосподарської дослідної станції. [6].

2. Перед проведенням досліджень визначаємо початкову вологість ріпаку за ДСТУ 4138 – 2002 [7]. Ріпак засипаємо в бюкси і висушуємо в сушильній шафі при температурі 105°C на протязі 5 годин. Після закінчення сушіння бюкси виймають з сушильної шафи і ставлять в ексикатор для охолодження на 15–30 хв. Охолоджені бюкси з ріпаком зважують у закритому стані на аналітичних вагах.

Вологість ріпаку відносно маси сухої речовини обчислюють у відсотках:

$$W = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

m_1 – маса порожньої бюкси (з кришкою), г; m_2 – маса бюкси з наважкою до сушіння, г; m_3 – маса бюкси з наважкою після сушіння, г;

3. Після встановлення на стенді режиму сушіння на штангу терезів в сушильній камері 1 кладуть корзину з ріпаком і вмикається комп'ютерна програма збору та обробки інформації, яка безперервно реєструє час дослідження, температуру теплоносія, температуру на поверхні та в середині шару матеріалу, зміну маси навіски.

4. Висушений ріпак виймають з сушильної камери і проводять аналіз на схожість та кислотне число олії, а також визначають кінцеву вологість матеріалу за пунктом 2 та формулою 1.

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: $W = f(\tau)$, $dW/d\tau = f(W)$.

4. Результати досліджень

Дослідження кінетики сушіння насіння ріпаку проводились на експериментальному конвективному стенді при зміні наступних параметрів теплоносія: температури – від 50 до 80 °C, вологовмісту – 12 г/кг с. п., швидкості – 1,5 м/с та початкової вологості насіння ріпаку 17%.

Істотний вплив на тривалість процесу має температура теплоносія, так збільшення



температури теплоносія з 50 до 80°C збільшує тривалість сушіння ріпаку в 2,4 рази (рис. 2). З підвищенням температури прискорюється процес зневоднення зерна, час теплового впливу на матеріал зводиться до мінімуму.

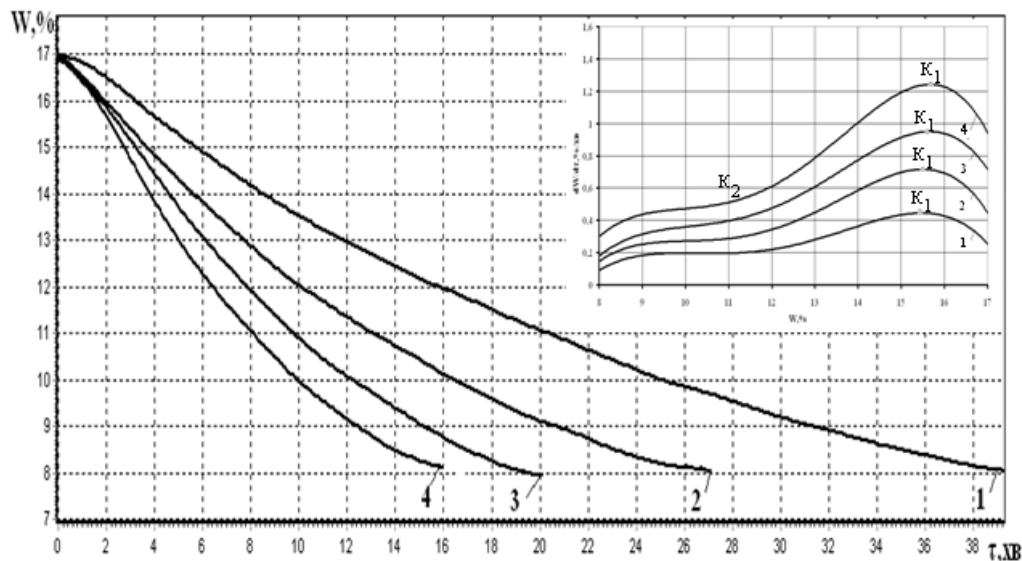


Рис.2. Вплив температури теплоносія на кінетику сушіння насіння ріпаку при $W_n = 17\%$, $V = 1,5$ м/с, $d = 10$ г/кг с.п.: 1 – 50°C; 2 – 60°C; 3 – 70°C; 4 – 80°C.

