

6. Tolubinskij V. I (1980) Teploobmen pri kipenii. Kiev: Nauk. dumka.,. 316.
7. Chubik, I.A.; Maslov, A.M. (1970). Spravochnik po teplofizicheskim konstantam pishhevykh produktov i polufabrikatov. M.: Pishhevaya promyshlennost'.. 184.
8. Ginzburg A.S. (1980). Teplofizicheskie kharakteristiki pishhevykh produktov. Spravochnik. Izdanie vtoree, dopolnennoe i pererabotannoe. M.: Pishhevaya promyshlennost', 288.
9. V. P. Babarin, N. N. Mazokhina-Porshnyakova, V. I. Rogachev (1987) Spravochnik po sterilizatsii konservov M. : Agropromizdat., 270.
10. Magerramov M.A. (2006), Temperaturoprovodnost' i poverkhnostnoe natyazhenie Granatovogo soka pri temperaturakh 10–90°C. Izv. vuzov. Pishhevaya tekhnologiya, 5, 68–71.
11. Labuntsov, D. A. (1974), Sovremennyye predstavleniya o mekhanizme puzyr'kovogo kipeniya zhidkostej // Teploobmen i fizicheskaya gidrodinamika. M. Nauka, 98–115.

УДК 664.8.047

## ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ВОЛОГОВИДАЛЕННЯ ПРИ ЗНЕВОДНЕННІ ПЛОДООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ

Снежкін Ю. Ф., д.т.н., професор, чл. – кор. НАН України,  
Гусарова О. В., Шапар Р. О., к.т.н.  
Інститут технічної теплофізики НАН України

## INTENSIFICATION OF MOISTURE REMOVE IN DRYING PROCESS FRUIT AND VEGETABLE RAW MATERIALS

Snezhkin Yu. F., Husarova O. V., Shapar R. O.  
Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine

Copyright © 2017 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.** У статті дано визначення фруктово-овочевих чипсів, зазначено основні способи зневоднення, які використовуються в світі для отримання чипсів, наведені недоліки технологій їх виробництва. Представлені вимоги до сировини при виробництві фруктово-овочевих чипсів, наведені оптимальні значення цукрово-кислотного індексу для фруктів. Об'єктами досліджень були яблука, груші, айва, хурма і білі коренеплоди. У статті також наведено аналіз різних способів попередньої обробки фруктової сировини перед сушінням (паротермічна обробка, обробка в розчинах лимонної кислоти і цукровому сиропі). Отримані результати використані при розробці енергоефективної теплотехнології виробництва фруктово-овочевих чипсів з використанням конвективно-конденсаційного методу сушіння, розроблені і затверджені технічні умови "Чипси фруктові, овочеві". Теплотехнологія захищена 9 патентами України. Розроблена теплотехнологія дозволяє інтенсифікувати вологовидалення та підвищує енергоефективність процесу зневоднення на 10...15 %.

**Abstract.** A new form of dried products for Ukrainian consumers is fruit and vegetable crisps. Fruit or vegetable crisps are thin lamina of fruits or vegetables obtained without frying. Fruit or vegetable crisps obtained by drying to low residual moisture. Their characteristic is the lack in the composition of cholesterol, carcinogens and more.

Scientific development technologies drying crisps involved in many countries (Korea, Poland, Hungary, Russia and Belarus), but Ukraine does not pay enough attention to such studies.

The article describes the basic methods of drying that are used in the world for the production crisps. The main disadvantages of the methods for producing crisps are also indicated.

The requirements for raw materials for the production of fruit and vegetable crisps are presented; the optimal values of the sugar-acid index for fruit are given. Experimentally that the optimum size of a sugar-acid index, for apples is 16...20, and for pears is 50...70.

Objects of research were apples, pears, quince, persimmon and white roots. The article also analyzes various methods of preliminary processing of raw materials before drying (steam treatment, treatment in solutions of citric acid and sugar syrup). Analysis of modes and methods of pretreatment of raw materials on drying kinetics and the organoleptic finished product showed that examined treatments provide a high degree of color preservation of raw materials and accelerating the kinetics compared to untreated samples.

*Steam treatment shortens the drying process by 20...30 % than the raw fruit dehydration. Steam treatment stabilizes color and taste range of source material. Steam treatment helps preserve vitamins and helps destruction of oxidative enzymes. For white roots, which contain flavorings and essential oils steam processing is not performed.*

*The obtained results were used in the development of energy-efficient technology for the production of fruit and vegetable crisps using the convection-condensation drying method, and the technical specifications of "Crisps fruit and vegetable" were developed and approved. Technology is protected by 9 patents of Ukraine. The developed technology increases the energy efficiency of the process by 10...15 %.*

**Ключові слова:** фруктово-овочеві чипси, вологовидалення, теплотехнології, цукрово-кислотний індекс, конвективно-конденсаційний метод сушіння сировини, енергоефективність процесу.

