

УДК 641.887:613.292

І.А. КУБЛІНСЬКА, М.Ф. КРАВЧЕНКО
Київський національний торговельно-економічний університет

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕНТІВ СТУПЕНЕВОГО СУШІННЯ КУЛЬТИВОВАНИХ ГРИБІВ

В статті проаналізовано раціональні режими сушіння культивованих грибів печериць (*Agaricus campestris*) та шиїтаке (*Lentinula edodes*). Обґрунтовано значення культивованих грибів у технології харчової продукції. Адже печериці та шиїтаке є одними з найпопулярніших культивованих грибів в Україні. Вони містять унікальний комплекс біологічно цінних та лікувально-профілактичних речовин, таких як незамінні амінокислоти, специфічні вуглеводи, фосфоліпіди, вітаміни, флавоноїди та мінеральні речовини. Під час сушіння грибів, перш за все, необхідно зберегти природні біологічно цінні властивості грибів. Тому метою дослідження було обґрунтування раціональних параметрів ступеневого конвективного сушіння печериць та шиїтаке для подальшого застосування у технології харчових виробництв.

Результати дослідження показали переваги сушіння грибів ступеневим конвективним способом, порівняно з традиційним сушінням овочевої та грибної сировини, оскільки тривалість даного процесу значно скорочується, а показники якості сушених грибів залишаються високими.

Встановлено, що ступеневе сушіння грибів печериці та шиїтаке відбувається значно швидше, ніж сушіння грибів конвективним способом. Так, при ступеневому сушінні дослідні зразки висушено до вологовмісту 7 % за 5 год., тоді як при конвективному способі сушіння при тих же показниках температури сушильного агента та вологовмісту грибів сушіння тривало 8,5 год. Різнилися також масова частка біологічно цінних речовин у дослідних зразках грибів. Так, масова частка розчинних білків у дослідних зразках грибів висушених ступеневим конвективним способом була на 28-37 % більша порівняно з контролем, легкорозчинних вуглеводів на 0,8-1,3 %, масова частка крохмалю та пектинів - на 1,2-1,5 %.

Отримані результати дослідження дають змогу стверджувати, що ступеневий конвективний спосіб сушіння грибів при температурі 45°C є перспективним, оскільки він ресурсозберігаючий та енергозаощаджувальний.

Ключові слова: культивовані гриби, ступеневе конвекційне сушіння, ресурсозберігання, конвекція, біологічно цінні речовини.

І.А. КУБЛІНСЬКА, М.Ф. КРАВЧЕНКО
Киевский национальный торгово-экономический университет

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОЭТАПНОГО СУШЕНИЯ КУЛЬТИВИРОВАННЫХ ГРИБОВ

В статье проанализированы рациональные режимы сушения культивированных грибов шампиньонов (*Agaricus campestris*) и шиитаке (*Lentinula edodes*). Обосновано значение культивированных грибов в технологи пищевой продукции. Известно, что шампиньоны и шиитаке являются одними из наиболее популярных культивируемых грибов в Украине. Они содержат уникальный комплекс биологически ценных и лечебно-профилактических веществ, таких как незаменимые аминокислоты, специфические углеводы, фосфолипиды, витамины, флавоноиды и минеральные вещества. Во время сушения, в первую очередь, необходимо сохранить природные биологически ценные вещества грибов.

Поэтому целью исследования было обоснование рациональных параметров поэтапного конвективного сушения шампиньонов и шиитаке для дальнейшего использования в технологи пищевых продуктов.

Результаты исследования показали преимущества сушения грибов поэтапным конвективным способом, в сравнении с традиционным сушением овощного и грибного сырья, так как длительность данного процесса значительно уменьшается, а показатели качества сушения грибов остаются высокими.

