

УДК: 664.8.047

## КІНЕТИЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОЦЕСУ КОНВЕКТИВНОГО СУШІННЯ СНЕКІВ ІЗ НАСІННЯ ЛЬОНУ

<sup>1</sup>Снєжкін Ю.Ф., академік НАН України, <sup>1,2</sup>Гусарова О.В., канд. техн. наук

<sup>1</sup>Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Марії Капніст, 2а, м. Київ, 03057

email: ittf\_https@ukr.net, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9049-3392>

<sup>2</sup>Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», пр. Берестейський, 37, м. Київ, 03056

email: o.v.husarova@nas.gov.ua, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-7622-9168>

<https://doi.org/10.31472/tpe.3.2023.4>

У статті встановлено кінетичні закономірності конвективного сушіння снєків із насіння льону. Ре-зультати досліджень показали, що використання ступеневого режиму зневоднення 90...80 °С порівняно з одностадійним сушінням за температури 75 °С призводить до прискорення процесу на 15%, а в режимі 90 °С – до 26%. Скорочення тривалості процесу при підвищенні швидкості сушильного агента від 1,5 до 2 м/с за температури 90 оС майже не відбувається. Органолептичні показники експериментально одержаних снєків не відрізнялися від промислово виготовлених та відповідали розробленим замовником технічним умовам.

The kinetic regularities of convective drying of flaxseed snacks were established in the article. The results of the research showed that the use of a stepwise drying mode of 90...80 °C compared to stationary drying at a temperature of 75 °C leads to an acceleration of the process by 15%, and in the 90 °C mode – by 26%. Reduction of the duration of the process, when the speed of the drying agent is increased from 1.5 to 2 m/s at a temperature of 90 oC, almost does not occur. Organoleptic indicators of experimentally obtained snacks did not differ from industrially produced ones. The received snacks met the technical conditions developed by the client.

Бібл. 15, рис. 5.

**Ключові слова:** насіння льону, снєки, конвективне сушіння, стадійне зневоднення, енергоефективність.

$\tau$  – час, хв;

$\delta$  – товщина зразка, мм;

$t$  – температура, °С;

$d$  – вологовміст сушильного агента, г/кг сухого повітря;

$V$  – швидкість руху сушильного агента, м/с;

$W^c$  – вологість сировини по відношенню до абсолютно сухої маси, %абс.

### Вступ

Більшість населення України, через військову агресію російської федерації, перебуває у стресовому стані, що негативно позначається на здоров'ї та самопочутті. Більше того, частина громадян опинилась на окупованих територіях або перебуває у зоні активних бойових дій. На таких територіях обмежений доступ до продуктів харчування, немає можливості приготувати нормальну їжу, повноцінно харчуватись. Частково вирішити проблему повноцінного забезпечення організму корисними речовинами можна при використанні виробів тривалого зберігання, які можна використовувати як самостійний продукт.

Одне з перших місць у профілактичному й оздоровчому харчуванні займають сушені продукти рос-

линного походження, так звана снєкова продукція, до якої відносять фруктово-овочеві чипси, снєки, флакси, хлібці тощо.

В якості нетрадиційної сировини для одержання снєків може бути використане насіння льону. Насіння льону має високий вміст біологічно активних речовин, дозволяє створити вироби функціонального призначення, підвищити їхню харчову та біологічну цінність, розширити асортимент снєкової продукції. Як і більшість сушених снєків, такі вироби можна використовувати цілорічно, коли доступ до свіжої сировини обмежений.

Розширення асортименту такої продукції з нетрадиційної сировини в умовах сьогодення є актуальним завданням. Такі вироби стануть в нагоді як цивільним громадянам, так і військовим.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій*

Літературний огляд показує, що останнім часом збільшилось використання насіння льону для харчових продуктів, зокрема борошняних. Якщо раніше насіння переважно використовували для одержання олії, то зараз виготовляють різноманітні закуски, хлібці, хліб, чипси, снеки тощо [1-5].