З кривих швидкості сушіння видно, що процес проходить в періоді падаючої швидкості сушіння з попереднім прогріванням матеріалу до максимального значення в точці K_1 . При підвищенні температури теплоносія максимальна швидкість сушіння збільшується і зміщується в область високої вологості матеріалу, що говорить про краще прогрівання насіння ріпаку при збільшенні температури. Так при температурі теплоносія 80°C максимальна швидкість сушіння складає 1,28%/хв., що в 3 рази більше за максимальну швидкість при температурі теплоносія 50°C. Точка K_2 вказує на знаходженні другої критичної точки в періоді падаючої швидкості сушіння, що настає при вологості матеріалу 11,5%. Період постійної швидкості не спостерігався при сушінні насіння ріпаку в елементарному шарі.

Основним критерієм підбору раціонального режиму сушіння є якість насіння, яка визначається схожістю насіння ріпаку та кислотним числом.

Схожість насіння ріпаку відносно схожості вихідного ріпаку взятої за 100%, свідчить про те, що згідно вимог до насіннєвого зерна за ДСТУ 2240-93, найбільш придатний режим сушіння при температурі теплоносія 50°C (рис. 3). Так при цій температурі отримана схожість перевищує нормативну на 7%.

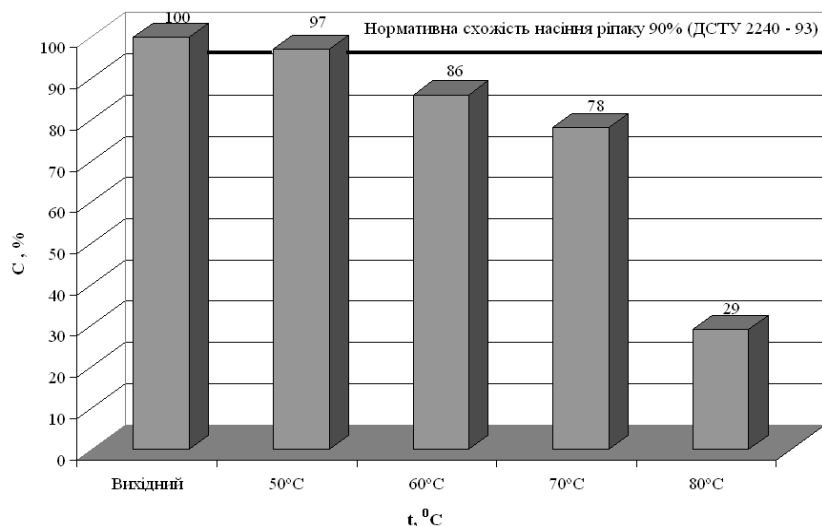


Рис. 3. Вплив температури теплоносія на схожість насіння ріпаку

Візуально вплив температури теплоносія на схожість при початковій вологості насіння ріпаку 22% можна оцінити за представленими фотографіями (рис. 4), так активне пророщування проходить при температурі 50°C, а при 80°C – майже не відбувається.

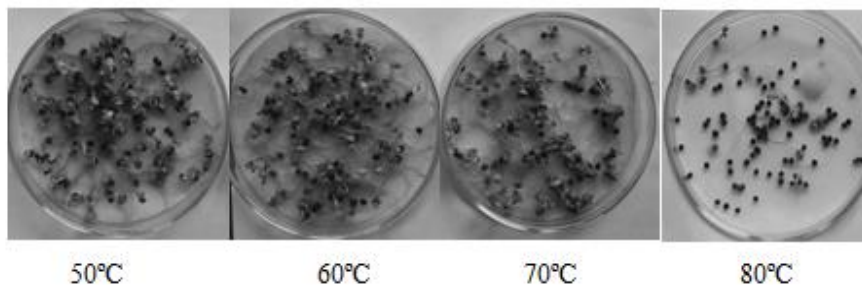


Рис. 4. Вплив температури теплоносія на схожість насіння ріпаку

Вплив температури теплоносія на кислотне число в інтервалі між 50 – 70°C не істотний і складає 3 – 5% (рис. 5).

