

УДК 536.6:664.8.047

DIFFERENCES IN HEAT AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE CAP AND THE STEM OF CHAMPIGNON MUSHROOMS

T. Roman, O. Yeshchenko, M. Ivanchenko, A. Mazurenko

National University of Food Technologies

Key words:

*Mushroom
Chemical composition
Heat of evaporation
Drying*

Article history:

Received 13.02.2016
Received in revised form
21.02.2016
Accepted 15.03.2016

Corresponding author:

T. Roman
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The article presents the complete chemical composition and content of vitamins, macro- and micronutrients in fresh cultivated champignon mushrooms. To save the maximum amount of nutrients in dried mushroom semi-product, scanning calorimetry and thermogravimetry at different temperatures were applied and the experiments were conducted to determine the heat of moisture evaporation from the tissues of mushroom caps and stems, which was compared to the heat of pure water evaporation. The timing difference in drying caps and stems to the final moisture content of 12.5 % is determined and all the results of experimental studies are represented.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДМІННОСТЕЙ ТЕПЛОВИХ І ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШАПИНКИ Й НІЖКИ ШАМПІНЬЙОНА

Т.О. Роман, О.А. Єщенко, М.Г. Іванченко, О.Г. Мазуренко

Національний університет харчових технологій

У статті приведено повний хімічний склад, а також вміст макро- та мікроелементів, вітамінів у свіжому культивованому грибі шампінйоні. Для збереження максимуму корисних речовин у сушеному грибному напівфабрикаті за допомогою сканувальної калориметрії й термозважувальності при різних температурах проведено дослід з визначення теплоти випаровування вологи з тканин ніжки та шапинки гриба, яка була порівняна з теплою випаровування чистої води. Визначено різницю в часі при сушінні ніжки й шапинки до кінцевої вологості 12,5 % і представлено всі результати експериментальних досліджень.

Ключові слова: шампінйон, хімічний склад, теплота випаровування, сушіння.

Постановка проблеми. Стабільне постачання населенню високоякісних, біологічно повноцінних та екологічно безпечних продуктів харчування можна забезпечити, розвиваючи виробничий потенціал харчової промисловості. Культивовані гриби, особливо шампінйони, мають високу харчову цінність і користуються високим попитом на ринку. В останні роки вживання в їжу лісових грибів унаслідок забруднення навколишнього середовища може вияви-

тися смертельно небезпечним, а штучно вирощені гриби є екологічно чистим продуктом, що виключає можливість отруєння. Вчені вважають, що найближчим часом протеїн культивованих грибів відіграватиме важливу роль в істотному збільшенні ресурсів білка в світі.

Мета дослідження. З'ясування відмінностей зневоднення тканин шампінйона шляхом експериментального визначення часу сушіння і прямого вимірювання витрати теплоти на випаровування вологи для отримання якісного грибного напівфабрикату.

Матеріали і методи. Для дослідження обрано штучно культивованій гриб шампінйон двоспоровий (*Agaricus bisporus*).

М'якоть гриба являє собою трам, що утворюється зі сплетінь гіф. Розрізняють трам шапинки, гіменофора і ніжки. Шампінйон містить цінні жирові речовини, які майже повністю засвоюються людським організмом. До складу шампінйона входять органічні кислоти (масляна, оцтова, олейнова, стеаринова, молочна тощо), які зумовлюють кислу реакцію клітинного соку грибів.

У шампінйонах багато вуглеводів, особливо клітковини, що містить хітин, який є основною частиною клітинної оболонки грибів. Особливо багато ферментів у шампінйонах, що прискорюють розщеплення білків, жирів і вуглеводів.

Результати і обговорення. Калорійність 100 грам свіжих шампінйонів невисока і коливається в межах 25—30 ккал. Суха речовина становить 10 %, тоді як 90 % — вода (табл. 1, 2, 3). В середньому близько 50 % сухої речовини становить протеїн, який засвоюється організмом здорової людини на 70—80 % [1].

