

INVESTIGATION OF WATER EVAPORATION FROM THE TISSUE OF MUSHROOM AGARICUS CAMPESTRIS DURING THE DRYING PROCESS

T. Roman, O. Mazurenko

National University of Food Technologies

N. Dmitrenko, L. Dekusha

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Key words:

Mushrooms

Drying

Unbound moisture

Bound moisture

Heat of vaporization

Article history:

Received 17.02.2014

Received in revised form

06.04.2014

Accepted 10.04.2014

Corresponding author:

T. Roman

Email:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The paper describes the results of determining the state of water in tissues of fruiting body of Champignon Campestris having varying degrees of dehydration by scanning calorimetry and determines the heat of moisture evaporation using synchronous calorimetry and thermogravimetry. Detailed description of the methodology and laboratory facilities used for investigation is presented in this paper.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПАРОВУВАННЯ ВОДИ З ТКАНИНИ ГРИБА ПЕЧЕРИЦЯ ЗВИЧАЙНА В ПРОЦЕСІ СУШІННЯ

Т.О. Роман, О.Г. Мазуренко

Національний університет харчових технологій

Н.В. Дмитренко, Л.В. Декуша

Інститут технічної теплофізики НАН України

У статті описано результати визначення стану води в тканинах плодового тіла гриба печериця звичайна різного ступеня зневоднення за допомогою сканувальної калориметрії та визначення теплоти випаровування вологи за допомогою синхронної калориметрії і термогравіметрії.

Ключові слова: *гриби, сушіння, вільна волога, зв'язана волога, теплота випаровування.*

Вихід України на світовий ринок як країни-імпортера сільськогосподарської продукції обумовлює наросування потужностей харчової промисловості. Підвищення конкурентоспроможності української продукції потребує як підвищення її якості, так і розширення асортименту. У зв'язку з чим перспективною є

розробка технологій промислового виробництва сушених грибів і грибних порошків — легкодоступного джерела протеїнів нетваринного походження.

Розробка технології сушіння грибів потребує вивчення механізму й енергетики процесу їх зневоднення, тому що процес зневоднення грибів відрізняється від процесу зневоднення рослинної сировини або продукції тваринництва.

Відомо, що в тканинах плодових тіл грибів (залежно від їх виду, умов вегетації та зберігання) міститься від 87 до 93 % води. Одна частина цієї води (між- і внутрішньоклітинна рідина) виступає в ролі розчинника. Інша — утримується біополімерами м'якоті. Причому вода гриба може знаходитися як у вільному, так і у зв'язаному стані.

Вільна вода, або вода, яка замерзає, має властивості, схожі з властивостями чистої води. Зв'язана вода виникає внаслідок гідратації, тобто енергетично вигідних взаємодій води з біополімерами м'якоті і розчинними речовинами клітинного соку [1].

Вважається, що зростання енерговитрат на випаровування води під час сушіння обумовлено видаленням міцно зв'язаної води. Причому теоретично припускається, що протягом усього часу видалення вільної води кількість зв'язаної води не змінюється, тому значного зростання енерговитрат на її випаровування в цей час не відбувається.

Зважаючи на вищезазначене, метою даної роботи є вивчення закономірностей зневоднення тканин гриба печериця звичайна шляхом експериментального визначення кількості вільної та зв'язаної води в тканинах гриба різного ступеня зневоднення і прямого вимірювання витрат теплоти на випаровування під час сушіння гриба.

Дослідження зміни стану води [2, 3] при зневодненні рослинних матеріалів проводилося методами диференційної сканувальної калориметрії [4] та ЯМР-спектроскопії. Результати експериментального вимірювання витрат теплоти на випаровування при сушінні рослинної сировини наведені в праці [5]. Результати експериментальних досліджень стану води в грибах і витрат теплоти на її видалення з грибів у науковій літературі відсутні.

Для вивчення впливу процесу сушіння на стан води в тканинах гриба було використано диференціальний сканувальний мікрокалориметр ДСМ-2М і методику [6], яка базується на властивості зв'язаної води не кристалізуватися при охолодженні нижче 0 °С. Методика дозволяє визначати кількість зв'язаної води у зразку шляхом віднімання маси води, яка закристалізувалася при охолодженні, від маси всієї води у зразку.

Для дослідів використовували тонкі (~ 1 мм) зрізи плодового тіла гриба печериця діаметром ~ 5 мм, які піддавали конвективному сушінню при температурі 60 °С. Отримані зразки необхідного спектра вологості герметично запаковували. Вологість отриманих зразків визначали після дослідів шляхом досушування в сушильній шафці при температурі 105 °С до постійної маси.