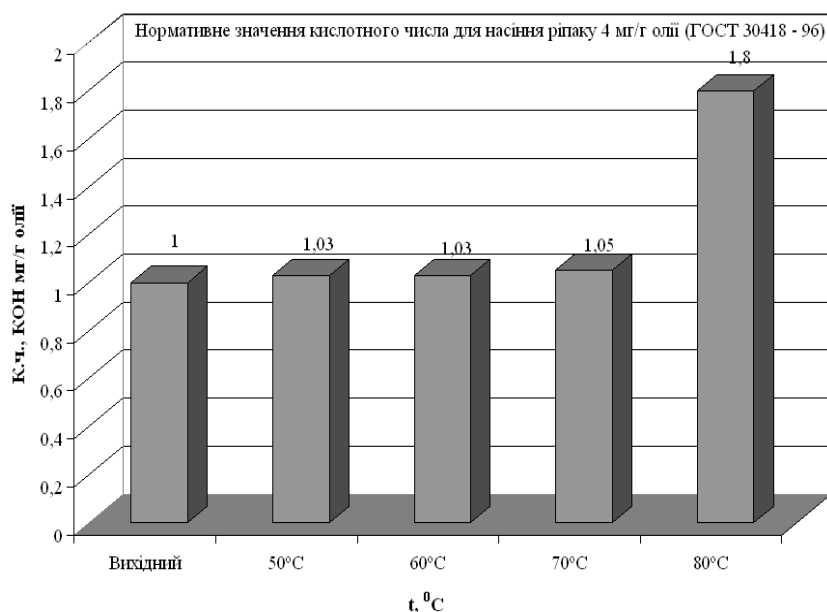


Рис. 5. Вплив температури теплоносія на кислотне число насіння ріпаку

При температурі теплоносія 80°C спостерігається різке збільшення кислотного числа в порівнянні з іншими режимами сушіння на 71–75%. Всі зазначені режими сушіння відповідають нормативним вимогам до кислотного числа, що забезпечують якість насіння ріпаку.

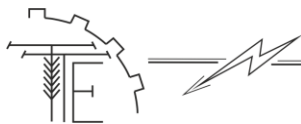
6. Висновки

Запропонований одноступеневий режим сушіння насіння ріпаку 50°C дає схожість на рівні 97%, що вище за температурні режими 60,70,80°C (відповідно схожість 86, 78, 29%).

Кислотне число олії знаходиться в межах норми при наведених температурних режимах, підвищення температури теплоносія до температури 80°C підвищує кислотне число до 1,8 КОН мг/г олії.

Список використаних джерел

1. Станкевич Г. М., Страхова Т. В., Атаназевич В. І. Сушіння зерна. К.: Либідь, 1997. 352 с.
2. Snezhkin Yu. F., Paziuk V. M., Petrova Zh. O., Tokarchuk O. A. Determination of the energy efficient modes for barley seeds drying. *INMATEH - Agricultural Engineering*. Romania: Bucharest, 2020. № 2, vol. 61. P. 183–192.
3. Paziuk V., Petrova Z., Tokarchuk O., Polievoda Y. Special aspects of soybean drying with high seedling vigor. *University Politehnica of Bucharest, UPB Sci. Bull., Series D*. 2021. vol. 83, Iss. 2. P. 327–336.
4. Снежкін Ю. Ф., Пазюк В.М., Петрова Ж.О., Чалаєв Д.М. Теплонасосна зерносушарка для насінневого зерна. К.: Поліграф-Сервіс, 2012. 154 с.



5. Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О., Пазюк В.М. Енергоефективні теплотехнології виробництва функціональних харчових порошків. Вінниця: видавництво «РВВ ВНАУ», 2016. 458 с.
6. Реєстр сортів України на 2000 рік. Ч.1. Зернові, круп'яні, зернобобові, олійні, технічні, прядивні, кормові, овочеві, баштанні культури та картопля. Київ, 1999. 45 с.
7. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи аналізування вологості насіння. К.: Держспоживстандарт. 2003. С. 16–17.
8. Paziuk V.M., Liubin M.V., Yaropud V.M., Tokarchuk O.A. Research of rational modes of drying rape seed, *INMATEH-Agricultural Engineering*. Romania: Bucharest, 2019. №. 2, vol. 58. P. 303–310.
9. Paziuk V.M., Liubin M.V., Yaropud V.M., Tokarchuk O.A., Tokarchuk D.M. Research on the rational regimes of wheat seeds drying, *INMATEH-Agricultural Engineering*. Romania: Bucharest, 2019. №. 3, vol. 56. P. 39–48.
10. Kuznietsova I., Bandura V., Paziuk V., Tokarchuk O., Kupchuk I. Application of the differential scanning calorimetry method in the study of the tomato fruits drying process. *Agraarteadus*, 2020, 31(2), P. 173–180.

