

УДК 664.72

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА НОВИХ ФОРМ СУШЕНИХ ПРОДУКТІВ

Снєжкін Ю.Ф., чл.-кореспондент НАН України, Шапар Р.О., канд. техн. наук,
Сорокова Н.М., канд. техн. наук, Гусарова О.В.

Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Желябова, 2а, Київ, 03680, Україна

Узагальнені закономірності тепломасообміну під час сушіння, встановлені раціональні параметри з метою інтенсифікації процесу та розробки технології виробництва фруктово-овочевих чипсів.

Обобщены закономерности тепломассообмена при сушке, установлены рациональные параметры с целью интенсификации процесса и разработки технологии производства фруктово-овощных чипсов.

Was generalized patterns of heat and mass transfer during drying established rational parameters in order to intensify the process and the development of technology production of fruit and vegetable chips.

Бібл. 18, рис. 5.

Ключові слова: фруктово-овочеві чипси, термолабільні матеріали, масоперенос, багатостадійні режими зневоднення, інтенсифікація процесу.

c – питома ізобарна теплоємність;

$D_p D_n D_{нов}$ – коефіцієнт дифузії рідини, пари, повітря;

d – вологовміст сушильного агента;

d_m – діаметр частки матеріалу;

g – питома навантаження матеріалу;

q – питома теплота випаровування;

I – інтенсивність випаровування;

r_n – теплота пароутворення;

t, θ, T – температура;

f – фактор форми;

V – швидкість;

U – об'ємна концентрація;

W^c – вологість матеріалу по відношенню до абсолютно сухої маси;

α – коефіцієнт тепловіддачі;

δ – коефіцієнт термодифузії;

ϵ_v – відносна об'ємна деформація;

ρ – густина;

λ – коефіцієнт теплопровідності;

∇ – оператор Гамільтона;

τ – час;

м/о – мікроорганізми;

ТНСУ – теплонасосна сушильна установка.

Індекси нижні:

з – залишкова вологість.

рівн. – рівноважна вологість;

пов – повітря;

г – газ;

р – рідина;

п – пара;

т – тверде пористе тіло;

еф – ефективне значення;

L – стрічка;

V – об'єм тіла.

Переробка фруктово-овочевої сировини на сушену продукцію, як один із альтернативних варіантів свіжим фруктам і овочам у зимово-весняний період року, характеризується високою енергоємністю, низькою енергоефективністю, які визначаються насамперед процесом сушіння.

Існує ряд методів зниження енергетичних витрат: від вибору способу зневоднення до встановлення раціональних тепловологих режимів, що призводять до інтенсифікації процесу та створення енергоефективного обладнання. Зневоднення рослинних матеріалів, що мають складну колоїдну

капілярно-пористу структуру, ускладнюється термолабільністю об'єктів сушіння, обумовленою наявністю в їхньому складі вуглеводів, білків, органічних кислот, пектинових та каротинових речовин, вітамінів, мікро та мікроелементів і т.п.

Новим продуктом на вітчизняному ринку є фруктово-овочеві чипси. За своєю структурою це тонкі хрусткі пластинки висушені до низької залишкової вологості зі смаком та кольором, властивим вихідній сировині. Характерною відзнакою чипсів є відсутність процесу обсмаження, що виключає у їхньому складі наявність холестерину, канцерогенів, тощо. Завдяки низькій калорійності, зручності у користуванні, тривалості зберігання чипси набувають популярності та попиту. Проте, в торгівельній мережі України представлені чипси тільки закордонного виробництва, які мають занадто високу ціну.

Огляд літературних джерел [1-7] показує, що більшість технологій незалежно від обраного способу сушіння, включають етап попередньої обробки сировини, що передбачає витримку нарізаної сировини у сольових чи ферментних розчинах або бланшування з доданням смакових компонентів: цукрового сиропу, підсолонкувачів, фруктових соків, лимонної, апельсинової кислот або есенцій, прянощів, ароматизаторів, барвників, тощо. Окрім того, існують технології відповідно з якими на заключному етапі на поверхню висушених чипсів наносять шоколадну глазур, корицю, ваніль та інші смакові інгредієнти, здебільшого штучного походження. Чипси, одержані у такий спосіб, втрачають природні смак та аромат та набувають смаку доданих речовин і це знижує природні властивості кінцевого продукту. До того ж така обробка потребує додаткових сировинних компонентів й устаткування, що збільшує виробничі витрати і підвищує собівартість кінцевого продукту.

