

- Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ». 2024
dual reciprocity method. *ZAMM – Journal of Applied Mathematics and Mechanics / Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik*. 2021. Vol. 101, No. 4, P. e201800339
4. Сметанкіна Н.В., Мисюра С.Ю., Линник А.В. Влияние предварительно напряженного состояния на частоты несущих конструкций гидротурбин. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Динаміка і міцність машин*. Харків, 2018. Т. 1, № 38. С. 42–48.
 5. Сметанкіна Н.В., Шупіков О.М., Угримов С.В. Математичне моделювання процесу нестационарного деформування багатошарового оскління при розподілених та локалізованих силових навантаженнях. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. Херсон, 2016. № 3(58). С. 408–413.
 6. Hontarovskiy P.P., Smetankina N.V., Ugrimov S.V., Garmash N.H., Melezhyk I.I. Computational studies of the thermal stress state of multilayer glazing with electric heating. *Journal of Mechanical Engineering*. Kharkiv, 2022. Vol. 25, No 1. P. 14–21.
 7. Шелудько Г.А., Шупіков О.М., Сметанкіна Н.В., Угримов С.В. Прикладний адаптивний пошук. Харків: Око, 2001. 191 с.
 8. Smetankina N., Semenets O., Merkulova A., Merkulov D., Misura S. Two-stage optimization of laminated composite elements with minimal mass. *Smart Technologies in Urban Engineering. STUE-2022. Lecture Notes in Networks and Systems*. Springer, Cham, 2023. Vol. 536. P. 456–465.
 9. Shupikov A.N., Smetankina N.V., Sheludko H.A. Selection of optimal parameters of multilayer plates at nonstationary loading. *Meccanica*. 1998. Vol. 33, No. 6. P. 553–564.

УДК 664.8/9

ФОРМУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЛІВКИ ІЗ КИШКОВОЇ СИРОВИНИ ПІД ЧАС СУШІННЯ

Онищенко В.М. д.т.н., доц.; Пак А.О. д.т.н., проф.; Онищенко А.В. аспірант

Державний біотехнологічний університет

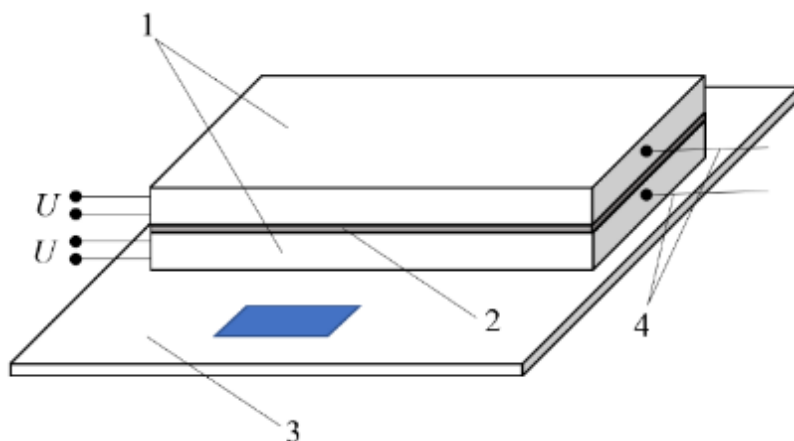
Дослідженнями кінетики сушіння плівки багатофункціонального призначення із кишкової сировини визначено раціональні значення температури нагрівальних поверхонь.

Метою дослідження є визначення раціональних значень температури нагрівальних поверхонь, з точки зору ефективності процесу зневоднення плівки багатофункціонального призначення із кишкової сировини під час її сушіння.

Сушіння є однією із найбільш енергоємних операцій при виробництві плівки багатофункціонального призначення із кишкової сировини, за технологією, що розглядається [1]. Рентабельність виробництва цієї плівки суттєвим чином залежить від витрат на процес зневоднення вихідної сировини.

Дослідження процесу сушіння полягало у отриманні та аналізі кінетики

Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ». 2024 сушіння вологої сировини [2]. Кінетику вологовмісту сировини та кінетику швидкості сушіння при цьому визначали за експериментальними даними, отриманими з використанням експериментального стенду з рис. 1.



1 – нагрівальні поверхні; 2 – волога плівка; 3 – ваги; 4 – термопри

Рис. 1. Експериментальний стенд для дослідження процесу кондуктивного сушіння плівки із кишкової сировини

Кінетику вологовмісту сировини та кінетику швидкості сушіння визначали наступним чином. Зразок вологої плівки 2 розміщували між нагрівальними поверхнями 1, що знаходяться на вагах 3. Змінюючи напругу на джерелі живлення нагрівальних поверхонь, обирали визначену температуру сушіння. Контроль за значенням температури сушіння здійснювався з використанням термопар 4. Далі фіксували масу зразка через певні проміжки часу та розраховували поточний вологовміст. Вимірювання проводили до досягнення зразком постійного вологовмісту.