Так, автори роботи [2] для одержання безглютенових закусок на основі борошна нуту використовують також насіння льону з метою підвищення енергетичної цінності та покращення складу продукту, що позитивно впливає на здоров'я людей хворих на целиацію.

У роботах [3, 4] проведено порівняльну характеристику властивостей насіння льону різних сортів, призначених для виробництва снеків та обґрунтовано доцільність створення лляних снеків з додаванням порошку базилю для створення продукції оздоровчої дії.

Авторкою [5] запропоновано технологію одержання овочево-зернових флаксів з макухи моркви, насіння гарбуза, льону та кунжуту, сухого риборослинного напівфабрикату та визначено актуальність створення нових видів снекових продуктів для оздоровчого харчування.

Всі ці дослідження свідчать про підвищення інтересу науковців до створення продуктів снекової групи профілактичного призначення з використання насіння льону. Олійні культури є джерелом поліненасичених жирних кислот, білка, мінеральних речовин, харчових волокон, вітамінів і добре підходять для надання оздоровчо-профілактичного призначення різним виробам.

*Особливості хімічного складу насіння льону.* Насіння льону (*Linum Usitatissimum L.*) у своєму складі містить три групи сполук, що характеризуються специфічною біологічною активністю та функціональними властивостями: сімейство поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) омега-3, розчинні харчові волокна у вигляді слизу (5...12%) та лігнани, які мають фітоестрогенні властивості. ПНЖК сімейства омега-3, харчові волокна та фітоестрогени лігнани визначають гіполіпідемічну та антиатерогенну дію насіння льону [6-8].

Насіння льону є найбагатшим в рослинному світі джерелом лігнанів (до 0,7...1,5% від сухої маси насіння), серед яких переважає секоізолярицирезінол диглюкозид [6, 7].

За різними джерелами [6-10], насіння льону містить 35...45% олії, яка містить до 10% насичених жирних кислот (пальмітинової і стеаринової), близько 20% мо-

ноненасичених жирних кислот (переважно олеїнової кислоти) і більше 70% альфа-ліноленової жирної кислоти. Вміст білка в насінні льону коливається в межах 20...30%. Білки насіння льону лімітовані лізином, але характеризуються високим коефіцієнтом перетравності (89,6%) і біологічною цінністю (77,4%).

Білки льону за складом амінокислот дуже близькі до білків сої, яку за біологічною цінністю білків вважають найбільш цінною серед культурних рослин [11].

Вміст харчових волокон сягає 28% від маси цільного насіння при співвідношенні розчинних і нерозчинних фракцій від 20:80 до 40:60. За вмістом вітамінів групи В і деяких мінеральних речовин насіння льону наближається до сільськогосподарських культур. Вітамін Е в насінні льону знаходиться переважно у формі гамма-токоферолу (9,2 мг/100 г насіння) [6-10].

Споживання 50 г насіння льону на день не викликає жодних негативних наслідків для людини.

Як бачимо з вищенаведеного, завдяки наявності великої кількості цінних біологічно активних речовин насіння льону є відмінною та перспективною сировиною для перероблення на продукти, які позитивно впливають на організм людини.

Аналіз сучасної науково-технічної літератури показує, що досліджень присвячених одержанню снеків із насіння льону шляхом сушіння мало.

Відомий спосіб конвективного сушіння крекерів лляних при температурі 50 °С протягом 8...10 годин. Через довготривалість процесу сушіння одержаний продукт має підвищену твердість та не досить високі смакові якості [5].

Також відомий спосіб одержання флаксів овочево-зернових конвективним сушінням при вищезазначених параметрах процесу до кінцевої вологості 13...14% [5].

Відомо, що при виробництві снеків чи чипсів з сировини рослинного походження пред'являють особливо жорсткі вимоги до процесу сушіння [12-14]. Це пов'язано з високою термолабільністю сировини, яка зумовлена наявністю біологічно активних речовин у її складі.