**Keywords:** fruit and vegetable crisps, moisture removal, innovative technologies, sugar-acid index, convective and condensation drying, energy efficiency of process.

**Вступ.** Як відомо, термін зберігання свіжої харчової сировини рослинного походження невеликий. Ферментативні, мікробіологічні та біохімічні зміни призводять до псування сировини досить швидко і при зберіганні їх втрати можуть досягати 40...50 %.

Одним з найбільш ефективних методів збереження свіжої харчової сировини є сушіння. Сушена продукція не потребує великих площ для зберігання та транспортування, в ній збережені корисні речовини, вона має довготривалий термін зберігання.

Новою формою сушеної продукції для українського споживача є фруктово-овочеві чипси. Фруктові або овочеві чипси – це тонкі пластинки фруктів чи овочів отримані без обсмаження, сушінням до низької залишкової вологості, тому їх характерною відзнакою є відсутність у складі холестерину, канцерогенів тощо. Вони ароматні, смачні та, що дуже важливо, – натуральні. Завдяки цьому чипси набувають популярності та попиту.

Процес термічного зневоднення є основним у технологічному циклі отримання фруктових чипсів і визначає якість готового продукту та енергетичні показники виробництва.

**Формулювання проблеми та аналіз останніх досліджень.** Аналіз доступних літературних та Інтернет джерел показав, що існує значна кількість технологій для виробництва фруктово-овочевих чипсів. Науковими розробками технологій сушіння чипсів займаються у багатьох країнах світу (Кореї, Польщі, Угорщині, Росії та Білорусії) [1 – 4], проте в Україні не приділяють достатньої уваги подібним дослідженням.

У виробництві чипсів використовують різні способи зневоднення – сублімаційний, вакуумний, конвективний, інфрачервоний, а також їх поєднання. Більшість технологій отримання чипсів передбачають застосування різних смакових добавок, стабілізаторів, прянощів, як на стадії підготовки сировини, так і на заключній стадії [1 – 4]. Для цього необхідні додаткові компоненти, обладнання, що в свою чергу, збільшує собівартість кінцевого продукту. Крім цього, фруктово-овочеві чипси втрачають свою натуральність, стають більш калорійними і менш дієтичними.

Тому розробка енергоефективної теплотехнології виробництва фруктово-овочевих чипсів є актуальним завданням через відсутність в Україні масового промислового виробництва чипсів. Крім того, вирішення питань зниження енергоспоживання й інтенсифікації вологовидалення в процесі сушіння є актуальним науково-технічним завданням.

**Мета.** Аналіз режимів і способів попередньої обробки рослинної сировини на кінетику процесу зневоднення. Розробка енергоефективної теплотехнології виробництва фруктово-овочевих чипсів з використанням конвективно-конденсаційного методу сушіння, яка забезпечує отримання натурального продукту без смакових добавок, ароматизаторів і стабілізаторів.

**Результати та їх обговорення.** Об'єктами досліджень були: яблука, груші, айва, хурма, банани і білі коренеплоди. Термолабільність сировини визначається вмістом в її складі органічних кислот, цукрів, пектинів, вітамінів, каротиноїдів, ефірних і ароматичних речовин. Тому, при розробці теплотехнології і проведенні експериментальних досліджень, враховувалися властивості і склад кожного виду сировини, підбиралися відповідні способи підготовки і режими сушіння таким чином, щоб максимально зберегти її натуральність і мінімізувати енерговитрати на сушіння.

При виробництві чипсів з фруктів бажано використовувати плоди середнього ступеня зрілості з білим щільним плодовим тілом, пізніх осінніх і осінньо-зимових сортів. Також слід враховувати величину цукрово-кислотного індексу (ЦКІ) вихідної сировини – відношення цукру до кислоти. Експериментально встановлено, що оптимальна величина ЦКІ, наприклад для яблук – 16...20, а для груш – 50...70. Вибір сировини з вказаною величиною ЦКІ позитивно позначається на смакових якостях чипсів, виключає можливість протікання реакцій карамелізації та меланоїдиноутворення, забезпечує збільшення вологообміну в процесі сушіння.