Результати дослідів свідчать, що в процесі зневоднення до вологості гриба $W \sim 20\%$ відносна кількість зв'язаної води в тканині зразка зростає (рис. 1а). Це дозволяє припустити можливість видалення лише вільної води на цьому етапі сушіння. Видалення зв'язаної води розпочинається тільки після видалення всієї вільної.

З даних, наведених на рис. 1б, випливає, що паралельно з видаленням вільної води відбувається менш інтенсивне зменшення кількості зв'язаної води.

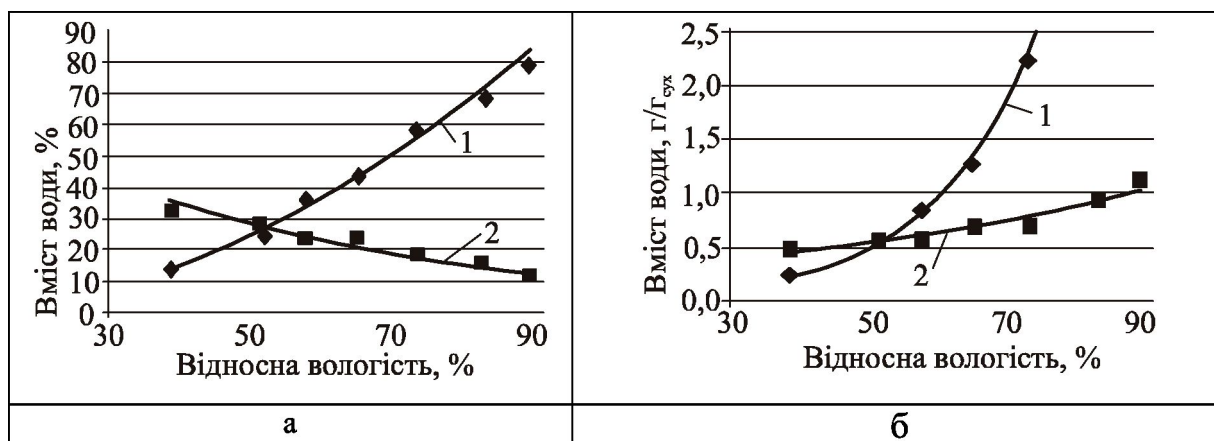


Рис.1. Залежність від вологості відсоткового (а) і питомого (б) вмісту води різних фракцій у тканинах шапинки плодового тіла гриба печериця:
1— вільна вода; 2 — зв'язана вода.

Витрати теплоти на випаровування води з гриба в процесі конвективно-кондуктивного сушіння було визначено за допомогою диференціального мікрокалориметра випаровування ДМКВ-1 (рис.2), який було розроблено в Інституті технічної теплофізики НАН України спеціально для такого виду досліджень [7]. Мікрокалориметр поєднує в собі можливості калориметрії і термогравиметрії.

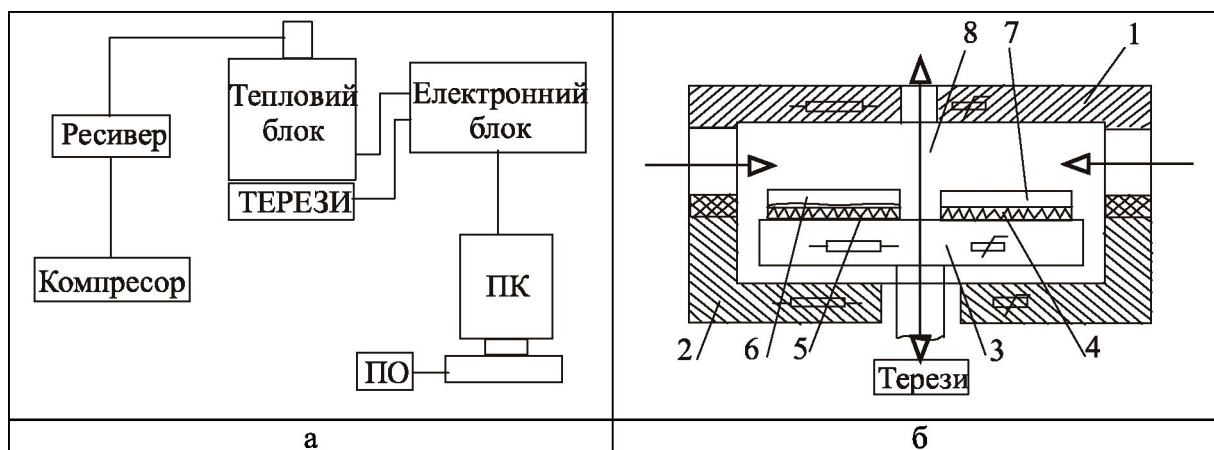


Рис. 2. Структурна (а) і принципова (б) схеми ДМКВ-1:
1, 2 — верхній і нижній термостатовані блоки; 3 — калориметрична платформа з основним електронагрівником; 4, 5 — перетворювачі теплового потоку; 6 — комірка з пробєю дослідного матеріалу; 7 — комірка з еталоном; 8 — робоча камера