Установлено, что поэтапное конвекционное сушение шампиньонов и шиитаке происходит быстрее, чем сушение грибов конвективным способом. Так, при поэтапном сушении опытные образцы высушены до массовой доли влаги – 7 % за 5 часов, тогда как при конвективном способе сушения при тех же показателях температуры сушильного агента и влагосодержания грибов процесс сушки длился 8,5 часов. Отличалось также и содержание биологически ценных веществ в опытных образцах грибов. Так, массовая доля растворимых белков в опытных образцах грибов высушенных поэтапным

конвекционным способом была на 28-37 % выше, чем в контрольном образце; легкорастворимых углеводов на 0,8-1,3 % больше, массовая доля крахмала и пектинов - на 1,2-1,5 %.

Полученные результаты исследования позволяют утверждать, что поэтапное конвективное сушение грибов при температуре 45° С является перспективным, поскольку данный способ ресурсосохраняющий и экономный.

Ключевые слова: культивированные грибы, поэтапное конвективное сушение, ресурсосохранение, конвекция, биологически ценные вещества.

I. KUBLINS'KA, M. KRAVCHENKO
Kyiv National University of Trade and Economics

JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF STAGED DRYING OF THE CULTIVATED MUSHROOMS

The article analyzes the rational modes of the drying cultivated champignon mushrooms (*Agaricus campestris*) and shiitake (*Lentinula edodes*). The significance of the cultivated mushrooms in the food technology is substantiated. It is known that champignons and shiitake are among the most popular cultivated mushrooms in the Ukraine. They contain a unique complex of biologically valuable and the rapetic and prophylactic substances, such as essential amino acids, specific carbohydrates, phospholipids, vitamins, flavonoids and minerals. During drying, first of all, it is necessary to preserve the natural biologically valuable substances of the fungi.

Therefore, the aim of the study was to substantiate the rational parameters of the phased convective drying of the champignons and shiitake for further use in the food technology.

The results of the study showed the advantages of drying mushrooms in a staged convective manner, compared to traditional drying of vegetables and mushrooms, since the duration of this process is significantly reduced, and the quality of drying of the mushrooms remains high.

It has been established that the staged convection drying of champignons and shiitake is faster than the drying of mushrooms by the convective method. Thus, with staged drying, the test samples were dried to a mass fraction of moisture — 7% in 5 hours, while with the convective drying method with the same indicators of the drying agent temperature and moisture content of the mushrooms, the drying process lasted 8.5 hours. The content of biologically valuable substances in the experimental samples of the fungi also differed. Thus, the mass fraction of the soluble proteins in prototypes of the mushrooms dried in a staged convection method was 28–37% higher than in the control sample; easily soluble carbohydrates by 0,8-1,3% more, mass fraction of starch and pectins - by 1,2-1,5%.

The results of the study suggest that the phased convective drying of mushrooms at a temperature of the 45 ° C is promising, since this method is the resource-saving and economical.

Keywords: cultivated mushrooms, staged convective drying, resource conservation, convection, biologically valuable substances.

Постановка проблеми

Важливим завданням, яке стоїть перед сучасними харчовими виробництвами та закладами ресторанного господарства є створення нових харчових продуктів підвищеної харчової цінності; впровадження нових ресурсозберігаючих технологій переробки сировинних матеріалів з метою максимального збереження їх харчової та біологічної цінності. В контексті ресурсозберігаючих технологій харчових продуктів перспективним є використання грибної сировини, зокрема грибних порошків, отриманих з сушених грибів.

Вченими доведено високий потенціал їстівних грибів як джерела активних метаболітів білкової, вуглеводної та ліпідної природи. Гриби містить унікальний комплекс харчових та лікувально-профілактичних речовин - до 35 % білків, весь спектр незамінних амінокислот. При цьому 30-40 % всієї маси амінокислот грибних білків є незамінними, особливо багаті гриби на амінокислоти лізин, треонін, валін, лейцин, ізoleyцин, яких мало в рослинній продукції [1]. В грибах містяться ненасичені жирні кислоти, фосфоліпіди, фенольні сполуки, вітаміни, важливі для організму людини макро- та мікроелементи. В грибах багато лецитину (ліпотропна речовина) та глікогену (тваринний крохмаль), багато вітамінів групи В, РР та жиророзчинних вітамінів, великий вміст цинку та фосфору.