Оскільки, головним компонентом досліджуваних снеків є льон, який багатий на Омегу 3, поліненасичені жирні кислоти, клітковину та вітаміни А, В, Е, у складі продукту відсутні консерванти, емульгатори, розпушувач, то натуральний склад вихідної сировини лімітує параметри зневоднення, вимагає таких умов ведення процесу, за яких буде максимально збережено цінні складові

матеріалу. Для обґрунтування раціональних параметрів сушіння необхідний ретельний аналіз кінетики процесу.

Робота виконана в рамках госпдоговірної те-матики № 2785 «Теплотехнічний аудит конвективної сушильної установки СП-730».

**Мета роботи** – встановити кінетичні закономірності процесу конвективного сушіння снєків із насіння льону та розробити енергоефективні режими зневоднення [12].

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні **завдання**:

- здійснити теплотехнічний аудит діючої конвективної сушильної установки;
- дослідити кінетику вологообміну залежно від параметрів процесу;
- визначити шляхи зниження енергетичних витрат під час зневоднення снєків.

#### **Об'єкти та методи дослідження**

Під час досліджень використано суміш, яку надавало підприємство-замовник. Основним компонентом було насіння льону, а також спеції, вода, сіль та інші компоненти залежно від асортименту [15].

З підготовленої маси формували заготовки круглої форми діаметром 40...50 мм товщиною 3...5 мм. Заготовки розміщували на кулінарному пергаменті та зневоднювали на конвективному сушильному стенді до низької залишкової вологості 6%.

Експериментальний сушильний стенд обладнано автоматизованою системою збору та обробки інформації, що включає комп'ютер, цифрові ваги AD-500, прикладну спеціалізовану комп'ютерну програму Sooshka2, канал вимірювання температури, що складається з аналого-цифрового перетворювача та інтерфейсу [13].

За отриманими даними побудовано криві кінетики  $W^c = f(\tau)$  і швидкості сушіння

$$dW^c/d\tau = f(W^c).$$

Величину початкової, поточної і залишкової вологості зразків визначали у абсолютних одиницях за ДСТУ 7804:2015.

Абсолютна вологість  $W^c$  – це процентний вміст води до абсолютно сухої маси матеріалу, яку визначали за формулою (1):

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

де  $G$  – початкова маса зразка, г;  $G_{a.c.}$  – абсолютно суха маса зразка, г.

Абсолютно суху масу зразка визначали за формулою (2):

$$G_{a.c.} = G_k - \frac{G_k \cdot W_k}{100}, \quad (2)$$

де  $G_k$  – маса зразка після висушування на стенді, г;  $W_k$  – залишкова (кінцева) вологість зразка, %.

Оцінка якості снєків здійснювалась органолептичним способом відповідно до технічних умов підприємства-замовника [15]. До органолептичних показників належать: зовнішній вигляд, колір, запах, смак та консистенція.

#### **Результати та їх обговорення**

Під час теплотехнічного аудиту сушильної установки було встановлено, що вологість матеріалу та швидкість зневоднення суттєво відрізнялись по висоті, що призводило до нерівномірного висушування матеріалу. У верхній частині візка матеріал пересушувався, а у нижній – залишався сирым.

На підставі аналізу теплотехнічних умов сушіння для інтенсифікації процесу і зниження енергетичних витрат було розроблено та встановлено додаткові конструктивні елементи сушильної установки у вигляді щільової решітки з регульованим зазором між щілинами, що дозволяє збільшити переріз у тому чи іншому місці теплового потоку по висоті сушильної камери (рисунк 1).

Завдяки удосконаленню конструкції сушарки досягнуто рівномірного розподілу швидкості потоку теплоносія на піддонах візків установки, його температу-



**Рис. 1. Вдосконалена сушильна установка СП-730**

ри і вологовмісту. Такі заходи привели до інтенсифікації зневоднення і зменшили енерговитрати процесу.

