3. Михайлик В.А., Давыдова Е.О., Манк В.В. Исследование гидратации сахарозы методом низкотемпературной сканирующей калориметрии // Термодинамика органических соединений (Горький). – 1989. – С. 76–80.
4. Михайлик В.А., Давыдова О.О., Манк В.В. Дослідження гідратації D-глюкози та D-фруктози / Проблеми та перспективи створення і впровадження нових ресурсо- та енергоощадних технологій, обладнання в галузях харчової і переробної промисловості: Шоста міжнародн. наук.-техн. конференція, 19–21 жовтня 1999 року, м. Київ : Матеріали конф.: у 3 ч. – К.: УДУХТ, 2000. – Ч.1. – С. 106.
5. Патент України № 84075 МПК G01N 25/26, G01N25/28. Калориметричний пристрій для визначення питомої теплоти випаровування вологи і органічних рідин з матеріалів / Снєжкін Ю.Ф., Декуша Л.В., Дубовікова Н.С., Грищенко Т.Г., Воробйов Л.Й., Боряк Л.А. – Заявка № а200613266 від 15.12.2006.
6. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / Под ред. И.М. Скурихина и М.Н. Волгарева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.
7. Птичкин И.И., Птичкина Н.М. Пищевые полисахариды: структурные уровни и функциональность. – Саратов: ГУП «Типография №6», 2012. – 96 с.

УДК 664.723.047.

ЗАСТОСУВАННЯ СТУПІНЧАТИХ РЕЖИМІВ ПРИ СУШІННІ НАСІННЯ ПШЕНИЦІ

[1]Снєжкін Ю.Ф., д –р техн. наук, професор, [2]Пазюк В. М., к. т. н., доцент,
[1]Самойленко К.М. , м. н. с, [2]Пазюк О.Д., асистент,
[1]Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ
[2]Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця

В статті наведені дослідження з насіння пшениці з застосування ступінчатих режимів сушіння.
The article presents research on drying antioxidant-based raw carrots and vegetable ingredients.
Ключові слова: насіння пшениці, сушіння, схожість насіння.

Створення ступінчатих режимів сушіння широко використовується при сушінні харчових продуктів, зерна продовольчого напрямку[1,2]. Для зерна насіннєвого призначення використовуються низькотемпературні режими сушіння, що дозволяє зберегти зародок і отримати високу схожість врожаю. Нами були проведені експериментальні дослідження з визначення впливу режимів сушіння на схожість насіння пшениці.

Найбільш точно під елементарним шаром необхідно розуміти шар товщиною в одне зерно, який безпосередньо контактує з теплоносієм і є найбільш небезпечною ділянкою зернового шару, підігрів і сушка якого відбувається з максимальною (в порівнянні з всім шаром) швидкістю. Зміна якості зерна при сушінні в шарі любої товщини і при любому стані визначається зміною якості в елементарному шарі.

Крім того, в елементарному шарі найбільш просто забезпечуються умови рівномірного прогрівання зерна, відповідно, для цього шару найбільш достовірно може бути визначена допустима температура теплоносія в залежності від якісних показників насіння.

Основними показниками, які впливають на інтенсивність процесу і досягнення високих показників якості зерна є температура сушильного агенту t, максимальна температура зерна $\theta_{макс}$ і тривалість сушіння τ, вони і визначають вибір режиму сушіння.

Для вибору оптимального режиму сушіння потрібно, щоб процес сушіння забезпечував високу якість матеріалу з мінімальним часом сушіння.

Параметри процесу сушіння можуть по різному впливати на якість насіння, в залежності від термостійкості зерна та його складових частин.

Дослідження по визначенню впливу температур на складові частини пшениці показали, що при температурі зерна вище 50ºС впливає на денатурацію білків муки, якість клейковини погіршується [3].

Важливо враховувати не тільки максимальну температуру продукту, але і швидкість доведення його до цієї температури, тобто швидкість нагрівання $\frac{dQ}{d\tau}$, а також тривалість витримки продукту при максимальній температурі $\tau_{вит}$. При цьому позитивний вплив має проміжне охолодження продукту, коли піс-

ля доведення до максимального допустимого значення температура його починає зменшуватись.

Гранично допустиму температуру зерна насіннєвого призначення встановлюють, виходячи з умов зберігання енергії його проростання та схожості. Із збільшенням вологості та тривалості перебування зерна в нагрітому стані гранично допустиму температуру його знижують.