Основний вуглевод грибів – хітин, здатний гальмувати перетравлення, тому при хворобах кишково-шлункового тракту вживання грибів у великій кількості не бажане. Сучасні наукові дослідження додали нові факти про високу здатність хітину – основної сполуки клітинної стінки грибів і близької до нього хімічної структури сполуки хітозану – до біологічного очищення організму від радіонуклідів і різноманітних токсичних речовин. Науковцями доведено лікувально-профілактичні властивості грибів, такі як загальнозміцнюючі, протитуберкульозні, онкостатичні, протівірусні та адаптогенні [2].

Великий інтерес до культивованих їстівних грибів пояснюється тим, що вони значно безпечніші, ніж дикорослі. Так, культивування їстівних грибів у промислових масштабах дозволяє частково усунути загрозу щорічного масового отруєння населення, яке збирає гриби в природних умовах. Згідно даних МОЗ в Україні на 1 жовтня 2018 р. було зареєстровано 157 випадків харчових отруєнь, викликаних грибами, з кількістю постраждалих 242 особи (з них 13 летальних) [3].

Свіжі гриби як об'єкт зберігання потребують особливої уваги, оскільки вони є живим організмом, в якому продовжуються ферментативні та мікробіологічні перетворення після збирання, під час зберігання та реалізації, що призводять до псування грибної сировини. Тому актуальним є обґрунтування раціональних параметрів сушіння культивованих грибів печериць (*Agaricus campestris*) та шиїтаке (*Lentinula edodes*) на підставі вивчення закономірностей раціональних ресурсозберігаючих технологій сушіння, як найефективнішого способу консервування та зберігання харчових продуктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Сушіння – один із найпоширеніших способів видалення вологи з матеріалу. У харчовій промисловості цей процес застосовують для зменшення маси продуктів, підвищення їхньої транспортабельності й стійкості при збереженні. Різноманітний асортимент харчових продуктів, що висушуються зумовлює використання різних способів підведення теплоти, різних способів сушіння [4].

Сушені гриби зручно зберігати тривалий час, вони не втрачають свій грибний смак та запах, а за своєю поживністю та рівнем засвоєння значно цінніші ніж солоні та мариновані. Гриби висушують переважно конвективним способом до вмісту вологи 7–14 %, що практично виключає можливість подальшого розвитку більшості мікроорганізмів.

Формування споживних властивостей сушених грибів залежить від виду, розміру та стану плодових тіл грибів; способів і технології сушіння; пакування та зберігання. Із сушених грибів можна приготувати грибний порошок, який має істотні переваги:

- займає менше місця, тому зручний у транспортуванні;
- має вищу засвоюваність білків,
- набагато зручніший у використанні [4].

Вибір способу й режиму сушіння залежить від стану сировини та параметрів сушильного агента, що забезпечує збереження пористої структури тканин грибів, впливає на набухання сушених грибів у воді – їх відновлювальні властивості. Широкого розповсюдження набув конвекційний метод сушіння харчової сировини через свою простоту та можливість регулювання параметрів сушильного агента. Саме сушильний агент забезпечує ефективне підведення теплоти до матеріалу та поглинає випаровану вологу. Найчастіше в якості сушильного агента використовується нагріте повітря, пароводяна суміш, топкові гази [5].

На початковому етапі конвекційного сушіння грибів відбувається активна взаємодія продукту з сушильним агентом, енергоємність процесу невелика, а швидкість сушіння достатньо висока. Однак, згодом, при висиханні поверхні продукту, відбувається сповільнення тепло- і масообмінних процесів. Все більше теплової енергії випромінюється в простір, не потрапляючи всередину продукту. Енергоємність процесу збільшується, відбувається перегрівання поверхневих шарів грибів, що погіршує якість сушіння, знижує харчову цінність та органолептичні показники якості сушених грибів, робить процес сушіння енергоємним та ресурсовитратним.