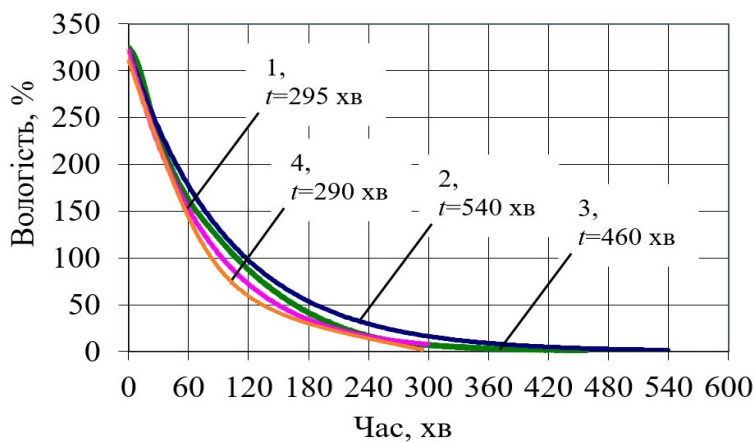
Аналізуючи зміну поточної вологості зневоднюваного матеріалу під час сушіння у промислових умовах визначено, що за рахунок удосконалення конструкції сушильної установки своєї кінцевої вологості  $W_k = 1,35 \dots 1,5\%$ , матеріал досягав вже через 8...10 годин процесу, в той час, як до встановлення конструктивних елементів, процес тривав щонайменше 18 годин.

На експериментальному сушильному стенді досліджено кінетику вологообміну сировини залежно від параметрів процесу. Узагальненням результатів теоретичних та експериментальних досліджень встановлено кінетичні закономірності процесу конвективного сушіння досліджуваного матеріалу, обґрунтовано та розроблено енергоефективні режими зневоднення (рисунк 2).

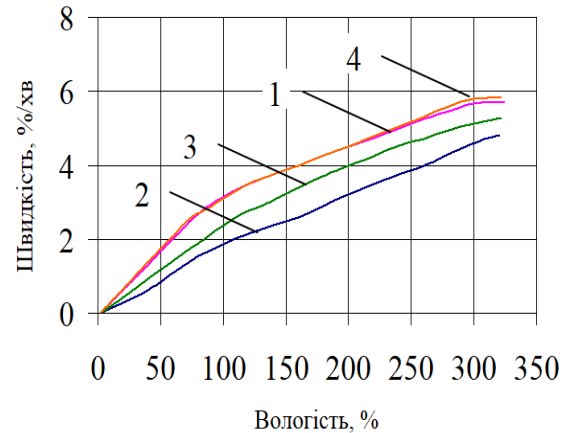
Як бачимо з рисунку 2 використання стадійного режиму 90...80 °C (крива 3) за умов швидкості сушильного агента 1,5 м/с скорочує тривалість процесу до 15% порівняно з режимом 75 °C (крива 2) [12]. Сушіння в режимі 90 оC (крива 1) скорочує тривалість процесу до 26% порівняно з режимом 75 оC (крива 2) за умов швидкості сушильного агента 1,5 м/с [12].

Скорочення тривалості процесу при підвищенні швидкості сушильного агента від 1,5 (крива 1) до 2 м/с (крива 4) за температури 90 оC майже не відбувається: 295 і 290 хв відповідно [12].

Аналіз кривих швидкості сушіння (рисунк 2, б) показує, що характер кривих властивий колоїдним



а)



б)

Рис. 2. Криві кінетики (а) та швидкості (б) сушіння сніків із насіння льону,  $\delta = 3 \dots 5$  мм,  $d = 11$  г/кг с.п.:

1 –  $t = 90$  °C,  $V = 1,5$  м/с; 2 –  $t = 75$  °C,  $V = 1,5$  м/с; 3 –  $t = 90 \dots 80$  °C,  $V = 1,5$  м/с; 4 –  $t = 90$  °C,  $V = 2$  м/с

капілярно-пористим матеріалам. Процес видалення вологи при зазначеному діапазоні параметрів проведення процесу відбувається в періоді спадної швидкості сушіння.