При цьому поточний вологовміст розраховували за формулою:

$$w = m_{s.s.} / m_w, \quad (1)$$

де $m_{s.s.}$ – маса сухих речовин сировини, кг;
 m_w – маса системної води, яку сировина утримує, кг.

Далі за отриманими експериментальними точками будували апроксимаційну функцію, тобто кінетику сушіння вологої плівки. Як апроксимаційні функції використовувались поліноміальні функції виду:

$$w(\tau) = a_0 + a_1 \cdot \tau + a_2 \cdot \tau^2 + \dots + a_n \cdot \tau^n, \quad (2)$$

де τ – поточний час, с;
 n – ступінь полінома;
 $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ – апроксимаційні коефіцієнти.

Дослідження проводили за різної температури нагрівальних поверхонь, яка змінювалась дискретно від 40 до 70°C.

На рис. 2 наведено кінетики сушіння багатофункціональної плівки за різної температури сушіння. Під температурою сушіння розуміється температура нагрівальних поверхонь.

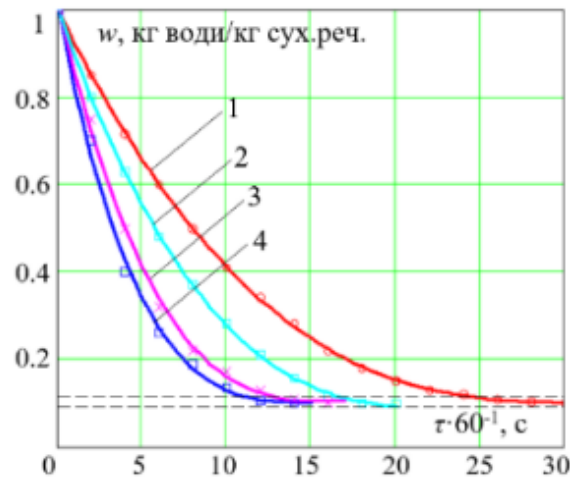


Рис. 2. Кінетика сушіння багатофункціональної плівки за різної температури нагрівальних поверхонь, °C: 1 – 40; 2 – 50; 3 – 60; 4 – 70

Наведені кінетики сушіння за різних температур нагрівальних поверхонь мають типовий для кондуктивного способу зневоднення вигляд. Вологовміст зі збільшенням тривалості процесу сушіння монотонно прагне до кінцевого вологовмісту. Відмінності між наведеними кінетиками полягають у різному нахилі кінетик до осі, на якій відкладено вологовміст. Тобто швидкість наближення до кінцевого вологовмісту наведених залежностей – різна. Фізичним змістом швидкості наближення кінетики сушіння до кінцевого вологовмісту є швидкість зневоднення вологої сировини. Очевидно, результатом цього є різна тривалість процесу видалення системної води із сировини.

Виходячи із виду кінетик сушіння плівки за різної температури сушіння, видно, що всі зразки досягають кінцевого вологовмісту, який лежить у діапазоні 0.1...0.09 відн.од. Цей діапазон вологовмісту, відокремлений на рис. 2 з двох сторін пунктирною лінією, для сухих фабрикатів черев є рівноважним [3]. Таким чином, за умови досягнення сировиною даного вологовмісту, слід вважати, що процес зневоднення для цієї сировини завершений. Швидкість сушіння при цьому дорівнює нулю.

Визначення раціональної тривалості сушіння багатофункціональної плівки визначали за моментом досягнення швидкістю сушіння значення, яке дорівнює нулю. Кінетику швидкості сушіння отримували як першу похідну від кінетики сушіння:

$$\omega(\tau) = dw(\tau)/d\tau. \quad (3)$$

На рис.3 наведено кінетику швидкості сушіння вихідної сировини, отриману за різної температури нагрівальних поверхонь.

Характер зміни швидкості сушіння вологої сировини зі зміною часу для різних температур нагрівальних поверхонь однаковий. Швидкість сушіння монотонно зменшується за зменшення кількості системної води, що, очевидно, пов'язано із видаленням вологи з різним зв'язком із сухими речовинами сировини. Відмінності наведених залежностей полягають у величині швидкості сушіння та у значеннях тривалості, за якої досягається нуль швидкості сушіння (пунктирні лінії на рис. 3).

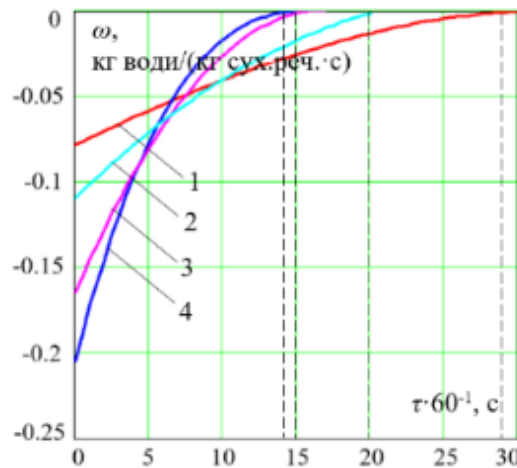


Рис. 3. Кінетика швидкості сушіння багатofункціональної плівки за різної температури нагрівальних поверхонь, °С: 1 – 40; 2 – 50; 3 – 60; 4 – 70

Раціональна тривалість сушіння вологої плівки, визначена з рис.3, за різної температури зневоднення складає: 40°C – 29...30 хв.; 50°C – 20...21 хв.; 60°C – 15...16 хв.; 70°C – 14...15 хв.