Враховуючи високу енергоємність процесу зневоднення, основного у технологічному циклі, а також матеріальні, сировинні витрати, що обумовлюють собівартість чипсів, вирішуючи напрямки їх зниження та базуючись на узагальненні закономірностей тепломасопереносу під час попередньої обробки сировини

і сушінні, нами розроблена енергоефективна технологія виробництва чипсів, в основу якої покладено метод швидкісного конвективного сушіння у режимах багатостадійного зневоднення у чистому середовищі без обробки інертними чи хімічно-активними речовинами. У технологічному процесі виключено застосування будь-яких додаткових смакових наповнювачів або консервантів, що надає чипсам натуральності.

Результатами експериментальних досліджень доведено (рис. 1), що для інтенсифікації процесу сушіння маємо проводити паротермічну обробку зневоднювального матеріалу [8,9], що підтверджується даними, представленими у вигляді кривих кінетики сушіння $W^c = f(\tau)$ і кривих кінетики швидкості сушіння $dW^c/d\tau = f(W^c)$ на прикладі зневоднення яблук. Порівняння кривих кінетики сушіння паротермічно оброблених і необроблених яблук в зазначеному діапазоні параметрів процесу показує, що інтенсивність видалення вологи оброблених зразків до досягнення матеріалом вологості 140...160 % нижча, ніж необроблених, але потім швидкість сушіння обробленої сировини зростає і залишкову вологість 8 % зразки досягають швидше, ніж необроблені, тривалість процесу скорочується на 15 %. Як показали дослідження, така закономірність процесу не є типовою, а швидкість сушіння паротермічно оброблених матеріалів, як правило, вища вже з самого початку процесу. Необхідний ефект обробки досягається при температурі матеріалу в інтервалі від 70 до 88 °C впродовж 10...480 с. в залежності від виду сировини. Порушення режиму призводить до зниження якісних показників, збільшення тривалості зневоднення і, як наслідок, зростання енергетичної складової процесу. Паротермічна обробка не обмежується тільки збільшенням масопереносу при сушінні, а й сприяє стабілізації кольору і смаку, збереженню вітамінного комплексу, інактивації ферментної системи, знешкодженню вегетативної мікрофлори сировини.

Одночасно з паротермічною обробкою рослинних матеріалів, як фактор підвищення ефективності процесу, виступає інтенсифікація самого процесу зневоднення. Експериментально встановлено, що інтенсифікація масообміну

досягається комбінацією параметрів сушильного агента та умов зневоднення таких як геометричні розміри та форма зневоднювального матеріалу, його питоме навантаження, напрямок руху сушильного агента, його швидкість, вологовміст і температура.

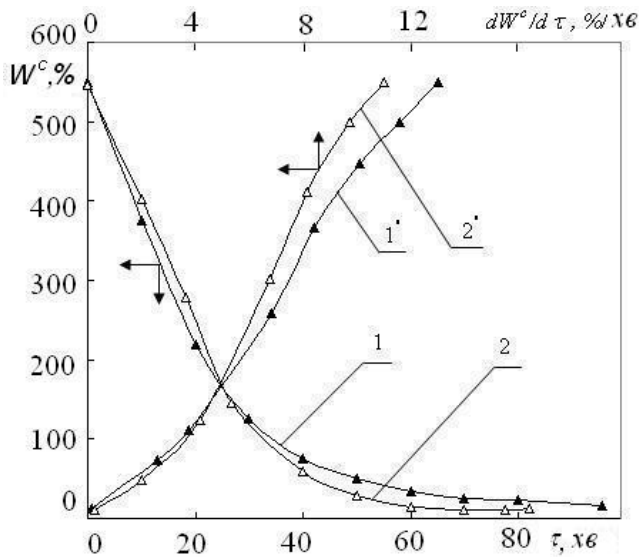


Рис. 1. Вплив паротермічної обробки на процес сушіння

1,2 – $W^c = f(\tau)$; 1', 2' – $dW^c/d\tau = f(W^c)$
 $d = 10$ г/кг сухого повітря; $\delta = 3...4$ мм;
 $t = 90...65$ °С; $V = 1,5$ м/с;
 1,1' – необроблені яблука;
 2,2' – паротермічно оброблені.