На виробництві візки з матеріалом завантажувались в холодну сушильну камеру. Нами було проведено дослідження процесу сушіння залежно від стартових умов зневоднення (у попередньо прогрітій та у холодній сушильній камері).

Як бачимо, закономірності процесу сушіння в режимі температур сушильного агента 75 °C (рисунк 3) і ступеневого 90...80 °C (рисунк 4) залежно від стартових умов зневоднення “холодна камера-нагріта” мають аналогічний характер.

При цьому, тривалість зневоднення в режимі температури сушильного агента 75 °C скорочується з 565 до

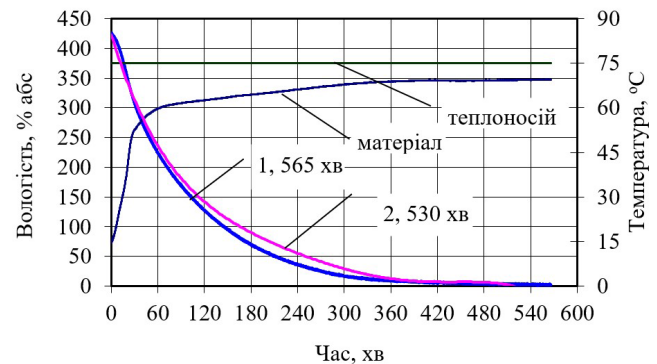
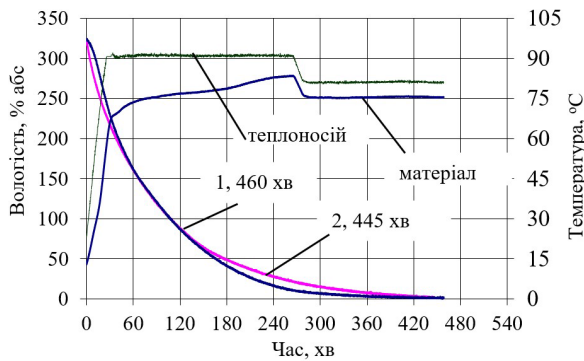


Рис. 3. Криві кінетики сушіння залежно від стартових умов зневоднення,  $\delta = 3 \dots 5$  мм,  $t = 75$  °C,  $V = 1,5$  м/с,  $d = 11$  г/кг с.п.:

1 – «холодна» камера; 2 – «нагріта» камера



**Рис. 4. Криві кінетики сушіння залежно від стартових умов зневоднення,  $\delta = 3 \dots 5$  мм,  $t = 90$  °C,  $V = 1,5$  м/с,  $d = 11$  г/кг с.п.: 1 – «холодна» камера; 2 – «нагріта» камера**

530 хв при сушінні у «нагрітій» сушильній камері, тобто на 6% (рисунок 3), а у режимі зневоднення 90 °C – з 460 до 445 хв, що становить лише 3,5 %, (рисунок 4). Тобто, тривалість зневоднення, залежно від стартових умов сушіння, скорочується несуттєво.

Органолептичні показники експериментально одержаних чипсів за зазначених режимів зневоднення не відрізнялись від промислово виготовлених (рисунок 5), [15].

#### Висновки

Використання ступеневого режиму зневоднення 90...80 °C порівняно з одностадійним сушінням за температури 75 °C призводить до прискорення процесу на 15 %.

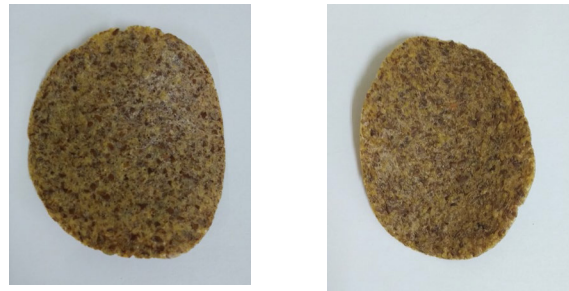
Сушінням в режимі 90 °C тривалість процесу скорочується на 26 % порівняно з режимом за температури 75 °C.