Для насіннєвого зерна максимально допустиму температуру $\theta_{макс}$ визначають за емпіричною формулою 1 визначеним С.Д. Птіциним [4]:

$$\theta_{макс} = \frac{2350}{0{,}37(100 - W_1) + W_1} + 20 - \lg \tau, \qquad (1)$$

де W_1 – початкова вологість зерна, % до загальної маси;

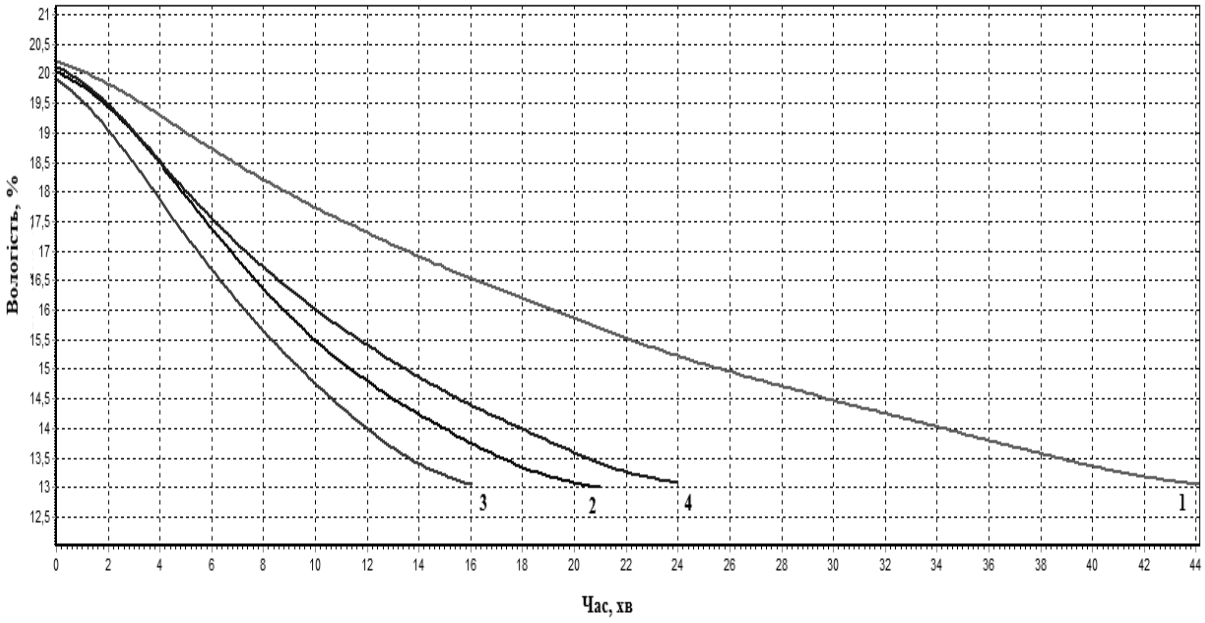
τ – тривалість теплової обробки, хв.

Якщо провести розрахунок максимально допустимої температури нагрівання зерна пшениці при початковій вологості W_1=20 та 24% та тривалості сушіння 100 хв., то отримаємо відповідно $\theta_{макс}$ = 67 та 65°С.

Дослідження проводились нами в наступних режимах: температура теплоносія 50, 65, 80°С; швидкість повітря 0,5, 1,0, 1,5 м/с; початкова вологість зерна 16, 20, 24% та ступеневих режим сушіння 65/50 °С.

Дослідження кінетики процесу сушіння насіння пшениці проводили на експериментальному конвективному стенді з системою автоматичного збору та обробки інформації [5].

Детальніше розглянемо кінетику сушіння насіння пшениці в елементарному шарі від впливу температури теплоносія, що показано на рис. 1.



1 – 50ºС, 2 – 65 ºС, 3 – 80ºС, 4 – 65/50ºС

Рис. 1 – Вплив температури теплоносія на кінетику процесу сушіння насіння пшениці *V* = 1,5 м/с; *d* = 10 г/кг с. п.