Для експерименту використали тонкий (товщиною ~ 1 мм) зріз тканин шапинки плодового тіла гриба печериця діаметром 40 мм. Сушіння проводили при температурі 50 °С, швидкості і вологовмісту повітря, відповідно, 0,8 см/с та 9 г/кг. Реєстрація теплового потоку і зміни маси зразка в процесі сушіння здійснювалась безперервно. Сушіння закінчили при досягненні зразком рівноважної вологості. Масу сухих речовин визначали шляхом досушування зразка в калориметрі при температурі 105 °С до постійної маси.

Отримані під час сушіння гриба значення питомих витрат теплоти на випаровування були представлені у вигляді залежності від поточного значення відносної вологості зразка (рис. 3).

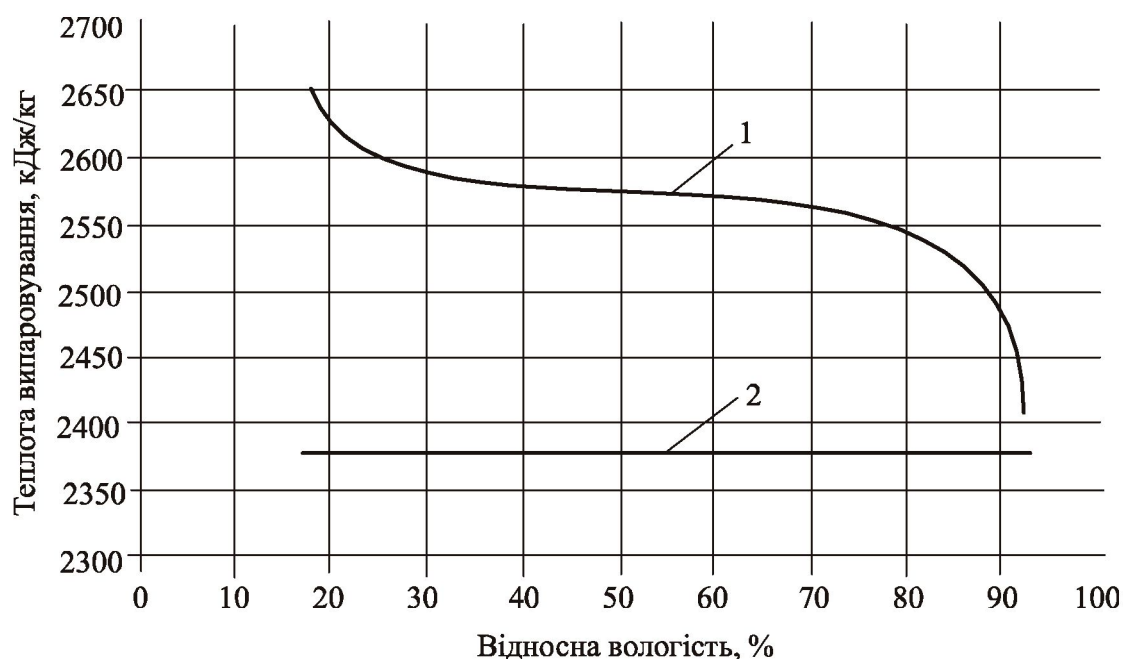


Рис. 3. Залежність питомих затрат теплоти на випаровування води з тканин шапинки плодового тіла гриба печериця від їх відносної вологості й табличні значення теплоти випаровування вільної води:
1 — для гриба; 2 — для вільної води

З рис. 3 видно, що величина питомих витрат теплоти на випаровування близька до табличного значення теплоти випаровування води з вільної поверхні (2382,5 кДж/кг [8]) тільки на початку процесу сушіння. Проте майже відразу після прогрівання зразка спостерігається зростання витрат теплоти на випаровування води з тканин гриба.

Це не тільки підтверджує наявність залежності реальних затрат теплоти на зневоднення від вологоутримувальної здатності тканин гриба, але й дає уявлення про порядок їх збільшення і характер зміни під час сушіння. Загальний приріст затрат теплоти на випаровування води з нативних тканин печериці порівняно з табличним значенням для випаровування чистої води досягає 11 %, а характер залежності теплоти випаровування від вологості зразка корелює з динамікою зміни стану вільної та зв'язаної води при зневодненні тканин гриба (рис. 1).