Істотний вплив на інтенсивність зневоднення і економічність процесу має температура сушильного агента: чим вона вища, тим інтенсивніше проходить вологообмін та відповідно вище швидкість зневоднення.

Розглядаючи спрощену модель процесу сушіння (1, 2), видно як впливають параметри сушильного агента і зневоднювального матеріалу на швидкість процесу. Якщо припустити, що все тепло, яке підводиться до часточки матеріалу, йде на випаровування вологи, а при цьому часточка матеріалу мала, то можна знехтувати градієнтами температури і вологовмісту. Тепловий баланс такої часточки має вигляд:

$$\alpha \pi d_m^2 f(t - \theta) = \frac{dW}{d\tau} \cdot \frac{\pi d_m^3}{6} \cdot \rho_m \cdot r_n, \quad (1)$$

звідки

$$\frac{dW}{d\tau} = \frac{6\alpha f(t - \theta)}{\rho_m r_n d_m}. \quad (2)$$

Отже, з теплотехнічної точки зору, для інтенсифікації зневоднення температуру сушильного агента маємо підвищувати, а, враховуючи термолабільність фруктово-овочевої сировини і її максимально допустиму температуру, таке підвищення лімітовано.

На підставі аналізу та узагальнення результатів експериментальних досліджень [9,10] розроблено стадійні режими проведення процесу, відповідно до яких здійснюється зниження температури сушильного агента в залежності від виду об'єкта зневоднення та контроль тривалості перебування зневоднювального матеріалу у середовище певної температури. Як приклад на рис. 2 надано результати експериментальних досліджень процесу сушіння плодів хурми у вигляді температурних кривих $t = f(W^c)$ та кривих кінетики вологообміну $W^c = f(\tau)$.

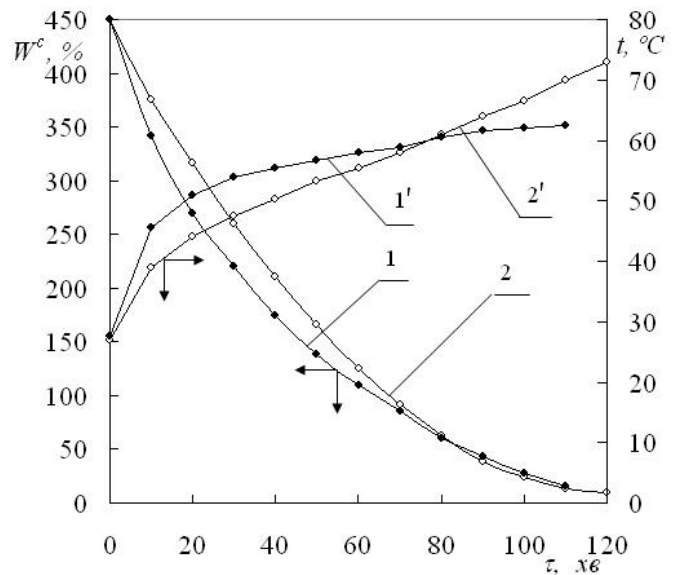


Рис. 2. Криві кінетики сушіння

1,2 – $W^c = f(\tau)$; 1',2' – $t = f(W^c)$
 $d = 10$ г/кг сухого повітря;
 $\delta = 3...4$ мм; $V = 1$ м/с;
 1,1' – $t = 95...65$ °С; 2,2' – $t = 80$ °С.

Побудовані графічні залежності показують, що при зазначених параметрах зневоднення видалення вологи з матеріалу проходить із спадною швидкістю протягом

всього процесу. Середня температура плодів хурми під час зневоднення в режимі теплоносія 80 °С при досягненні матеріалом 20...35 % вологості перевищує максимально допустиму величину. Зневоднення плодів хурми в режимі стадійного сушіння при температурі 95...65 °С, порівняно з одностадійним, зумовлює незначне скорочення тривалості сушіння, лише на 8 %, проте температура зневоднювального матеріалу впродовж сушіння підтримується на безпечному рівні. Отже перевага стадійного сушіння очевидна [9,11,12].