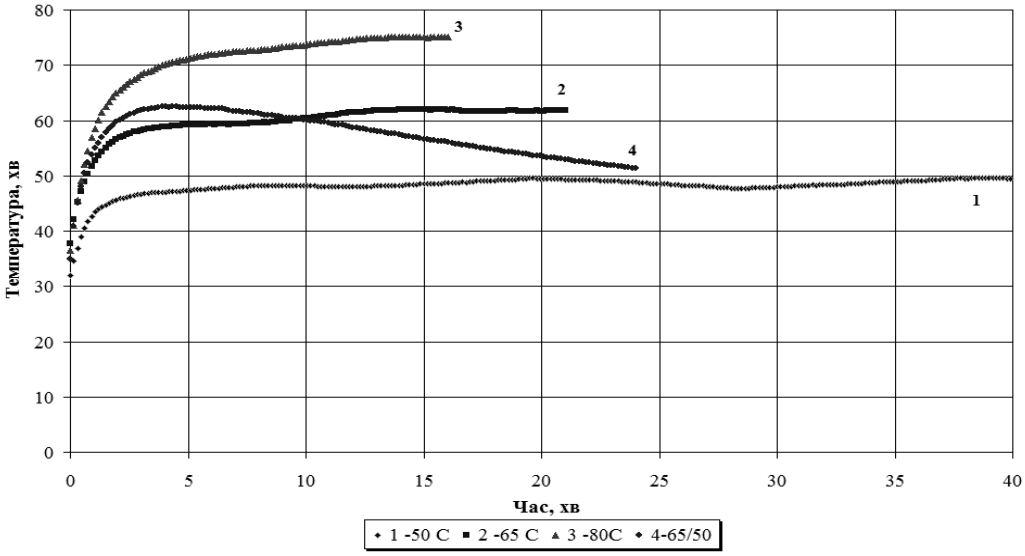
Із збільшенням температури теплоносія від 50 до 80ºС інтенсивність процесу сушіння збільшується в 2,75 рази. Порівнюючи кінетику процесу ступінчатого режиму 65/50ºС та режиму сушіння 50ºС тривалість процесу сушіння зменшується на 20 хв, а в порівнянні з режимом 65ºС тривалість сушіння збільшується на 3 хв.

Підвищення температури теплоносія змінює кінцеву температуру в середині пшениці, так кінцева температура зерна при температурі теплоносія 50ºС – 48,66 ºС, 65 ºС – 61,8 ºС, 80 ºС – 75,1 ºС. В ступінчатому режимі 65/50 кінцева температура складає 51,32 ºС, а максимальна температура прогрівання матеріалу 62,5 ºС. Таким чином перевищення гранично допустимої температури теплоносія згідно форму-

ли 1 не відбулося в режимах 50, 65, 65/50 ºС, а в режимі сушіння 80 ºС відбулося перевищення її на 8 – 10 ºС, що вплинуло на схожість насіння..

Вибір режиму сушіння насіння пшениці відбувався за схожістю насіння пшениці, яка показала, що найкращі результати відповідають ступінчатому режимові який не поступається вихідному зерну.

Проведені лабораторні дослідження на 3,5 та 7день показали, що найкраще з всіх запропонованих режимів сушіння показав ступінчатий режим 65/50 °С, в якому схожість складає 100%. При м'якому режимі сушіння 50 °С спостерігається утворення плісняви, що фактично знижує насіннєві якості зерна. При підвищенні температури плісняви не спостерігається, але схожість зменшується. Таким чином, ступеневий режим сушіння 65/50 °С, дозволяє збільшити схожість насіння пшениці та зменшити запліснивілість зерна, та скоротити час обробки насіннєвого матеріалу.



1 – 50ºС, 2 – 65 ºС, 3 – 80ºС, 4 – 65/50ºС

Рис. 2 – Зміна температури в середині зерна пшениці в залежності від температури теплоносія V = 1,5 м/с; d = 10 г/кг с. п.

В таблиці 1 наведені результати схожості насіння пшениці, що говорить про необхідність впровадження ступінчатих режимів сушіння при сушіння зернових матеріалів на основі пшениці.

З таблиці можна спостерігати вплив температури на схожість насіння пшениці, при підвищенні температури схожість насіння пшениці зменшується. Так, при температурі 50 °С схожість зменшується на 2 – 3 % від вихідної схожості пшениці, збільшення температури до 65 °С зменшує схожість на 10 %, а подальше збільшення температури зерна до 80°С – знищує всі насіннєві властивості зерна і пророщування відбувається від 0 до 9 %. Основним найбільш достатнім температурним режимом сушіння пшениці є ступінчатий режим, який навіть покращує властивості вихідного зерна на 1 % .

Були проаналізовані та сфотографовані пророщування зерна пшениці на 3 та 5 сутки (рис. 3) та на 7 сутки (рис. 4).

Як видно з рисунку на 3 сутки пророщування, відбувається пророщування зерна в режимах сушіння 1,4.6.8, а в режимі 9 схожість зерна пшениці не відбулося (рис. 3,а).