Закономірності процесу сушіння залежно від стартових умов зневоднення «холодна камера-нагріта» має аналогічний характер, тривалість зневоднення скорочується несуттєво від 3 до 6 %.

Завдяки удосконаленню конструкції сушарки досягнуто рівномірного розподілу швидкості потоку теплоносія на піддонах візку сушарки, його температури і вологовмісту. Такі заходи інтенсифікували зневоднення і зменшили енерговитрати процесу.

За рахунок удосконалення конструкції сушильної установки своєї «нормативної (кінцевої)» вологості  $W_k = 1,35 \dots 1,5$  %, матеріал досягає вже на 8...10 годину процесу.

З урахуванням вищенаведеного, загальна очікувана економія енерговитрат під час зневоднення складає 45...50 %.



**Рис. 5. Порівняння органолептичних показників снєків отриманих на виробництві (а) та у ІТТФ НАН України (б)**

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Бондаренко Ю.В., Білик О. А., Кочубей-Литвиненко О.В., Андронович Г.М. Насіння льону як рецептурний компонент хлібобулочних виробів // Наукові праці НУХТ. – 2020. – Т. 26. – Вип. 4. – с. 178-189. DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-4-20.
2. Megha Gupta, Vasudha Bansal. Development of gluten free snacks using chickpea flour and flax seeds for celiac patients // Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR). - 2021. – Vol. 8. – Iss. 10. – p. d223-d238.
3. Стеценко Н.О., Краєвська С.П. Обґрунтування рецептури снєку оздоровчого призначення на основі насіння льону // Матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі», 19 - 20 травня 2020 р. – Київ: НУХТ, 2020 р. – С. 218.
4. Kraevska S., Stetsenko N. Comparative characteristics of the properties of different varieties flax seeds intended for the snacks production // SWorldJournal. – 2020. – Vol. 1 (04-01). – p. 30-35. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2020-04-01-050>
5. Федорова Д.В. Овочево-зернові флакси із сухим риборослинним напівфабрикатом // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. – Том 30 (69). – Ч. 2. – № 3. – 2019. – С. 119-126. DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.3-2/22>
6. Amin T., Thakur M. Linum usitatissimum L. (Flaxseed) – a multivariuous functional food // Online Int. Res. J. – 2014. – Vol. 4. – p. 220-238.
7. Hely J., Shanna L., Chad E., Beth K. Flaxseed: a review of health benefits // Pennington Nutrition Series. – 2007. – № 5. – p. 1-5.

8. Слободянюк Н.М., Сухенко Ю.Г., Веретинська А.І. Харчова та біологічна цінність насіння льону // Наукові праці «ОНАХТ». – 2015. – Вип. 46. – Т. 1. – С. 91-94.
9. Pratibha Kaushik, Kim Dowling, Stafford McKnight, Colin J. Barrow, Bo Wang, Benu Adhikari, Preparation, characterization and functional properties of flax seed protein isolate // Food Chemistry. – Vol. 197. – Part A. – 2016. – p. 212-220. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.106>.
10. Dzuvor C.K.O., Taylor J.T., Acquah C., Pan S., Agyei D. Bioprocessing of Functional Ingredients from Flaxseed // Molecules (Basel, Switzerland). – 2018. DOI: 10.3390/molecules23102444.
11. Реценз і наукове обґрунтування сніданку академіка Рибалки О. І. // Костів. Жива органіка. Наукові статті. – 2020. [Електронний ресурс]. URL: <https://organic-kostiv.in.ua/retsept-i-naukove-obgruntuvannya-snidanku-akademika-rybalky-o-i/> (дата звернення 28.05.2023 р.).
12. Гусарова О.В., Снежкін Ю.Ф. Конвективне зневоднення снєків із насіння льону // Збірник тез доповідей IX Міжнародної наукової конференції «Інноваційні енерготехнології», 12-16 вересня 2022 р. – Одеса: ОНАХТ, 2022, с. 20-21.
13. Снежкін Ю.Ф., Шапар Р.О. Тепломасообмінні технології переробки пектиновмісної сировини: монографія. НАН України, Ін-т технічної теплофізики. Київ: СІК ГРУП Україна, 2018. 228 с. ISBN 978-617-7457-69-4.
14. Husarova O., Shapar R., Sorokova N. Intensification of heat and mass transfer during the convective drying of apple to low final moisture // in monograph “Theoretical and practical aspects of the development of the euro-pean research area”. Riga, Latvia: “Baltija Publishing”, 2020. – p. 191-211. <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-53-2-52>.
15. Снеки з насіння льону «ФБЮЧПСИ» <https://futurefood.kiev.ua>