Таблиця 1. Загальний хімічний склад плодового тіла шампінйона, г/100г

Речовина	Вміст, г
Вода	88—92,5
Білки	3,09—4,5
Жири	0,1—0,3
Вуглеводи	2,5—3,5
Клітковина	0,6—1,1
Зола	0,9—1,2

Білки грибів містять 18 амінокислот, включаючи всі незамінні, які позитивно впливають на розумову активність, пам'ять, перешкоджають розвитку атеросклерозу. До складу шампінйона також входять різні види вуглеводів: дисахариди (трегалоза), моносахариди (глюкоза, галактоза), полісахариди (глікоген), аміноцукри (глюкозаміни).

Таблиця 2. Мінерали, що містяться в 100 г плодового тіла шампінйона

Макроелемент	Вміст, мг	Мікроелемент	Вміст, мкг
Калій, K	318—447	Ферум, Fe	400—500
Кальцій, Ca	4—15	Манган, Mn	50—100
Магній, Mg	8—10	Купрум, Cu	320—500
Натрій, Na	4—6	Селен, Se	10—25
Фосфор, P	85—120	Цинк, Zn	550—1000

З високомолекулярних біополімерів міститься хітин (N-ацетилглюкозамінік). Грибний хітин добре вбирає шлаки і важкі метали, виводить їх з організму в процесі травлення.

Мінеральні речовини є складовою частиною всіх тканин, гормонів, крові, ферментів, беруть безпосередню участь у всіх процесах, що відбуваються в організмі.

Таблиця 3. Вітаміни, що містяться в плодovому тілі шампінйона, мкг/100г

Вітамін	Вміст, мкг
B1 (тіамін)	80—90
B2 (рибофлавін)	400—490
PP, B3 (ніацин, нікотинова кислота)	3600—3800
B5 (пантотенова кислота)	1490—1500
B6 (піридоксин)	100—110
B7, H (біотин)	1,6—1,7
B9 (фолієва кислота)	14—17
B12 (ціанокобаламін)	0,05—0,1
E (токоферол)	80—110
C (аскорбінова кислота)	1300—2100

Вітаміни виконують каталітичну функцію у складі активних центрів різноманітних ферментів, а також можуть брати участь у гуморальній регуляції екзогенних прогормонів і гормонів.

З аналізу результатів дослідження хімічного складу шампінйона випливає, що у тканинах плодovого тіла гриба кількість замінних і незамінних амінокислот, а також клітковини неоднакова. Вміст вивчених незамінних амінокислот збільшується від ніжки до м'якуша шапинки та гіменофору. Гіменіальний шар збагачений усіма іншими амінокислотами. Ніжка в основному складається з клітковини та вологи. Вміст клітковини у ніжці на 20—25 % більший, ніж у шапинці, остання містить вологи на 4—5% більше, ніж ніжка. Крім того, структура тканин ніжки та шапинки відрізняються формою клітин: тканина ніжки має призматичну структуру (складається з призматичних клітин), а шапинки — глобулярну текстуру, тобто її клітини мають кульовидну форму.

Біологічна цінність міцелію шампінйонів визначається індексом незамінних амінокислот і коливається в межах від 72,9—98,6 (згідно з EAA index). Лімітуючими амінокислотами вважають метіонін, цистин, лейцин, ізолейцин. Біологічна цінність становить 67,8—95,8 (згідно з BV FAO) [2]. Амінокислотний показник коливається в межах 36,0—90,0. Індекс поживності 22,2 (згідно з N FAO).

Гриби — швидкопсувний продукт, тому що вони містять 90 % вологи і їх не рекомендується зберігати більше 5 днів [3]. Однак подовжити термін придатності шампінйона можна протягом тривалого часу, якщо призупинити діяльність мікроорганізмів або затримати їх розвиток. Для цього гриби піддають різним видам обробки — сушка, заморожування, соління або маринування.