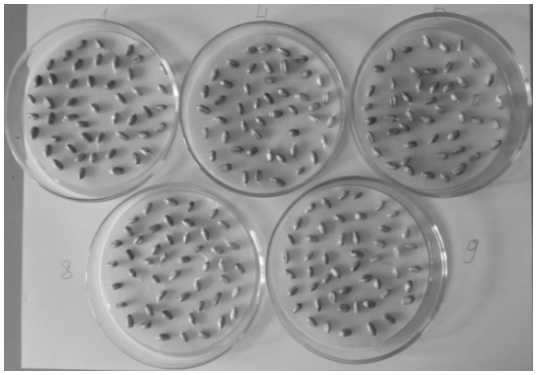
На 4,5 день видно, що ростки в ступінчатому режимі сушіння 65/50 °С найбільш розвинуті (бюкса 8) за всі інші режими сушіння і навіть за вихідне зерно (бюкса 1). Зерно пшениці при сушінні температурою теплоносія 80 °С тільки починає прокльовуватись, але не в значній кількості (рис. 3,б).

На 7 день пророщування найкращий результат з пророщування насіння пшениці показав ступінчатий режим сушіння, який краще проріс за інші режими сушіння. Висока схожість насіння пшениці при низькотемпературному режимі сушіння все ж таки не значно, але менше за запропонований ступінчатий режим сушіння. Режим №9 (табл.. 1) показує, що визначальним фактором в схожості насіння пшениці при температурі 80 °С зіграло не вологість зерна, а швидкість руху теплоносія при сушінні в конвективному сушильному стенді. Розглядаючи режим сушіння № 11 можна зазначити, що на схожість впливає не лише температура та швидкість теплоносія, а і початкова вологість насіння пшениці (початкова вологості 24 %).

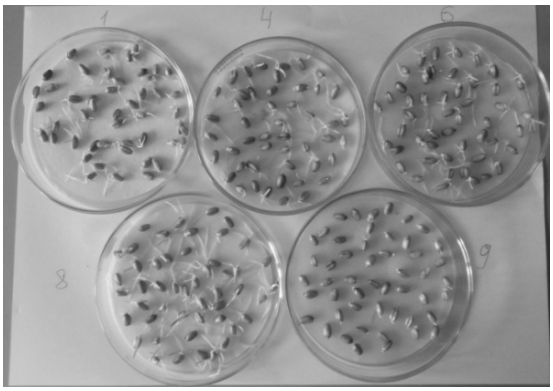
Таблиця 1 – Аналіз схожості насіння пшениці (22 травня 2015) після сушіння на 7 день

Культура	Температура, 20/30 °С		1	2	3	4	5	6	7	8	9	ПРИМІТКА			СХОЖІСТЬ, %
			П	Н	НА	СД	ПШ	З	НЕ	М	ПЛ				
№ 1. вих. сировина				1											99
№ 2. t=50 С, V= 1.5 м/с, W= 24 %, φ=60 %				3							1				96
№ 3. t=50 С, V= 1.5 м/с, W= 16 %, φ=70 %				3							1				96
№ 4. t=50 С, V= 0.5 м/с, W= 20 %, φ=70 %				3							2				95
№ 5. t=65 С, V= 1.5 м/с, W= 16 %, φ=60 %				5							1				94
№ 6. t=65 С, V= 0.5 м/с, W= 20 %, φ=63 %				4											96
№ 7. t=65 С, V= 1.5 м/с, W= 24 %, φ=65 %				10											90
№ 8. t=65/50 С, V= 1.5 м/с, W= 20 %, φ=65 %															100
№ 9. t=80 С, V= 0.5 м/с, W= 20 %, φ=65 %				91											9
№ 10. t=80 С, V= 1.5 м/с, W= 16 %, φ=60 %				99											1
№ 11. t=80 С, V= 1.5 м/с, W= 24 %, φ=60 %				100											0

П – проросли; Н – непроросли; НА – наклюнулі; СД - слабі, деформовані; ПШ – пошкоджені; З – зігнилі; НЕ – нерозвинені; М – мертві; ПЛ – пліснява
Найбільша сила росту при ступеневому режимі, навіть у порівнянні з вихідною сировиною на 4 день пророщування



а)



б)

Рис. 3 – Фотографії схожості насіння пшениці на 3 (а) та 5 (б) сутки пророщування. Номера згідно з таблиці 1

.