Важливою властивістю грибів, як сировини для сушіння є термолабільність біологічно-цінних речовин. Відомо, що гриби містять розчинні повноцінні білки, цінні розчинні вуглеводи, термолабільні пектини, вуглевод глюкан, який має лікувальні та профілактичні властивості [6]. Рівень збереження даних речовин прямо пропорційно залежить від температури та тривалості сушіння грибів. Тому постає завдання розробки раціональних режимів конвективного сушіння грибів з метою максимального збереження термолабільних речовин.

На сьогодні вченими Борецькою І., Гайвась Б., Бурлакою Т., Дубковецьким І., Малезком І., Чревко О., Новіковою О., Кіс Р., Wang H., Zhang M., Mihalcea L., Viscu F. ведуться роботи з метою удосконалення та раціоналізації конвективного способу сушіння грибів [4, 6, 7].

Процес конвективного сушіння можна інтенсифікувати завдяки використанню додаткових рушійних сил: використання імпульсного режиму сушіння, комбінування конвекції з ІЧ-, НВЧ- та електромагнітним опроміненням продукту [4].

Перспективним є комбінування конвекційного способу сушіння грибів із змішаним тепло підведенням, сушіння перегрітою парою, застосування двохфазного сушильного агента та багатоступінчасте сушіння із зміною швидкості циркуляції нагрітого повітря. Дані способи сушіння значною мірою інтенсифікують вологопровідність та випаровування вологи з продукту.

Формулювання мети дослідження

Дослідження ступеневого конвективного способу сушіння печериць (*Agaricus campestris*) та шиїтаке (*Lentinula edodes*) для подальшого застосування в технології продукції підвищеної харчової цінності.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

- дослідити ефективність ступеневого конвективного способу сушіння грибів печериці та шиїтаке;
- розроблення ресурсозберігаючого ефективного способу сушіння культивованих грибів.

Викладення основного матеріалу дослідження

Для дослідження було обрано ресурсозберігаючу методику сушіння рослинної сировини, яка передбачає почергове стадійне конвективне сушіння. Сушіння проводили в сушильній шафі Садочок С-2М з примусовою конвекцією.

Гриби попередньо перебирали, очищали від забруднених та пошкоджених частин, нарізали на скибочки товщиною 1,5-2 мм, вистилали на перфоровані листи рівномірним шаром товщиною 15-25 мм. Через кожні 20 хв. вимірювали вміст масової частки вологи у досліджуваних зразках.

Сушіння проводили до вмісту масової частки вологи 6,5 – 7,0 %.

В отриманих зразках після сушіння визначали сенсорні показники якості, вміст масової частки вологи, розчинних білків та полісахаридів.

Режим сушіння підбирали за основними критеріями: температура та швидкість руху нагрітого повітря.

- 1-й режим - нагрівання сушильного агенту до температури 45 °С при швидкості руху повітря 1,5 м/с до збільшення вологості сушильного агенту всередині камери до 50-60 %.
- 2-й режим – примусова конвекція при швидкості руху повітря 5,5-6 м/с без нагрівання, до зменшення вологості сушильного агенту до 20 %.

Температура 45 °С була обрана для того, щоб уникнути денатураційних змін білків грибів.

За контроль було обрано зразок, який сушили традиційним конвективним способом при швидкості руху теплоносія 3,0-3,5 м/с та температурі сушіння 45 °С.

Кінетика сушіння грибів (рис.1) показує перспективність використання ступеневого конвективного способу сушіння грибів, оскільки тривалість сушіння значно скорочується, а показники якості сушених грибів залишаються високими.