Підготовлені фрукти нарізали товщиною 3...6 мм, надавали різним видам попередньої теплової обробки (паротермічній, обробці у розчинах лимонної кислоти і цукровому сиропі). Режими попередньої теплової обробки визначаються реакцією на пероксидазу – найбільш термостійкий фермент. Для його повної інактивації температура у центрі матеріалу повинна бути близько 85...90 °С. При попередній тепловій

обробці відбуваються складні фізико-хімічні, фізичні, біохімічні та структурні перетворення, гідроліз протопектину, коагуляція білків протоплазми клітин, припиняються окисні процеси.

Аналіз режимів і способів попередньої обробки сировини на кінетику сушіння і на органолептику готового продукту показав, що розглянуті види обробки забезпечують високу ступінь збереження кольору вихідної сировини (табл. 1) і прискорюють кінетику в порівнянні з необробленими зразками.

При паротермічній обробці тривалість процесу сушіння на 20...30 % менша, ніж при зневодненні необроблених фруктів [5]. Паротермічна обробка стабілізує кольорову та смакову гаму вихідного матеріалу, сприяє збереженню вітамінів, руйнуванню окисних ферментів.

Зразки оброблені в розчині лимонної кислоти мають найвищу швидкість кінетики сушіння, тривалість процесу на 14 % менша, ніж паротермічно оброблених, із чого витікає, що зниження рН середовища сприятливо впливає на клітинні мембрани, підвищуючи їхню проникність та інтенсивність процесу видалення вологи.

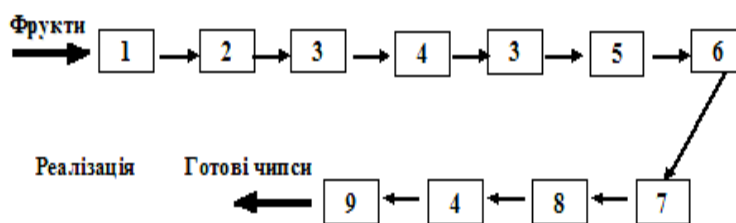
Процес сушіння зразків оброблених у розчині цукрового сиропу найтриваліший через закупорку капілярів сиропом, що особливо помітно на заключній стадії зневоднення. Але, бланшування у розчинах лимонної кислоти, як і у цукровому сиропі, негативно позначається на смакових показниках готового продукту. До того ж, такі види теплової обробки приводять до здорожчання продукту за рахунок придбання додаткових смакових компонентів, втрати натуральності, при цьому, порівняно з бланшуванням парою, відбуваються більші втрати поживних водорозчинних речовин.

**Таблиця 1 - Вплив попередньої теплової обробки рослинної сировини на колір зразка і готового продукту (на прикладі яблук)**

Вид обробки	Зміна кольору свіжого зразка	Колір готових чипсів
необроблені	потемніння від 3 до 35 хв в залежності від сорту	світло-коричневий колір
паротермічна обробка	колір стійкий насичений	світло-кремовий колір
обробка у 0,1 % та 1 % розчинах лимонної кислоти	колір насичений	світло-жовтий колір
обробка у 10 % розчині цукрового сиропу	колір насичений	кремовий колір

Зневоднення здійснювалось методом конвективно-конденсаційного сушіння до залишкової вологості не більше 8 %. Проводився контроль тривалості перебування сировини в середовищі певної температури і вологовмісту, температура матеріалу під час зневоднення не перевищувала гранично-допустиму для термолабільних матеріалів.

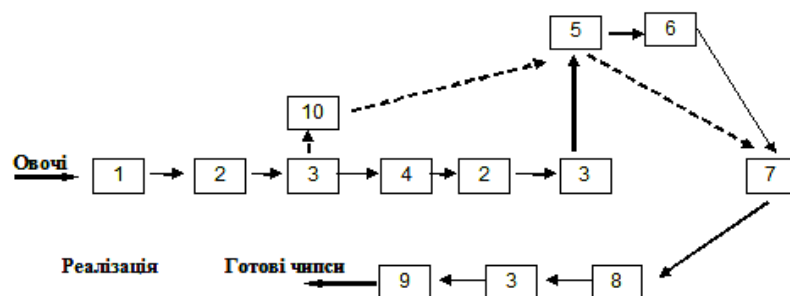
На підставі отриманих результатів авторами розроблена схема технологічного процесу виробництва фруктових чипсів (рис. 1).