Найоптимальнішою є сушка грибної сировини, спрямована на створення напівфабрикату, з новими фізичними, ароматичними і смаковими властивостями. Після сушіння зменшується маса продукту, що дозволяє використовувати раціональну упаковку, спрощує зберігання і транспортування напівфабрикату, підвищується тривалість зберігання, формуються нові фізичні, смакові й ароматичні властивості. За вмістом білка сушені гриби значно багатші за мариновані або солені. Так, у консервованих грибах вміст води становить

приблизно 88 %, а білкових речовин — 5 %; в сушених, відповідно, 12 % і 23 %, калорійність сушених грибів приблизно в 6 разів вища за калорійність вихідної сировини.

Специфічний аромат сушених грибів формує складна суміш похідних фурану, піразину, піролу і метіоналю. Метіональ - найважливіший компонент грибного аромату, що утворюється при розщепленні амінокислоти метіоніну. Він дуже пахучий — людина відчуває його запах навіть у концентрації близько 0,2 нг/л. Вміст метіоналю в сушених грибах в 6—10 разів більший, ніж у свіжих варених. Ще два важливих з'єднання (2-метілфурантіол-3 і 2-метилдгідрофурантіол-3) вносять у запах сушених грибів відтінок аромату приготовленого м'яса.

Проведені експерименти з сушіння шампінйона виявили, що ніжка сушиться приблизно в 1,5 раза довше (табл. 4), ніж шапинка, незважаючи на початкову середню вологість ніжки 88 %, а шапинки 92 %. Кінцева вологість усіх дослідних зразків складає 12 %.

Таблиця 4. Тривалість процесу сушіння ніжки і шапинки шампінйона при різних температурах

Температура, °С	τ, с	
	Шапинка	Ніжка
40	15215	23735
50	7405	8405
60	4050	5870
70	2345	3265
80	1420	2360

Таким чином, необхідно розділити шампінйон на дві частини та визначати теплоту випаровування вологи окремо з ніжки та окремо з шапинки гриба, оскільки при сушінні конвективний теплообмін супроводжується випаровуванням. При теплових розрахунках процесів і апаратів необхідна інформація про взаємний вплив масообміну й теплообміну [4].

Витрати теплоти на випаровування вологи з гриба в процесі конвективно-кондуктивного сушіння визначалися диференціальним мікрокалориметром випаровування ДМКВ-1, який було розроблено в Інституті технічної теплофізики НАН України спеціально для таких досліджень [5] і який поєднує в собі можливості калориметрії і термогравиметрії.

Робота мікрокалориметра заснована на безперервному й одночасному вимірі втрати маси проби досліджуваного продукту і кількості теплоти, що витрачається в одиницю часу на випаровування вологи в процесі ізотермічної сушки тонкого шару досліджуваного зразка. При цьому температура проби досліджуваного зразка підтримується за допомогою ізотермічного джерела теплоти (електричного нагрівача) та дорівнює температурі повітря в робочій камері.

За допомогою перетворювачів теплового потоку вимірюють різницю між тепловими потоками, що йдуть від калориметричної платформи в комірці з досліджуваним зразком та еталоном. Різниця цих теплових потоків відповідає потужності, що підводиться до досліджуваного зразка для фазового переходу. Спад маси зразка в процесі досліджень визначають за допомогою аналітич-

них ваг безперервно і дані автоматично записуються на комп'ютер, оснащений спеціальним програмним забезпеченням.

Для експериментів використовували тонкі (товщиною ~ 1 мм) зрізи тканин окремо шапинки та ніжки плодового тіла шампінйона. Сушіння зразків проводили при температурах 40 °С, 50 °С, 60 °С, 70 °С, 80 °С та швидкості повітря 0,8 см/с. Реєстрація теплових потоків і зміни маси зразка в процесі сушіння здійснювалася безперервно. Сушку зразків закінчували при досягненні ними рівноважної вологості. Початкову вологість шапинки та ніжки визначали шляхом досушування зразків у калориметрі при температурі 105 °С до постійної маси. Отримані значення питомої теплоти випаровування з дослідних зразків $r_{гр}$ були зведені з табличними для чистої води $r_{води}$ [6] і представлені у вигляді залежності параметра $r_{гр}$ від поточного значення відносної вологості зразка W , % (рис. 1, 2, 3, 4, 5), таким чином отримано криві динаміки сушіння ніжки та шапинки шампінйона.