References

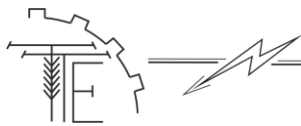
- [1] Stankevych, H.M., Strakhova, T.V., Atanazevych, V.I. (1997). *Sushinnia zerna*. K.: Lybid. [in Ukrainian].
- [2] Snezhkin, Yu.F., Paziuk, V. M., Petrova, Zh. O., Tokarchuk, O. A. (2020). Determination of the energy efficient modes for barley seeds drying. *INMATEH - Agricultural Engineering*. Romania: Bucharest, 61(2). 183–192. [in English].
- [3] Paziuk, V., Petrova, Z., Tokarchuk, O., Polievoda, Y. (2021). Special aspects of soybean drying with high seedling vigor. *University Politehnica of Bucharest, UPB Sci. Bull., Series D*. 83(2). 327–336. [in English].
- [4] Sniezhkin, Yu.F., Paziuk, V.M., Petrova, Zh.O., Chalaiev, D.M. (2012). *Teplonasosna zernosusharka dlia nasinnievoho zerna*. K.: Polihraf-Servis. [in Ukrainian].
- [5] Sniezhkin, Yu.F., Petrova, Zh.O., Paziuk, V.M. (2016). Enerhoefektyvni teplotekhnolohii vyrobnytstva funktsionalnykh kharchovykh poroshkiv. Vinnytsia: vydavnytstvo «RVV VNAU». [in Ukrainian].
- [6] Reiestr sortiv Ukrainy na 2000 rik. (1999). Ch.1. Zernovi, krupiani, zernobobovi, oliini, tekhnichni, priadyvni, kormovi, ovochevi, bashtanni kultury ta kartoplia. Kyiv. [in Ukrainian].
- [7] DSTU 4138-2002. (2003). Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody analizuvannia volohosti nasinnia. K.: Derzhspozhyvstandart. P. 16–17. [in Ukrainian].
- [8] Kuznietsova, I., Bandura, V., Paziuk, V., Tokarchuk, O., Kupchuk, I. (2020). Application of the differential scanning calorimetry method in the study of the tomato fruits drying process. *Agraarteadus*, 31(2). 173–180. [in English].
- [9] Paziuk, V.M., Liubin, M.V., Yaropud, V.M., Tokarchuk, O.A. (2019). Research of rational modes of drying rape seed, *INMATEH-Agricultural Engineering. Romania: Bucharest*, 58(2). 303–310, [in English].
- [10] Paziuk, V.M., Liubin, M.V., Yaropud, V.M., Tokarchuk, O.A., Tokarchuk, D.M. (2019). Research on the rational regimes of wheat seeds drying. *INMATEH-Agricultural Engineering. Romania: Bucharest*, 56(3). 39–48. [in English].

РАЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ СУШКИ СЕМЯН РАПСА

Представленные исследования по нахождению рациональных режимов сушки семян исходя из кинетики сушки и качественных характеристик .. За качественную характеристику была принято значение кислотного числа масла и лабораторная всхожесть семян на 7 сутки проращивания.

Экспериментальные исследования кинетики процесса сушки семян проводились на конвективных сушильных стенде с применением автоматической программы сбора и обработки информации, что позволяет получить более точные данные эксперимента. По полученным данным эксперимента с помощью автоматической программы сбора и обработки информации построены графики кинетики процесса от влияния температуры теплоносителя. На представленных графиках представлены кривые сушки и кривые скорости сушки, характеризующие процесс сушки, который проходит в период падающей скорости сушки.

Исследование кинетики процесса сушки семян в одноступенчатой режиме при температурах теплоносителя 50 - 80 ° C показало, что для лучшего качества необходимо использовать низкотемпературные режимы. Кислотное число масла в данном температурном диапазоне существенно не меняется и составляет 1,03 - 1,8 мг / г масла. Данные значения кислотного числа



масла соответствуют нормативному значению.