1 – бункер; 2 – ванна для замочування; 3 – мийна машина; 4 – інспекційний транспортер;  
5 – машина для різки; 6 – апарат для паротермічної обробки; 7 – сушильна установка;  
8 – апарат для охолодження; 9 – пакувальне обладнання

**Рис. 1. Схема технологічного процесу виробництва фруктових чипсів.**

Схема технологічного процесу виробництва овочевих чипсів та чипсів з білих коренеплодів представлена на рисунку 2.



1 – бункер; 2 – мийна машина; 3 – інспекційний транспортер; 4 – термоочисна машина; 5 – машина для різання; 6 – апарат для паротермічної обробки; 7 – сушильна установка; 8 – апарат для охолодження; 9 – пакувальне обладнання; 10 – агрегат для механічного очищення

Рис. 2. Схема технологічного процесу виробництва овочевих чипсів та чипсів з білих коренеплодів.

Для білих коренеплодів, що містять ароматичні речовини та ефірні масла, паротермічна обробка не проводилася. Сушіння здійснювали в режимі низькотемпературного зневоднення [6].

**Висновки.** Аналіз і узагальнення результатів експериментальних досліджень дозволив розробити конвективно-конденсаційні режими процесу сушіння, відповідно до яких, здійснюється зниження температури і вологовміст сушильного агента постадійно, в залежності від виду сировини. Для уникнення перевищення температури матеріалу вище гранично допустимої, проводиться контроль тривалості перебування сировини в середовищі певної температури і вологовмісту, завдяки чому виключається перегрів матеріалу і руйнування термолабільних речовин фруктово-овочевої сировини.

Розроблена теплотехнологія виробництва фруктово-овочевих чипсів з використанням конвективно-конденсаційного методу сушіння інтенсифікує вологовидалення й підвищує енергоефективність процесу зневоднення на 10...15 %. Теплотехнологія захищена 9 патентами України, розроблені і затверджені технічні умови "Чипси фруктові, овочеві".

#### Література

1. Method for making dehydrated apple chips: pat. CN104305041A China: A23L 1/212. № 201410529339; appl. 10.10.2014; pub. 28.01.2015.
2. Method of manufacturing diet chips of vegetables and fruits: pat. WO 2002074102 Poland: A23B 7/022, A23B 7/06, A23B 7/08, A23B 7/10, A23B 7/155, A23L 1/212. № PCT/PI2002/000013; appl. 15.03.2001; pub. 26.09.2002.
3. Способ производства пищевого продукта из яблок: пат. 10964 Беларусь: МПК<sup>8</sup> A23L 1/212, A23B 7/005. № a20060519; заявл. 26.05.2006; опубл. 30.08.2008.
4. Способ производства плодовоовощных чипсов: пат. 2520142 Российская Федерация: МПК<sup>9</sup> A23L 1/212. № 2012127498/13; заявл. 03.07.2012; опубл. 20.06.2014, Бюл. № 17.
5. Розробка технології виробництва нових форм сушених продуктів.: стат. / Снежкін Ю.Ф. та ін. // Промышленная теплотехника, 2015. Т. 37, № 6. С. 29–37.
6. Снежкин Ю.Ф., Шапарь Р.А. Энергоэффективность теплотехнологий переработки растительных материалов.: материалы конф., 3-я международная научно-техн. конф // Нестационарные, энерго- и ресурсосберегающие процессы и оборудование в химической, нано- и биотехнологии: Москва: МГОУ, 2013. С. 211–215.

#### References

1. Zhao Guoying. (2015). *CN. Patent No.104305041A*.
2. Plocharski, W., Konopacka, D. (2002). *PL. Patent No. WO 2002074102*.
3. Arnaut, S.A., Lovkis, Z.V. (2006). *BLR. Patent No. 10964*.
4. Kalashnikov, G.V., Litvinov, Ye.V. (2014). *RU. Patent No. 2520142*
5. Snezhkin, Ju.F., Shapar, R.O., Sorokova, N.M., Husarova, O.V. (2015). Rozrobka tekhnologhiji vyrobnyctva novykh form sushenykh produktiv. *Promyshlennaya teplotekhnika*, 37 (6), 29–37.
6. Snezhkin, Yu.F., Shapar, R.A. (2013). Energoeffektivnost teplotekhnologiy pererabotki rastitelnykh materialov. Nestatsionarnye, energo- i resursosberegayushchie protsessy i oborudovanie v khimicheskoy, nano- i biotekhnologii: *materialy konf., 3-ya mezhdunarodnaya nauchno-tekhn. konf.* (2013 hoda) - (pp. 211–215). Moskva: MGOU.