У відповідності з результатами раніше проведених досліджень, при зневодненні фруктово-овочевої сировини до низької залишкової вологості, а саме при виробництві чипсів її величина не перевищує 8 %, в міру віддалення адсорбційної вологи, найбільш міцно пов'язаної з матеріалом, уповільнюється швидкість її

видалення, тривалість процесу зростає у 1,5...2 рази (рис. 3), а витрати теплоти на її видалення (рис. 4) порівняно з витратами під час зневоднення до рівноважної з навколишнім середовищем вологості, наприклад яблук, зростають на 12 % [13,14]. Зневоднювальний матеріал більш тривалий час знаходиться під впливом небажаного фактору: температура – час. Температура матеріалу стрімко зростає, наближаючись до величини температури сушильного агента і це негативно відбивається як на якості кінцевого продукту, так і енергетичних показниках процесу.

Час досягнення зневоднювальним матеріалом рівноважної вологості залежить від його властивостей і параметрів сушильного агента на кожній стадії та може визначений на базі рішення математичної моделі тепломасопереносу і фазових перетворень при сушінні колоїдних капілярно-пористих тіл [15].

$$V_L \operatorname{div} U_p + \operatorname{div}(U_p V_p) = \nabla [D_p (\nabla U_p + \delta_p \nabla T)] - I_V - \frac{U_p}{1 - \varepsilon_V} [V_L \operatorname{div} \varepsilon_V + \operatorname{div}(\varepsilon_V V_p)],$$

$$V_L \operatorname{div} U_n + \operatorname{div}(U_n V_r) = \nabla [D_n (\nabla U_n + \delta_n \nabla T)] + I_V - \frac{U_n}{1 - \varepsilon_V} [V_L \operatorname{div} \varepsilon_V + \operatorname{div}(\varepsilon_V V_r)],$$

$$V_L \operatorname{div} U_{\text{пов}} + \operatorname{div}(U_{\text{пов}} V_r) = \nabla [D_{\text{пов}} (\nabla U_{\text{пов}} + \delta_{\text{пов}} \nabla T)] - \frac{U_{\text{пов}}}{1 - \varepsilon_V} [V_L \operatorname{div} \varepsilon_V + \operatorname{div}(\varepsilon_V V_r)],$$

$$\nabla(TV_{\text{еф}}) = \nabla(\lambda_{\text{еф}} \nabla T) - \sum c_{\psi} D_{\psi} (\nabla U_{\psi} + \delta_{T\psi} \nabla T) \nabla T - rI_V,$$

$$\text{де } V_{\text{еф}} = [V_p c_p U_p + V_r (c_n U_n + c_{\text{пов}} U_{\text{пов}})] / c_{\text{еф}},$$

$$c_{\text{еф}} = c_t U_t + c_p U_p + c_n U_n + c_{\text{пов}} U_{\text{пов}},$$

$$\lambda_{\text{еф}} = \lambda_t U_t / \rho_t + \lambda_p U_p / \rho_p + \lambda_n U_n / \rho_n + \lambda_{\text{пов}} U_{\text{пов}} / \rho_{\text{пов}} -$$

– ефективні значення швидкості зв'язаної речовини; теплоємності та теплопровідності пористого тіла.

Із вищесказаного витікає, що основною складністю і вимогою під час сушіння рослинних матеріалів до низької залишкової вологості є ретельний вибір температурного рівня з урахуванням гранично-допустимих температур зневоднювального матеріалу. Уникнення перевищення температури матеріалу за допусти-

ме значення і скорочення теплових витрат забезпечується:

- сушінням у режимах багатостадійного зневоднення у т.ч. високотемпературного високовологого методу із поступовою зміною параметрів сушильного агента у відповідності із закономірностями переносу теплоти і вологи у матеріалі [10,16,17];

- сушінням конденсаційним способом з використанням теплового насоса. Зниження во-

логовмісту відпрацьованого сушильного агента за рахунок конденсації видаленої вологи у випарнику теплового насоса, призводить до зростання масопереносу, що особливо ефективно при зневодненні термолабільних фруктово-овочевих матеріалів, коли інтенсифікація процесу обмежена величиною максимально допустимої температури матеріалу [18];