Наибольшее влияние на всхожесть семян наблюдается от температуры теплоносителя. Повышение температуры на 10 ° C в диапазоне температур от 50 до 80 ° C снижает всхожесть материала. Наиболее целесообразным и рациональным по данным лабораторных исследований нами определен режим сушки 50°C с сходством 97%. Все остальные режимы сушки существенно снижают всхожесть семян и не могут быть рекомендованы, так как значение сходства меньше установлено государственным стандартом Украины 2240-93.

Ключевые слова: сушка, режим, семян, кинетика, кислотное число масла, всхожесть, температура.

Ф. 1. Рис. 5. Лит. 10.

RATIONAL DRYING MODES FOR RAPE SEEDS

Studies on finding rational regimes for drying rapeseed based on drying kinetics and qualitative characteristics are presented. The value of the acid number of oil and laboratory germination of rapeseed on the 7th day of germination were taken as a qualitative characteristic.

Experimental studies of the kinetics of the rapeseed drying process were performed on a convective drying stand using an automatic program for collecting and processing information, which makes it possible to obtain more accurate experimental data. According to the obtained experimental data with the help of an automatic program for collecting and processing information, graphs of the process kinetics from the influence of the coolant temperature are constructed. The presented graphs show the drying curves and drying speed curves that characterize the drying process that takes place during the period of falling drying speed.

The study of the kinetics of the drying process of rapeseed in a single-stage mode at coolant temperatures of 50 - 80°C showed that for better quality it is necessary to use low-temperature modes. The acid number of oil in this temperature range does not change significantly and is 1.03 - 1.8 mg / g of oil. These values of the acid number of the oil correspond to the normative value.

The greatest effect on the germination of rapeseed is observed from the temperature of the coolant. Increasing the temperature by 10 ° C in the temperature range from 50 to 80 ° C reduces the germination of the material. According to laboratory studies, we determined the drying regime of 50 ° C with a germination of 97% to be the most expedient and rational. All other drying regimes significantly reduce the germination of rapeseed and can not be recommended, as the germination value is less than the state standard of Ukraine 2240-93.

Key words: drying, regime, rapeseed, kinetics, acid number of oil, germination, temperature.

F. 1. Fig. 5. Ref. 10.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Пазюк Вадим Михайлович – доктор технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник Інституту технічної теплофізики Національної академії наук України (вул. Булаховського, 2, корп. 2, м. Київ., 03164, Україна, e-mail: vadim_pazuk@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4955-1941>)

Шеманська Євгенія Іванівна – канд. техн. наук, доцент Національного університету харчових технологій (вул. Володимирська, 68, м. Київ., 01601, Україна, e-mail: shemanska@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3552-6574>)

Пазюк Даша Вадимівна – магістр Національного університету харчових технологій (вул. Володимирська, 68, м. Київ., 01601, Україна, e-mail: dasha777599@gmail.com)

Пазюк Вадим Михайлович – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Института технической теплофизики Национальной академии наук Украины (ул. Булаховского, 2, корп. 2, г. Киев., 03164, Украина, e-mail: vadim_pazuk@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4955-1941>)

Шеманська Євгенія Іванівна – канд. техн. наук, доцент Национального университета пищевых технологий (ул. Владимирская, 68, г. Киев., 01601, Украина, e-mail: shemanska@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3552-6574>)

Пазюк Даша Вадимівна – магістр Национального университета пищевых технологий (ул. Владимирская, 68, г. Киев., 01601, Украина, e-mail: dasha777599@gmail.com)

Vadym Paziuk – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Research Fellow of the Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine (2 Bulakhovsky St., Building 2, Kyiv, 03164, Ukraine, e-mail: vadim_pazuk@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4955-1941>)

Eugenia Shemanska – Candidate of Tech. Sciences, Associate Professor of the National University of Food Technologies (68 Volodymyrska St., Kyiv, 01601, Ukraine, e-mail: shemanska@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3552-6574>)

Dasha Paziuk – master of the National University of Food Technologies (68 Volodymyrska Street, Kyiv, 01601, Ukraine, e-mail: dasha777599@gmail.com).