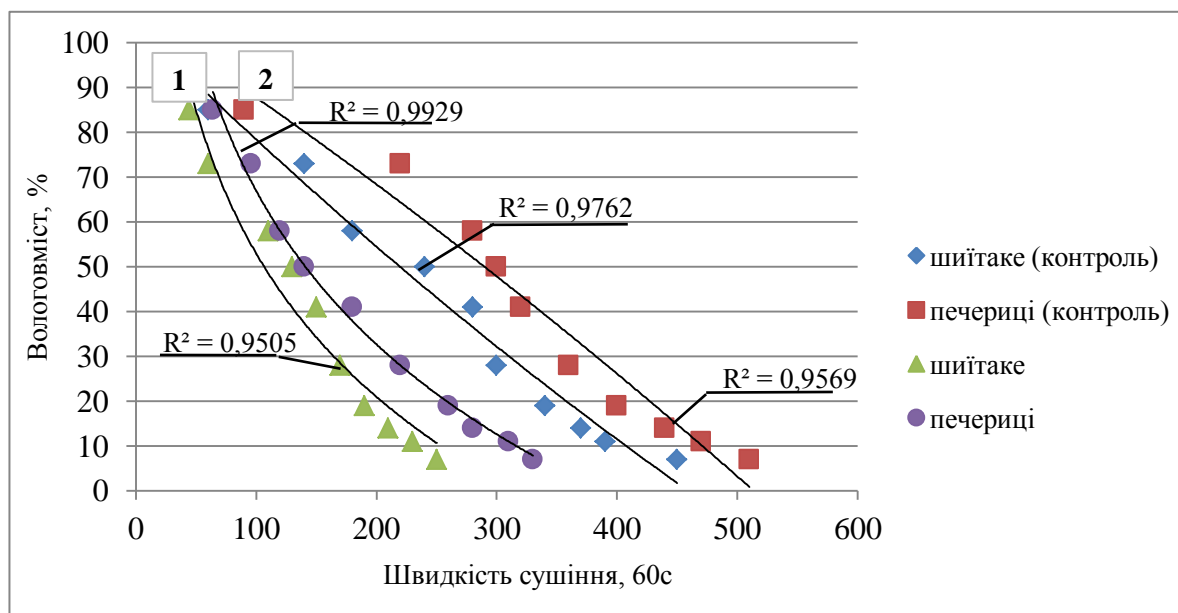


Рис. 1. Залежність впливу швидкості сушіння грибів від способу сушіння, де 1 – ступеневий спосіб сушіння, 2 – конвективний спосіб сушіння (контроль)

Встановлено, що ступеневе сушіння грибів печериці та шиїтаке відбувається значно швидше, ніж сушіння грибів конвективним способом, так, при ступеневому сушінні з температурою сушильного агенту 45 °С дослідні зразки висушено до вологовмісту 7 % $\pm 0,2$ за 5 год., тоді як при конвективному способі сушіння при тих же показниках температури сушильного агенту, вологовмісту грибів 7 % $\pm 0,2$ було досягнуто за 8,5 год.

Вологовміст сушильного агенту та вологість в сушильній камері найбільше впливає на інтенсивність сушіння. Знижуючи вологовміст сушильного агенту до 20 % шляхом інтенсивної конвекції забезпечується підвищення швидкості процесу сушіння, активізуються дифузійні процеси в товщі грибів, які призводять до втрати вологи з внутрішніх шарів продукту. Періодичне нагрівання циркулюючого

сушильного агенту запобігає розвитку процесу зворотного поглинання води з граничного шару продукту, зумовлює її випаровування.

З метою з'ясування впливу способу сушіння на зміни вмісту термолабільних нутрієнтів печериць та шийтаке було визначено вміст розчинних білків, легкорозчинних вуглеводів (цукрів) та легкогідролізованих вуглеводів (крохмаль, пектин) у дослідних зразках грибів, а також проведено дослідження сенсорних показників якості.

Дані результатів дослідження зведено у табл. 1.