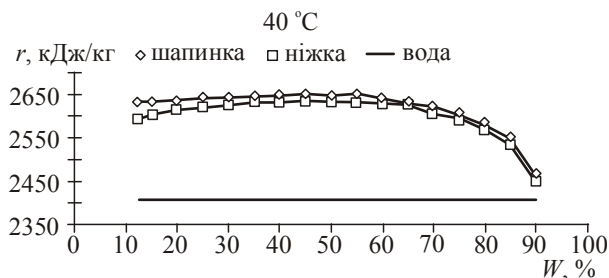


Рис. 1. Теплоти випаровування чистої води і вологи з шапинки та ніжки гриба при $T=40\text{ }^{\circ}\text{C}$

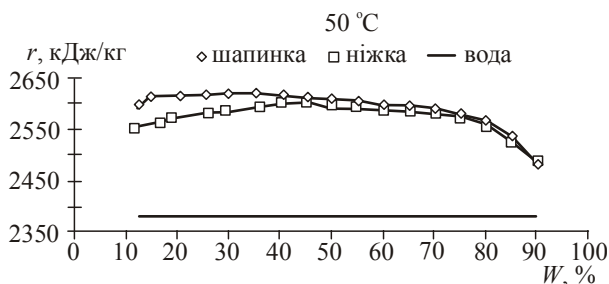


Рис. 2. Теплоти випаровування чистої води і вологи з шапинки та ніжки гриба при $T=50\text{ }^{\circ}\text{C}$

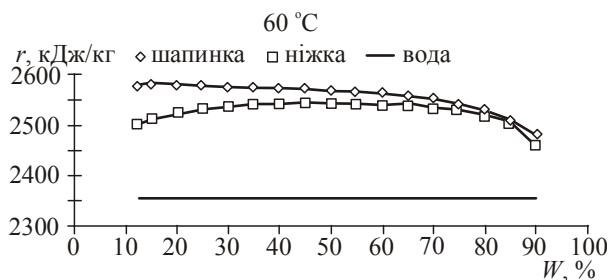


Рис. 3. Теплоти випаровування чистої води і вологи з шапинки та ніжки гриба при $T=60\text{ }^{\circ}\text{C}$

Аналіз проведених досліджень вказує (рис. 1, 2) на незалежність загальної динаміки випаровування вологи з нативних тканин шапинки та ніжки пло-

дового тіла гриба при температурах сушіння 40 °С та 50 °С — хід кривих залежності $r_{ш}$ та r_n для цих температур сушіння практично збігається в межах похибки експерименту ($\leq 2\%$).

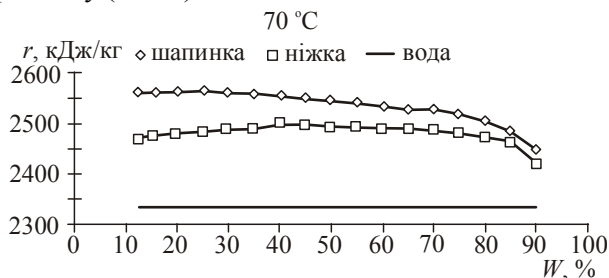


Рис. 4. Теплоти випаровування чистої води і вологи з шапинки та ніжки гриба при $T = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$

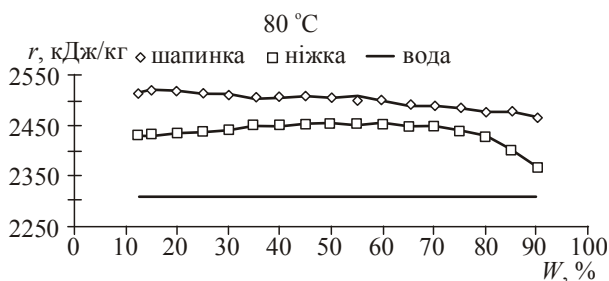


Рис. 5. Теплоти випаровування чистої води і вологи з шапинки та ніжки гриба при $T = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$

Загальна відмінність приведеної питомої теплоти випаровування при температурах 60 °С, 70 °С, 80 °С (рис. 3, 4, 5) пояснюється деструкцією білків у тканинах гриба, яка починається при температурі $\sim 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ і тим значніша, чим вища температура сушіння [7]. Ця деструкція, вочевидь, призвела до зменшення вологоутримувальної здатності білків [8], яких у шампінйона до 42 г на 100 г сухої речовини [9], тобто до зменшення вихідної кількості зв'язаної води в тканинах гриба і, в підсумку, до загального зменшення приведеної питомої теплоти випаровування [10].