- сушінням у режимі конвективно-конденсаційного зневоднення відповідно з яким на початковій стадії, коли матеріал має най-

більшу вологість, використовується висока температура сушильного агента, яка забезпечує інтенсивне випаровування вологи без зниження якості зневоднювального матеріалу, а на заключній, при досягненні матеріалом рівноважної з навколишнім середовищем вологості – низкотемпературний режим осушення теплоносієм, завдяки чому виключається перегрівання матеріалу і руйнування термолабільних речовин фруктово-овочевої сировини.

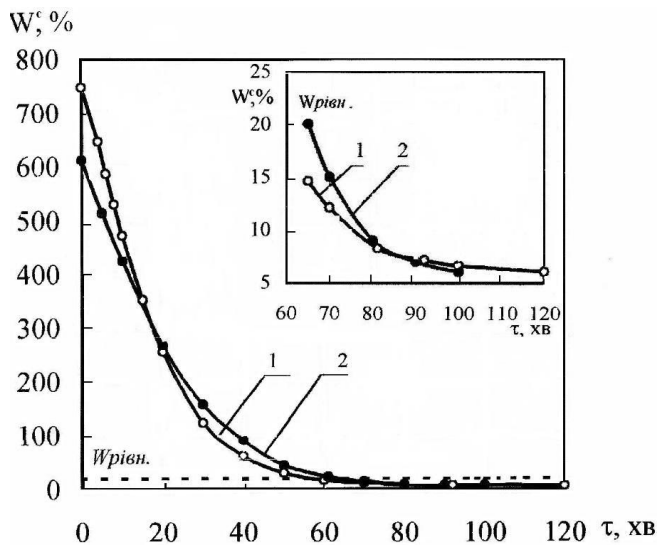


Рис. 3. Криві кінетики сушіння
 $t = 80 \text{ }^\circ\text{C}$; $V = 3 \text{ м/с}$;
 $d = 10 \text{ г/кг}$ сухого повітря; $g = 5,8 \text{ кг/м}^2$;
 1 – столові буряки; 2 – яблука.

Використання вищезгаданих шляхів сприяє одержанню високоякісного продукту, скороченню тривалості сушіння, економії теплових витрат, зменшенню собівартості кінцевого продукту.

Відпрацювання режимів сушіння та технології проведено у дослідно-промислових умовах. Технологія виробництва чипсів захищена 5 патентами України. Формування і контроль якісних та споживчих властивостей чипсів базується на розроблених тепловологих режимах і здійснюється на кожному етапі технологічного процесу (рис. 5).

За результатами апробацій показана доцільність використання зонних сушильних установок тунельного і конвеєрного типу.

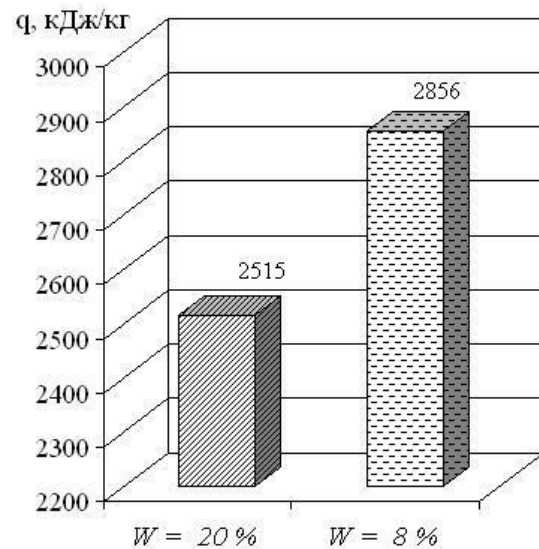


Рис. 4. Вплив вологості матеріалу на питомі витрати теплоти.

Конструктивні особливості сушарок дозволяють реалізувати розроблені багатостадійні режими, розподілити інтенсивність теплового впливу на матеріал в залежності від його вологості та часу перебування в той чи іншій зоні, а також автоматично підтримувати певний тепловологий режим в кожній зоні для конкретної сировини, що і забезпечує високі споживчі властивості чипсів, скорочення теплових витрат на випаровування 1 кг вологи на 25...30 %.