Таблиця 1

Показники якості сушіння грибів

Назва показника	Дані дослідження	
	Конвективне сушіння, 45°C (контроль)	Ступеневе конвективне сушіння, 45°C
Шийтаке		
Тривалість сушіння, 60с	450	260
Масова частка розчинних білків, %	0,82±0,004	1,19±0,003
Масова частка легкорозчинних вуглеводів, %	10,5±0,02	11,3±0,01
Масова частка легкогідролізованих вуглеводів, %	11,2±0,015	12,4±0,012
Сенсорні показники		
Зовнішній вигляд	однорідний з рівномірною поверхнею	
Колір	світло-коричневий	кремовий
Запах	грибний з гірчинкою	грибний добре виражений
Смак	характерний даному виду грибів	
Печериці		
Тривалість сушіння, 60 с	330	510
Масова частка розчинних білків, %	0,74±0,003	1,02±0,003
Масова частка легкорозчинних вуглеводів, %	9,6±0,012	10,4±0,02
Масова частка легкогідролізованих вуглеводів, %	10,4±0,01	11,9±0,01
Сенсорні показники		
Зовнішній вигляд	однорідний з рівномірною поверхнею	
Колір	коричневий	світло-коричневий
Запах	грибний добре виражений	насичений грибний
Смак	характерний даному виду грибів	

Аналізуючи дані ступеневого конвективного способу сушіння, очевидно, що даний спосіб має переваги, порівняно з традиційним конвективним сушінням грибів. Втрата вологи відбувається швидше і процес сушіння грибної сировини прискорюється, що зумовлює економію часу та енергоресурсів. Різнилися також масова частка розчинних білків - на 28-37 %, вміст легкорозчинних вуглеводів на 0,8-1,3 %, масова частка крохмалю та пектинів на 1,2-1,5 %. Сенсорні показники якості грибів висушених ступеневим способом були вищі, порівняно з контрольним зразком.

Висновки

Отримані результати дослідження дають змогу стверджувати, що ступеневий конвективний спосіб сушіння грибів при низьких температурах є перспективним, оскільки він ресурсозберігаючий та енергозощаджувальний, адже економиться час та краще зберігаються природні властивості біологічна та харчова цінність грибів. На основі оцінки якості висушених зразків визначено, що оптимальною температурою сушіння грибів печериць та шийтаке є 45°C при змінній швидкості руху сушильного агенту 1,5 – 6 м/с. Таким чином, даний метод сушіння можна використовувати для ефективного сушіння грибів, як для харчових виробництв, так і для закладів ресторанного господарства.

Список використаної літератури

1. Биологические особенности лекарственных макромицетов в культуре: Сборник научных трудов в двух томах. Т. 1. Подред чл.-кор. НАНУ України С.П. Вассера. – Киев: Альтерпрес. 2011. 212 с.
2. Peter C. K. Cheung. Mushrooms as functional foods . by John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, New Jersey, 2008. – 259 p.
3. Профілактика отруєнь дикорослими грибами. Центр з контролю та моніторингу захворювань. UKR: <https://www.facebook.com/phc.org.ua> (останнє відвідування 12.11.2017 р.)

4. Бурлака Т. В., Дубковецький І. В., Малежик І. Ф. Дослідження сушіння культивованих грибів різними інфрачервоними випромінювачами. Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 2015. Вип. 47(2). С. 12-17. UKR: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np_2015_47\(2\)__5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np_2015_47(2)__5)
5. Тарасенко Т. А., Євлаш В. В., Неміріч О. В., Вашека О. М., Гавриш А. В., Кравченко О. І. Теоретичне дослідження способів сушіння овочів та фруктів. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. Том 17. № 4 (64), 2015. С. 148-158
6. Mihalcea L.I., Bucur F.C., Cantaragiu A.M.M. Gurgu L.C. Borda D.D. Iordachescu G.S. Temperature influence on the agaricus bisporus mushrooms dehydration process. Scientific study and research-chemistry and chemical engineering biotechnology food industry. Vol. 17, 2016, pp. 323-333.
7. Wang H., Zhang M., Mujumdar A.S. Comparison of Three New Drying Methods for Drying Characteristics and Quality of Shiitake Mushroom (*Lentinus edodes*). Drying Technology. Vol. 32, 2014, pp. 1791–1802.