Отримані результати показують, що при збільшенні температури від 40°C до 50°C, тобто на 25%, тривалість зневоднення зменшується на 31%, тобто з 29 хв. до 20 хв. При подальшому збільшенні температури від 50°C до 60°C (при збільшенні на 21%), тривалість сушіння зменшилась на 25% (зменшилась з 20 хв. до 15 хв.). За збільшення температури від 60°C до 70°C, тобто на 17%, тривалість сушіння зменшилась лише на 7%, тобто зменшилась з 15 хв. до 14 хв.

Виходячи з отриманого результату видно, що за збільшення температури нагрівальних поверхонь до 60°C, наявне суттєве зменшення тривалості сушіння. Це сприяє підвищенню ефективності технології виробництва плівки багатofункціонального призначення, оскільки технологічні операції з її отримання мають періодичний характер з порядком тривалості 10...20 хв. Однак подальше збільшення температури відносно 60°C не дає суттєвого зменшення тривалості зневоднення. При цьому слід враховувати, що збільшення температури за значення температури коагуляції білків, що містяться у вихідній сировині, може привести до суттєвого зниження якості кінцевої продукції через необоротні зміни її пружних властивостей.

Висновок. Раціональним значеннями температури нагрівальних поверхонь, з точки зору ефективності процесу зневоднення, є температура 60°C, при цьому тривалість сушіння складатиме 15...16 хв. Однак під час вибору температури сушіння в технології отримання багатofункціональної плівки із кишкової сировини, слід враховувати функціонально-технологічні властивості, отримуваного напівфабрикату, які залежать від температури нагрівальних поверхонь.

Список використаних джерел

1. Pak A, Onishchenko V, Yancheva M, Grynchenko N, Dromenko O, Pak A, Inzhyyants S, Onyshchenko A. Devising a technique and designing an apparatus for obtaining a multifunctional purpose film from intestinal raw materials //

- Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ». 2024 Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2023. – Vol.3/11(123). – P.6-15. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.279008>
2. Pak A, Onishchenko V, Yancheva M, Onyshchenko A, Grynchenko N, Pak A, Inzhyyants S. Formation of functional and technological properties of the film from intestinal raw materials during the drying process // Food science and technology. – 2024. – 18(1). – P.73-83. (<https://doi.org/10.15673/fst.v18i1.2850>) URL: <https://journals.ontu.edu.ua/index.php/foodtech/article/view/2850/3012>
 3. Onishchenko V, Pak A, Goralchuk A, Shubina L, Bolshakova V, Inzhyyants S, Pak A, Domanova O. Investigation of hygroscopic properties and porosity of glued reinforced sausage casings // EUREKA: Life Sciences. – 2021. – Vol.1. – P.31-36. URL: <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2021.001632>

УДК 65.012.14:664

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМНОЇ ВОДИ ЖЕЛЕЙНОЇ ПРОДУКЦІЇ ВІД РІЗНИХ ВИРОБНИКІВ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИМ КАЛОРИМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ

Пак А.О. д.т.н., проф.

Державний біотехнологічний університет

Пак А.В. к.т.н., доц., Пілюгін Д.Ю. магістр

ННІ «УІПА» ім. В.Н. Каразіна

Низькотемпературним калориметричним методом досліджено системну воду желейної продукції від різних виробників, інформація про яку надає можливість спрогнозувати необоротні зміни у продукції під час її зберігання, а, також, є вихідною для аналізу виробником рецептури за умови необхідності її раціоналізації.

Стан та структура системної води, форми її зв'язку з сухими речовинами харчової продукції обумовлюють інтенсивність процесів, які змінюють вихідні властивості цієї продукції [1]. Тому інформація про системну воду надає можливість спрогнозувати необоротні зміни у продукції під час її зберігання, а, також, є вихідною для аналізу виробником рецептури за умови необхідності її раціоналізації.

Об'єктом дослідження є желейні вироби від різних виробників, а, саме: ТМ «Бісквіт-Шоколад»; ТМ «Стимул»; ТМ «Klim»; ТМ «Jelini»; ТМ «Haribo»; ТМ «Roshen».

Одним із методів, які дозволяють досліджувати системну воду таких харчових систем є низькотемпературний калориметричний метод [2]. Метод полягає у непряму визначенні кількості теплоти, що виділяється через фазовий перехід I (кристалізація) або II (перехід у аморфний стан) роду системної води під час охолодження досліджуваного зразка до температури, яка підтримується в термостаті. Ідея методу полягає у реєстрації різниці між початковою та кінцевою температурою охолоджувача, який омиває досліджуваний зразок, що знаходиться у спеціальній вимірювальній камері