Відповідно з нашими розрахунками витрати теплоти на 1 кг випареної вологи в розроблених сушильних установках складають 3400...3800 кДж. З огляду на те, що зневоднення сировини здійснюється до низької

залишкової вологості $W_3 \leq 8\%$, яка значно нижча за рівноважну, то величина цього показника дозволяє стверджувати, що розроблені сушильні установки нічим не поступаються відомому на світовому ринку сушильному обладнанню. Прийнята система рециркуляції теплоносія сприяє скороченню витрат теплоти, знижує викиди та зменшує теплове забруднення навколишнього середовища.

Поряд з тунельними і конвеєрними сушильними установками для реалізації конденсацій-

ного способу зневоднення розроблені низькотемпературні теплонасосні сушарки камерного типу при використанні яких питомі витрати первинної енергії на процес зневоднення в залежності від виду зневоднювального матеріалу коливаються в діапазоні 0,4...0,8 кВт·год/кг, і це значно нижчі витрати, ніж у традиційних сушильних установках. При цьому пари випареної під час сушіння вологи не потрапляють у навколишнє середовище, що є також важливим [18].



Рис. 5. Формування якісних характеристик чипсів.

Висновки

На підставі узагальнення результатів експериментальних досліджень, у відповідності з закономірностями тепломасообміну при сушінні, встановлені шляхи інтенсифікації процесу, на основі яких розроблена інноваційна енергоефективна технологія виробництва чипсів із фруктів та овочів. В основу технології покладено метод конвективного сушіння в режимах багатостадійного зневоднення у т.ч. високотемпературного високовологого та конденсаційного способу з використанням теплового насосу. Розроблена технологія забезпечує скорочення тривалості та енерговитрат зневоднення на 10...15 % та

максимальний ступінь збереження природних складових сировини. Фінансова підтримка на впровадження технології дозволить заощадити енергоносії, знизити собівартість чипсів та складе гідну конкуренцію аналогічній продукції, що ввозиться в Україну

ЛІТЕРАТУРА

1. Никитенко А.Н., Егорова З.Е. Обоснование режима бланширования яблочных пластин при производстве чипсов//Известия НАН Беларуси. Секция аграрных наук. Минск, 2013, № 4.С. 105–110.
2. Пат. 10964 Беларусь, МПК8 А23L 1/212,