Тобто до поступового зростання питомої теплоти випаровування води під час сушіння печериці призводить зменшення частки вільної і збільшення частки зв'язаної води у волозі, яка видаляється.

Висновки

1. Експериментально підтверджено залежність кількості зв'язаної води в тканинах плодового тіла гриба печериця звичайна від поточного значення його вологості при сушінні.

2. Доведено, що теплота на випаровування води з тканин плодового тіла печериці від їх відносної вологості корелює з динамікою зміни кількості зв'язаної води в тканинах гриба при зневодненні.

3. Різниця між теплою випаровування гриба печериця звичайна і теплою випаровування дистильованої води спостерігається вже на початкових етапах сушіння і в кінці процесу досягає 11%.

Література

1. Симатос Д., Фоур М., Бонжур И., Коуч М. Применение дифференциального термического анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии при изучении воды в пищевых продуктах / Вода в пищевых продуктах. Под ред. Р.Б. Докуорта. — М.: Пищевая промышленность, 1980. — С. 156—170.

2. Михайлик В.А., Давыдова Е.О. Исследование состояния воды в сахаросодержащем растительном сырье при его обезвоживании // Промышленная теплотехника. — 2000. — Т. 22, № 5—6. — С. 50—54

3. Снежкін Ю.Ф., Михайлик В.А., Дмитренко Н.В. Динаміка зміни стану води в паренхімних тканинах рослин при сушінні // Промышленная теплотехника. — 2011. — Т. 33, № 2. — С. 35—40.

4. Гришин М.А., Погужих Е.И., Потапов В.А. Эффект динамического структурирования влаги в процессе сушки // Промышленная теплотехника. — 2001. — Т. 23, №. 4—5. — С. 100—105.

5. Дмитренко Н.В., Дубовікова Н.С., Снежкін Ю.Ф., Михайлик В.А., Декуша Л.В., Воробйов Л.І. Вивчення впливу стану води в харчових рослинних матеріалах на теплоту випаровування // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій — 2011. — Вип. 40, т. 2. — С. 71—75.

6. Деодар С., Лунер Ф. Измерение содержания связанной (незамерзающей) воды методом дифференциальной сканирующей калориметрии / Вода в полимерах. Под ред. С. Роуланда. — М.: Мир, 1984. — С. 273—287.

7. Патент України № 84075 МПК G01N 25/26, G01N25/28. Калориметричний пристрій для визначення питомої теплоти випаровування вологи і органічних рідин з матеріалів / Снежкін Ю.Ф., Декуша Л.В., Дубовікова Н.С., Грищенко Т.Г., Воробйов Л.Й., Боряк Л.А. — Заявка № а200613266 від 15.12.2006.

8. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. Изд. второе, дополненное и переработанное. — М.: Наука, 1972. — 720 с.

9. Даниленко А.Н., Дианова В.Т., Кожевников Г.О., Браудо Е.Е., Кроха Н.Г., Агаларова Л.А., Задорин А.Д. Термодинамический подход к сравнительному анализу интегральной гидрофобности нативных и денатурированных форм леуминов-Т гороха // Хранение и переработка сельхозсырья — 2000. — № 1. — С. 32—35.

10. Химический состав пищевых продуктов. Кн.1: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / Под ред. проф., д-ра техн. наук И.М. Скурихина и проф., д-ра мед. наук М.Н. Волгарева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ВО «Агропромиздат», 1987. — 224 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПАРЕНИЯ ВОДЫ ИЗ ТКАНИ ГРИБА ШАМПИНЬОН ОБЫКНОВЕННЫЙ В ПРОЦЕССЕ СУШКИ

Т.О. Роман, О.Г. Мазуренко

Национальный университет пищевых технологий

Н.В. Дмитренко, Л.В. Декуша

Институт технической теплофизики НАН Украины

В статье приведены результаты определения состояния воды в тканях плодового тела гриба шампиньон обыкновенный разной степени обезвоживания с помощью сканирующей калориметрии и определения теплоты испарения влаги из них с помощью синхронной калориметрии и термогравиметрии. Описаны методика и экспериментальные установки, с помощью которых были проведены исследования. Определены состояния воды в тканях плодового тела гриба шампиньон обыкновенный разной степени обезвоживания. Обоснован выбор калориметра для проведения данных исследований. Полученные результаты могут быть использованы для проектных и имитационных расчетов процесса сушки гриба шампиньон обыкновенный.

Ключевые слова: *грибы, сушка, свободная влага, связанная влага, теплота испарения.*