

Ministry of Education and Science of Ukraine

National University of Food Technologies

88

**International scientific conference
of young scientist and students**

**"Youth scientific achievements
to the 21st century nutrition
problem solution"**

April – May, 2022

Part 2

Kyiv, NUFT, 2022

18. Дослідження кривих сушіння продуктів рослинного походження терморадіаційно-конвективним енергопідведенням.

Ігор Дубковецький
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Вступ. Враховуючи сезонність виробництва продуктів рослинного походження, для харчової промисловості велике значення має зберігання. Тому, одним із завдань нашої роботи є обґрунтування оптимальних і допустимих строків зберігання продуктів рослинного походження, зневоднених терморадіаційно-конвективним енергопідведенням. При конвективному висушуванні носієм теплоти є повітря. Нами запропоновано комбінувати два способи підведення теплоти при сушінні – терморадіаційний і конвективний, що дозволить зменшити відносну вологість повітря і збільшити рушійну силу процесу в порівнянні з терморадіаційним сушінням.

Матеріали і методи. Сировиною для сушіння є культивовані гриби гливи, яблучні снеки бланшовані у цукровому сиропі концентрацією 30 % і глід сорту Алмаатинський.

Результати. Дослідження проводили при радіаційно-конвективному сушінні в імпульсному режимі нагрів-охолодження при умовах: температура сушіння – 60°C; питоме навантаження – 4,4 кг/м²; величина опромінення інфрачервоних генераторів – E=8 кВт/м²; довжина хвиль інфрачервоних-генераторів – 2,0...4,0 мкм; відстань від інфрачервоних генераторів до продукту – 15 см; конвективне підведення теплоти здійснювали від зовнішнього генератору потужністю 1...2 кВт; відносна вологість повітря – 70 %; товщина шару продукту на сітчастому піддоні, який вставляли в сушильну камеру – 2...4 мм.

На рис. 1 наведені криві сушіння та швидкості сушіння культивованих грибів гливи, яблучних снеків бланшованих у цукровому сиропі концентрацією 30 % і глуду сорту Алмаатинський.

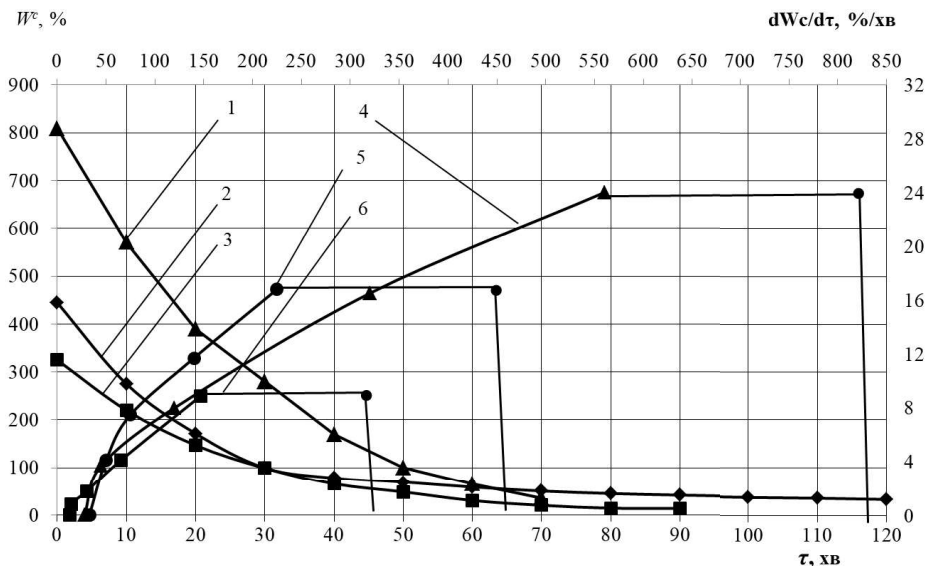


Рис. 1. Криві терморадіаційно-конвективного сушіння 1-3 і швидкості сушіння 4-6 продуктів рослинного походження:

Матеріали 88 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", Квітень – Травень 2022 р. – Київ: НУХТ. – Ч.2.

1, 4 – культивовані гриби гливи; 2, 5 – яблучні снеки бланшовані у цукровому сиропі концентрацією 30 %; 3, 6 – глід Алмаатинський

В процесі дослідження кінетики сушіння встановлено, що в першому періоді сушіння волога (так звана вільна волога, тобто волога змочування) видаляється швидше, ніж в другому. Це пов'язано з кількісними змінами масової частки вологи та формою зв'язку з матеріалом, адже адсорбційна волога залежить від ступеня дисперсності колоїдної системи продуктів рослинного походження, наявності електролітів (органічних кислот) та їх концентрації, денатурації білкових речовин, гідролізу пектин.

Фото готових зразків продуктів рослинного походження висушених терморадіаційно-конвективним енергопідведенням наведено на рис. 3.



Рис. 3. Зразки сушених продуктів рослинного походження терморадіаційно-конвективним енергопідведенням: 1 – культивовані гриби гливи; 2 – яблучні снеки бланшовані у цукровому сиропі концентрацією 30 %; 3 – глід Алмаатинський

Встановлено (рис. 1, табл. 1), що найшвидше процес сушіння відбувається при сушінні культивованих грибів гливи – 70 хв, що пов'язаний з властивостями структури гриба з великою пористістю, від якою відбувається відбивання інфрачервоних променів і проникнення на більшу товщину шару. Час сушіння глоду Алмаатинський 140 хв залежить від структурних змін масової частки вологи, що повинна пройти через м'якоть і кірку глоду та форми зв'язку з матеріалом м'якоті і наявності кісточок. Температура 60°C дозволяє максимально зберегти біологічну та харчову цінність обумовлену вмістом аскорбінової кислоти, поліфенольних сполук, каротину. Найповільніше процес сушіння відбувається при сушінні яблучних снеків 225 хв, що залежить від зростання вмісту цукрів в продукті, що приводить до збільшення коефіцієнта тепловіддачі та зменшення коефіцієнта масовіддачі. Дане явище характеризується тим, що необхідно витратити більше енергії для подолання осмотичних властивостей цукрів, щоб утримувати вологу на собі.