- A23B 7/005. Способ производства пищевого продукта из яб-лок/Арнаут С.А., Ловкис З.В. – № a20060519; заявл.26.05.2006; опубл. 30.08.2008.
3. Пат. WO 074102, A23I 1/212, A23B 7/022, A23B 7/08, A23B 7/06, A23B 7/10, A23B 7/155. Method of manufacturing diet chips of vegetables and fruits/W. Plochanski, D. Konopacka. – P 346508; appl. 15.03/2001; pub. 26.09.2002.– International application № PCT/PL2002/000013
4. Sham P., Scaman C., Durance T. Texture of vacuum microwave dehydrated apple chips as affected by calcium pretreatment, vacuum level, and apple variety/ Journal of Food Science.– 2001. Vol. 66.– № 9.– P.1341-1347.
5. Пат. 2461203 Российская Федерация, МПК9 A23B 7/01, A23B 3/54. Способ производства чипсов из хурмы/Остриков А.Н., Стурова Е.Ю. – № 2011114625/13; заявл.13.04.2011; опубл. 20.09.2012. Бюл. № 26
6. Пат. 2484668 Российская Федерация, МПК9 A23L 1/214. Способ производства пищевого продукта из свеклы/Квасенков О.И. – № 2012136364/10; заявл.27.08.2012; опубл. 20.06.2013. Бюл. № 17
7. Пат. 2520142 Российская Федерация, МПК9 A23L 1/212. Способ производства плодовоовощных чипсов/Калашников Г.В., Литвинов Е.В.– № 2012127498/13; заявл.03.07.2012; опубл. 20.06.2014. Бюл. № 17
8. Флауменбаум Б.Л., Танчев С.С., Гришин М.А. Основы консервирования пищевых продуктов.– М.: Агропромиздат, 1986. – 494 с.
9. Снежкин Ю.Ф., Шапарь Р.А. Анализ факторов повышения эффективности процесса сушки термолабильных материалов//Промышленная теплотехника – 2009.– Т. 31.–№ 7.– с.110-112.
10. Снежкин Ю.Ф. Энергоэффективность в процессах сушки/XIV Минский международный форум по тепло- и массообмену, 10-13 сентября 2012 г. :тезисы докладов и сообщений.– Минск: 2012, т.1, часть 2.– С. 604-607.
11. Пат. 72873 Україна, МПК9 A23B 7/02, F26B 3/06. Спосіб виробництва чипсів з айви/Снежкін Ю.Ф., Шапар Р.О., Гусарова О.В.– № U201203583; заявл.26.03.2012; опубл. 27.08.2012. Бюл. № 16, 2012.
12. Пат. № 79786 Україна, МПК9 A23B 7/02, F26B 3/06. Спосіб виробництва чипсів з хурми /Снежкін Ю.Ф., Шапар Р.О., Гусарова О.В.– № U201214218; заявл. 13.12.2012; опубл. 25.04.13. Бюл. № 8, 2013.
13. Шапарь Р.А. Энергосберегающая технология производства сушеной продукции из растительных материалов //Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій МОН України. Одеса, 2008. Вип. 34. Т. 2. С. 84–87
14. Снежкин Ю.Ф., Дабіжжа Н.А., Шапарь Р.А. Определение энергетических затрат при сушке коллоидных капиллярно-пористых материалов// Промышленная теплотехника. – 2003.– Т. 25.–№ 4.– С.198-200.
15. Снежкин Ю.Ф., Сороковая Н.Н., Шапарь Р.А. Энергосберегающий способ сушки термолабильных материалов в ленточной сушильной установке непрерывного действия.// Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій МОН України. Одеса, 2014. Вип. 45. Т. 2. С. 117–121
16. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 470 с.
17. Пат. 73160 Україна, МПК9 A23B 7/02, F26B 3/06. Спосіб виробництва яблучних чипсів/Снежкін Ю.Ф., Шапар Р.О., Гусарова О.В.–№ U201203590; заявл.26.03.2012; опубл. 10.09.2012. Бюл. № 17, 2012.
18. Снежкін Ю.Ф., Чалаєв Д.М., Шаврин В.С., Шапар Р.О., Хавін О.О., Дабіжжа Н.О. Використання теплових насосів у процесах сушіння.// Промышленная теплотехника.– 2006.–Т.28, №2.– С. 106-110

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF NEW FORM OF DRIED PRODUCT

Snezhkin Yu.F., Shapar R.A., Sorokovaya N.N., Husarova E.V.

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, vul. Bulahovskogo, 2, Kyiv, 03164, Ukraine

Generalized patterns of heat and mass transfer during drying established rational parameters in order to intensify the process and the development of technology production of fruit and vegetable chips.

The technology is based on the method of convective drying in modes of multistage dehydration pre-prepared materials. Determination of heat measured treatment and its duration is conducted considering maximum permissible heating temperature of a particular material. The technology that was made provides energy reduction of technological process of production, increase its efficiency and maximum degree of conservation of the natural components of the raw stuff. Financial support for the implementation of the technology will allow to reduce the cost of chips and will compete with similar products that are imported in Ukraine.

References 18, figures 5.

Key words: fruit and vegetable chips, thermolabile materials, mass transfer, modes of multistage dehydration, the intensification of process.

1. *Nikitenko A.N., Egorova Z.E.* Justification of the mode of scalding of apple plates by production of chips //News of NAS of Belarus. Section of agrarian sciences. Minsk, 2013, № 4. P. 105 – 110. (Rus)

2. *Pat.* 10964 Belarus, MPK8 A23L 1/212, A23B 7/005. Method for making of foodstuff from apples /Arnayt S.A., Lowkis Z.V. – № a20060519; app. 26.05.2006; pub. 30.08.2008. (Rus)

3. *Пат.* WO 074102, A23L 1/212, A23B 7/022, A23B 7/08, A23B 7/06, A23B 7/10, A23B 7/155. Method of manufacturing diet chips of vegetables and fruits/W. Plocharski, D. Konopacka. – P 346508; appl. 15.03/2001; pub. 26.09.2002.– International application № PCT/Pl2002/000013 (Ingl)