## KINETIC REGULATIONS

## PROCESS OF CONVECTIVE DRYING OF FLAX SEED SNACKS

Sniezhkin Yu. F.<sup>1</sup>, Husarova O.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine, 2a, Marii Kapnist Str., Kyiv, Ukraine, 03057, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9049-3392>, email: [itf\\_ntps@ukr.net](mailto:itf_ntps@ukr.net)

<sup>2</sup>PhD, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Beresteyskyi Ave, 37, Kyiv, 03056, Ukraine

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine, 2a, Marii Kapnist Str., Kyiv, Ukraine, 03057

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-7622-9168>, email: [o.v.husarova@nas.gov.ua](mailto:o.v.husarova@nas.gov.ua)

<https://doi.org/10.31472/tpe.3.2023.4>

The main component of the studied snacks is flax, which is rich in Omega 3, polyunsaturated fatty acids, fiber and vitamins A, B, E. The product does not contain emulsifiers, baking powder. The natural composition of raw materials limits the parameters of dehydration, requires such conditions of the process, which will preserve the most valuable components of the material. Careful analysis of the process kinetics is required to substantiate the rational drying parameters.

The purpose of the work is to study the kinetics of moisture exchange depending on the process parameters; thermal audit of the operating convective drying unit; identifying ways to reduce energy costs during dehydration of snacks.

**Research methods.** The study of the kinetics of the snack drying process was performed on an experimental convective stand with a system of automatic recording and processing of information at a drying agent temperature of 75, 90 and 90...80 °C, speed 1.5 and 2 m/s, moisture content 11 g/kg dry air.

**Results.** The results of experimental studies have shown that the use of step-wise dehydration mode 90...80 °C compared to one-stage drying at 75 °C leads to a process acceleration of 15%, and in the 90 °C mode - by 26%. Reducing the duration of the process by increasing the speed of the drying agent from 1.5 to 2 m/s at a temperature of 90 °C is almost non-existent. The organoleptic characteristics of the experimentally obtained snacks did not differ from those produced industrially and met the standards.

**Conclusions.** Summarizing the results of thermal engineering audit and analysis of drying conditions of dehydrated material, rational regime parameters of the process are determined, additional structural elements of the dryer are developed and installed. Due to the improvement of the design of the drying unit, a uniform distribution of the flow rate of the drying agent, its temperature and moisture content is achieved. Such measures made it possible to intensify dehydration, reduce the duration of the process and reduce electricity consumption by 15...26%.

References 15, figures 5.

**Key words:** snakes from flax seeds, convective drying, step-wise dehydration mode, energy efficiency.

1. Bondarenko Yu.V., Bilyk O. A., Kochubei-Lytvynenko O.V., Andronovych H.M. Nasinnia lonu yak retsepturnyi komponent khlіbobulochnykh vyro-biv [Flax seeds as a recipe component of bakery products] // Naukovi pratsi NUKhT. 2020. Vol. 26 (4). p. 178-189. DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-4-20 (in Ukr).

2. Megha Gupta, Vasudha Bansal. Develop-ment of gluten free snacks using chickpea flour and flax seeds for celiac patients // Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR). 2021. Vol. 8. Iss. 10. p. d223-d238.