Таблиця 1

Порівняльні характеристики процесу сушіння продуктів рослинного походження

Зразки прдуктів сушіння	Характеристики процесу сушіння					
	W_1 , %	Час досягнення 1-ї критичної вологості, хв	Швидкість сушіння у		W_{cs} , %	Загальна тривалість сушіння, хв
			першому періоді, %/хв	другому періоді, %/хв		

Культивовані гриби	5550	10	24	24-0,01	335	70
Яблучні снеки	2225	15	16,8	16,8-0,01	133	140
Глід	1140	20	8,9	8,9-0,01	114	90

Значення $W_{1кр}$ за першого варіанту, порівняно з іншими варіантами, є найменшою і становить – 26,9 %, а за другого та третього є майже однаковими і становлять – 28,7 % та 28,4 % відповідно. При використанні III та II варіанту, як для пшеничних, так і для кукудзяних макаронних виробів, перша критична вологість досягається за 20 хв, а за I варіанту за 35 хв.

При використанні I варіанта швидкість видалення вологи у першому періоді становить 0,27 %/хв, II варіанта – 0,38 %/хв, III варіанта – 0,39 %/хв.

Для апроксимації даних першого і другого періодів сушіння, вивели рівняння залежності вологовмісту від часу, що підпорядковуються в першому періоді лінійному, а в другому степеневому закону, отримані рівняння представлені в *табл. 3.1*.

Таблиця 3.1

де W^c – вологовміст, %; τ – час, хв; R^2 – коефіцієнт кореляції.

В результаті обробки даних вивели залежності швидкості сушіння яблук від

Способи сушіння	Перший період	Другий період
Культивовані гриби	$w^c = -18,5\tau + 813,2$ при $R^2 = 0,9978$	$W^c = 2025e^{-0,056\tau}$ при $R^2 = 0,954$
Яблучні снеки	$W^c = -33,8\tau + 901$ при $R^2 = 0,96$	$W^c = 946 e^{-0,05\tau}$ при $R^2 = 0,97$
Глід	$W^c = -8,9\tau + 319,67$ при $R^2 = 0,99$	$W^c = 296,51e^{-0,036\tau}$ при $R^2 = 0,99$

вологовмісту (*рис. 1, криві 4...6*), які дають змогу проаналізувати динаміку сушіння дослідних зразків і вивели апроксимаційні рівняння, які підпорядковуються експоненціальному закону (*табл. 3.2*).

Таблиця 3.2

Апроксимуючі рівняння для другого періоду сушіння

Спосіб сушіння	Апроксимаційні рівняння
Культивовані гриби	$dW/d\tau = 7,6\ln(W) - 26$ при $R^2 = 0,97$
Яблучні снеки	$dW/d\tau = 4,3 e^{0,05W}$ при $R^2 = 0,88$;
Глід	$dW/d\tau = 3,34\ln(W) - 8,8$ при $R^2 = 0,93$

На основі обробки графіків кривих сушіння і швидкості сушіння визначили залежності коефіцієнтів швидкості сушіння в першому і в другому періодах по всіх способах (*рис. 3.5*).

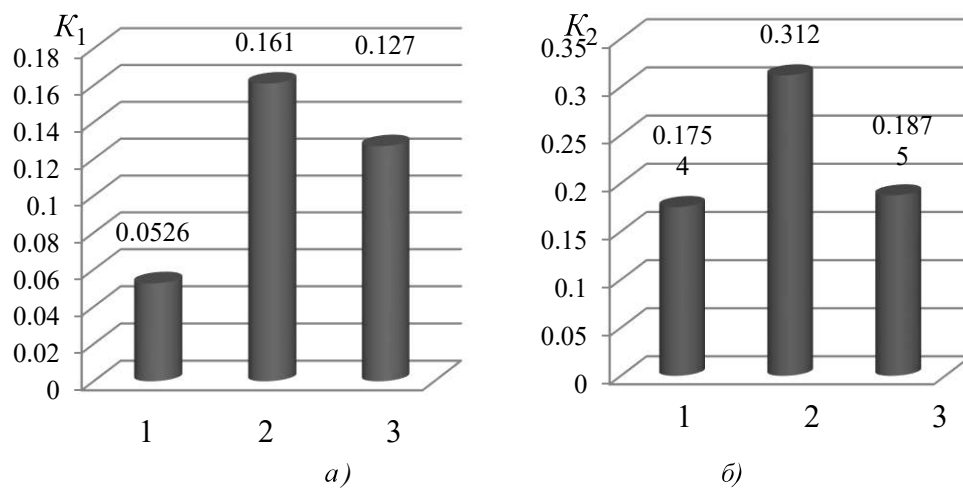


Рис. 3.5. Коефіцієнти швидкості сушіння для яблук в першому (3.5, а) та в другому періоді сушіння (3.5, б) при різних способах енергопідведення: 1– конвективний; 2 – терморадіаційний; 3 – Терморадіаційно-конвективний