4. *Sham P., Scaman C., Durance T.* Texture of vacuum microwave dehydrated apple chips as affected by calcium pretreatment, vacuum level, and apple variety/ Journal of Food Science.– 2001. Vol. 66.– № 9.–P.1341-1347. (Ingl)

5. *Pat.* 2461203 Russian Federation, IPC9 A23B 7/01, A23B 3/54. Persimmon chips production method/ Ostrikov A.N., Sturova E. Jur. – № 2011114625/13; appl.13.04.2011 pub. 20.09.2012. Bull. № 26. (Rus)

6. *Pat.* 2484668 Russian Federation, IPC9 A23L 1/214. Beet root food product production method/ Kvasenkov O. I. –№ 2012136364/10; appl.27.08.2012; pub. 20.06.2013. Bull. № 17. (Rus)

7. *Pat.* 2520142 Russian Federation, IPC 9 A23L 1/212. Fruit-and-vegetable chips production method /Kalashnikov G. V., Litvinov E. V.– № 2012127498/13 appl.03.07.2012; pub. 20.06.2014. Bull. № 17. (Rus)

8. *Flaumenbaum V.L. Tanchev S.S., Hrishin M.A.* Bases of conservation of foodstuff. – M.: Agropromizdat. 1986. – 494 p. (Rus)

9. *Snezhkin Y.F., Shapar R.A.* An analysis of factors that increase efficiency of the process of drying of thermolabile materials// Industrial heat engineering – 2009.– Vol. 31. – № 7.– P.110 – 112. (Rus)

10. *Snezhkin Y.F.* Energy efficiency in the drying process /XIV Минский международный форум по тепло-и массообмену, 10 – 13 september 2012:Abstracts and reports.–Minsk: 2012, Vol.1, part. 2.– P. 604–607. (Rus)

11. *Pat.* 72873 Ukraine, IPC 9 A23B 7/02, F26B 3/06. Method for making quince/ Snezhkin Y.F., Shapar R.O., Husarova O.V.–№ U201203583; appl.26.03.2012; pub. 27.08.2012. Bull. № 16, 2012. (Ukr)

12. *Pat.* № 79786 Ukraine, IPC 9 A23B 7/02, F26B 3/06. Method for producing chips of persimmon/Snezhkin Y.F., Shapar R.O., Husarova O.V.–№ U201214218; appl. 13.12.2012; pub. 25.04.13. Bull. № 8, 2013. (Ukr)

13. *Shapar R.A.* The energy saving production technology of dried production from plant materials // Scientific works of Odessa National Academy of Food Technologies MES of Ukraine, Odessa, 2008.

Pub. 34. Vol. 2. P. 84 – 87. (Rus)

14. *Snezhkin Y.F., Dabizha N.A., Shapar R.A.* Definition of power expenses when drying colloidal capillary and porous materials //Industrial heat engineering. – 2003.– Vol. 25. – № 4.– P.198-200. (Rus)

15. *Snezhkin Y.F., Sorokvaya N.N., Shapar R.A.* Energy saving method of drying of thermolabile materials in tape dry-ing installation of continuous action.// Scientific works of Odessa National Academy of Food Technologies MES of Ukraine. Odessa, 2014. Pub. 45. Vol. 2. P. 117 – 121. (Rus)

16. *Lykov A.V.* Theory of drying. – М.: Energy, 1968. – 470 p. (Rus)

17. *Pat. 73160* Ukraine, IPC 9 A23B 7/02, F26B 3/06. Method for making apple chips/Snezhkin Y.F., Shapar R.O., Husarova O.V.– № U201203590; appl.26.03.2012; pub. 10.09.2012. Bull. № 17, 2012. (Ukr)

18. *Snezhkin Y.F., Chalaev D.M., Shavrin V.S., Shapar R.A, Havin O.O., Dabizha N.A.* Use of heat pumps in drying pro-cesses // Industrial heat engineering.– 2006. – Vol. 28, №2. – P. 106 – 110. (Ukr)

Получено 23.06.2015

Received 23.06.2015