3. Stetsenko N.O., Kraievska S.P. Obgruntu-vannia retseptury sneku ozdorovchoho pryznachennia na osnovi nasinnia lonu [Justification of the recipe of the health snack based on flax seeds] // Materialy IKh Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Innovatsiini tekhnolohii v hotelno-restorannomu biznesi», 19 - 20 may 2020. Kyiv: NUKhT. p. 218 (in Ukr).

4. Kraevska S., Stetsenko N. Comparative characteristics of the properties of different varieties flax seeds intended for the snacks production // SWorldJournal. 2020. Vol. 1 (04-01). p. 30-35. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2020-04-01-050>

5. Fedorova D.V. Ovochevo-zernovi flaksy iz sukhym ryboroslynnym napivfabrykatom [Vegetable and grain flakes with dry fish and vegetable semi-finished product] // Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernadskoho. Seria: tekhnichni nauky. Vol. 30 (69). 2. № 3. 2019. p. 119-126. DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.3-2/22> (in Ukr).

6. Amin T., Thakur M. Linum usitatissimum L. (Flaxseed) – a multivarious functional food // Online Int. Res. J. 2014. Vol. 4. p. 220-238.

7. Hely J., Shanna L., Chad E., Beth K. Flax-seed: a review of health benefits // Pennington Nutrition Series. 2007. № 5. p. 1-5.

8. Slobodianiuk N.M., Sukhenko Yu.H., Veretyn-ska A.I. Kharchova ta biolohichna tsinnist nasinnia lonu [Nutritional and biological value of flax seeds] // Naukovi pratsi «ONAKhT», 2015. Vol. 46. Part 1. p. 91-94 (in Ukr).

9. *Pratibha Kaushik, Kim Dowling, Stafford McKnight, Colin J. Barrow, Bo Wang, Benu Adhi-kar*. Preparation, characterization and functional properties of flax seed protein isolate // *Food Chemistry*. Vol. 197. Part A. 2016. p. 212-220. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.106>.
10. *Dzuvor C.K.O., Taylor J.T., Acquah C., Pan S., Agyei D.* Bioprocessing of Functional Ingredients from Flaxseed // *Molecules* (Basel, Switzerland). – 2018. DOI: 10.3390/molecules23102444.
11. *Retsept i naukove obgruntuvannia snidanku akademika Rybalky O. I.* [Recipe and scientific justification of academician O. I. Rybalka's breakfast] // *Kostiv. Zhyva orhanika*. Naukovi statii. 2020. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://organic-kostiv.in.ua/retsept-i-naukove-obgruntuvannya-snidanku-akademika-rybalky-o-i/> (in Ukr).
12. *Husarova O.V., Sniezhkin Yu.F.* Konvektyvne znevodnennia snekiv iz nasinnia lonu [Convective dehydration of flaxseed snacks] // *Zbirnyk tez dopovidei IKh Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii «Innovatsiini enerhotekhnologii»*, 12-16 september 2022. Odesa: ONAKhT., 2022, p. 20-21. (in Ukr).
13. *Sniezhkin Yu.F., Shapar R.O.* Teplomasoobminni tekhnologii pererobky pektynovmisnoi syro-vyny: monohrafiia. NAN Ukrainy, In-t tekhnichnoi teplofizyky. Kyiv: SIK HRUP Ukraina, 2018. 228 p. ISBN 978-617-7457-69-4. (in Ukr).
14. *Husarova O., Shapar R., Sorokova N.* Intensification of heat and mass transfer during the convective drying of apple to low final moisture // in monograph “Theoretical and practical aspects of the development of the euro-pean research area”. Riga, Latvia: “Baltija Publishing”, 2020. p. 191-211. <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-53-2-52>.
15. *Futurefood* <https://futurefood.kiev.ua/>

Отримано 16.06.2023  
Received 16.06.2023

Прийнято до друку 15.08.2023  
Accepted for publication 15.08.2023