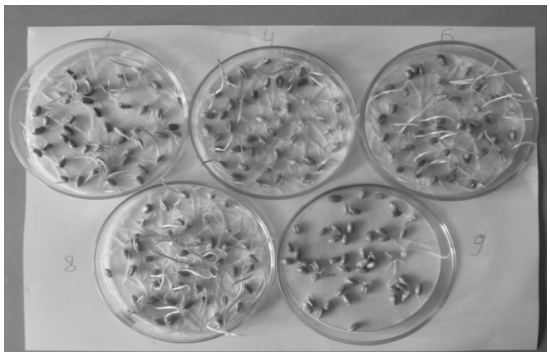


Рис. 4 – Фотографії схожості насіння пшениці на 7 сутки пророщування. Номера згідно з таблиці 1

Все ж таки найкращі результати сушіння відповідають ступінчатому режимові 65/50°С, що найкраще зберігає нативні властивості насіннєвого матеріалу.

Література

1. Снєжкін Ю.Ф. Теплообмінні процеси під час одержання каротиновмісних порошків / Ю.Ф. Снєжкін, Ж.О. Петрова. - К.: Академперіодика, 2007. – 162 с.
2. Снєжкін Ю.Ф. Безвідходна технологія отримання коротиновмісної пасти / Ю.Ф. Снєжкін, Ж.О.Петрова, Т.О. Михайлик, // Труды Международной научно-практической конференции школы-семинара "Повышение энергетической эффективности пищевых и химических производств" Одесса – 2007.
3. Гержой А.П. Зерносушение и зерносушилки / А.П. Гержой, В.Ф. Самочетов – М.: Колос, 1967.– 255 с.
4. Гинзбург А. С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов/ А.С. Гинзбург – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 528 с.
5. Снєжкін Ю.Ф. Теплонасосна зерносушарка для насіннєвого зерна / Ю.Ф. Снєжкін, В.М. Пазюк, Ж.О. Петрова, Д.М..Чалаєв. - К.: Поліграф-Сервіс, 2012. – 154 с.

УДК 664.8.047.014

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОТИ ВИПАРОВУВАННЯ ВОЛОГИ З БЕТАНІНОВМІСНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ В ПРОЦЕСІ ЗНЕВОДНЕННЯ МЕТОДОМ СИНХРОННОГО ТЕПЛОВОГО АНАЛІЗУ

Петрова Ж.О., д-р техн. наук, пров. наук. співр., Снєжкін Ю.Ф., чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук, професор, Самойленко К.М., мол. наук. співр.
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

У даній статті висвітлюються принципово нові способи збереження бетаніну столового буряку та суттєвого зниження енерговитрат на процес сушіння завдяки розробленій енергоефективній теплотехнології переробки столового буряку із застосуванням методу створення функціональних композицій з рослинної сировини безпосередньо перед сушінням. Також були проведені калориметричні дослідження з визначення теплоти випаровування вологи композиційних сумішей.

This article reveals innovative ways to store betanin in beets and a significant reduction in energy consumption in the drying process developed thanks to energy-efficient technology processing the beets, using the method of creating functional composition of plant material directly before drying. There were also conducted studies to determine heat of evaporation composite mixtures using calorimeter.

Ключові слова: сушіння, бетанін, енергоефективність, зневоднення, теплота випаровування.

Для виробництва харчових продуктів зі збереженням їх поживних речовин необхідні додаткові прийоми обробки сировини, які відсутні в сучасних технологіях. Недоліками існуючих способів переробки столового буряку є значні втрати біологічно активних речовин (від 20 до 80 %).

Беталаїни, знайдені в столовому буряку, це водорозчинні пігменти, які раніше відносили до антоціанів. Вони виявлені у вакуолях клітин. Однак, беталаїни структурно і хімічно відрізняються від антоціанів і ніколи не були виявлені в одній рослині одночасно [1]. Наприклад, беталаїни містять у своїй структурі азот, тоді як антоціани його не мають. Зараз відомо, що беталаїни представляють собою ароматичні індольні сполуки, які синтезуються із тирозину. Вони не подібні хімічно до антоціанів, а також флавоноїдів [2]. Кожний з беталаїнів являє собою глікозид, який містить цукор і барвникову частину. Їх синтез стимулюється світлом [3].

Є два типи беталаїнів: бетаціаніни, які включають пігменти від червоного до фіолетового кольору і бетаксантини, які мають жовтий і помаранчевий колір. Найкраще вивчений із беталаїнів – бетанін (Betanin), який ще називається буряково-червоний (Beetroot Red). Бетанін є глікозидом, він гідролізується на глюкозу та бетанідін. Бетанін представляє собою глікозидний харчовий барвник, що виробляють з столових буряків [4].