Але всі криві випаровування вологи як з ніжки, так і з шапинки відрізняються від випаровування чистої води через те, що енергія, яка витрачається на видалення вологи при сушінні, витрачається не лише на фазовий перехід води в пару, але й на руйнування зв'язку вологи з твердою фазою тіла, що сушиться. Це не тільки підтверджує наявність залежності теплоти випаровування від вологоутримувальної здатності гриба, але й дає уявлення про порядок збільшення теплоти випаровування і характер її зміни під час сушіння. Загальний приріст питомої теплоти випаровування вологи з нативних тканин шапинки при різних температурах у порівнянні з табличним значенням для випаровування чистої води з вільної поверхні складає $\sim 9\%$, а характер залежності його від вологості корелює з динамікою зміни стану вільної та зв'язаної води при зневодненні гриба. До поступового зростання загальних витрат теплоти на випаровування майже з самого початку процесу сушіння тканин гриба призводить зменшення частки вільної води і зростання частки зв'язаної вологи.

Висновки

1. Завдяки низькому вмісту кількості цукрів шампінйони можна вживати при цукровому діабеті й ожирінні. Крім цього, в них міститься багато незамінних амінокислот і протеїн, тому цей гриб надзвичайно корисний для спортсменів і вегетаріанців.

2. Проведені експерименти підтвердили відмінності не тільки в структурі та хімічному складі, але і в теплоті випаровування вологи в шапинці та ніжці культивованого шампінйона. Ці відмінності впливають на час процесу сушіння. Так, час сушіння ніжки порівняно з часом сушіння шапинки збільшується приблизно в 1,5 рази.

3. Загальний приріст питомої теплоти випаровування води з тканин шампінйона при різних температурах досягає 9 % порівняно з табличним значенням для випаровування води з вільної поверхні, а характер залежності його від вологості корелює з динамікою зміни вологи в тканинах гриба при зневодненні.

4. Отримані авторами роботи результати можуть бути використані для проектних та імітаційних розрахунків процесу сушіння шампінйона.

Література

1. Сычов П.А., Ткаченко Н.П. Грибы и грибоводство. — Донецк-Москва: Сталкер, 2003. — 512 с.

2. Вдовенко С.А. Вирощування їстівних грибів // Навч. посібник. — Вінниця: РВВ ВНАУ, 2010. — 120 с.

3. Роман Т.О., Мазуренко О.Г., Дубівко А.С. Фізико-біохімічні зміни при старінні гриба шампінйон // Харчова промисловість. — 2014. — № 15. — С. 52—56.

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

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

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

7. 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.

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

9. 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. — Москва: ВО «Агропромиздат», 1987. — 224 с.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТЛИЧИЙ ТЕПЛОВЫХ И ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШЛЯПКИ И НОЖКИ ШАМПИНЬОНА

Т.А. Роман, О.А. Ещенко, М.Г. Иванченко, А.Г. Мазуренко

Национальный университет пищевых технологий

В статье приведен полный химический состав, а также содержание макро- и микроэлементов, витаминов в свежем культивируемом грибе шампиньоне. Для сохранения максимума полезных веществ в сушеном грибном полуфабрикате с помощью сканирующей калориметрии и термогравиметрии при различных температурах проведены опыты по определению теплоты испарения влаги из тканей ножки и шляпки гриба, которая была сопоставлена с теплотой испарения чистой воды. Определена разница во времени при сушке ножки и шляпки до конечной влажности 12,5 % и представлены все результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова: шампиньон, химический состав, теплота испарения, сушка.