

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

ПРАЦІ

Таврійського державного
агротехнологічного
університету



ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Випуск 24, том 3
Наукове фахове видання
Технічні науки



Запоріжжя – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО



DMYTRO MOTORNYI TAVRIA STATE
AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY



ПРАЦІ

**Таврійського державного
агротехнологічного університету**
Технічні науки

**PROCEEDINGS OF TAVRIA STATE
AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY**
Technical sciences

*Виходить 3 рази на рік
Видається з 1998 р.*

**Випуск 24, том 3
Issue 24, volume 3**

WEB gssor... ni sr st dct t

DOI

Запоріжжя – 2024



УДК [631.3+621.3+004+663/664]

Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання. / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. – Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Вип. 24, т. 3. 208 с.

ISSN 2220-8674

Представлені результати наукових досліджень вчених у галузях галузевого машинобудування, енергетики, електротехніки, електромеханіки, харчових технологій, комп'ютерних наук та інформаційних технологій.

Видання призначене для наукових працівників, викладачів, інженерно-технічного персоналу і здобувачів вищої освіти, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.

Реферативні бази: Crossref, Google Scholar, «Україна наукова», НБУ ім. В. І. Вернадського

Головний редактор

Кюрчев В. М., чл.-кор. НААН України,
д-р техн. наук, проф. (Україна)

Заступники головного редактора

Надикто В. Т., чл.-кор. НААН України,
д-р техн. наук, проф. (Україна)
Панченко А. І., д-р техн. наук, проф. (Україна)

Відповідальний секретар

Волошина А. А., д-р техн. наук, проф. (Україна)

Технічний секретар

Погорельцева Д. О. (Україна)

Editor in chief

Kyurchev V., corresponding member of NAAS of
Ukraine, Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

Deputy editors in chief

Nadykto V., corresponding member of NAAS of
Ukraine, Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Panchenko A., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

Executive secretary

Voloshina A., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

Technical secretary

Pogoreltseva D. (Ukraine)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

Белоев Христо, д-р техн. наук, проф. (Болгарія)
Даманаускас Відас, д-р техн. наук, проф. (Литва)
Івановс Семенс, д-р техн. наук (Латвія)
Ольт Юрі, PhD, д-р техн. наук, проф. (Естонія)
Паскуцці Сімоне, PhD, доц. (Італія)
Финдура Павол, PhD, проф. (Словачія)
Вершков О. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Дідур В. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Журавель Д. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Кувачов В. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Кюрчев С. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Скляр О. Г., канд. техн. наук, проф. (Україна)
Скляр Р. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Тітова О. А., д-р пед. наук, проф. (Україна)

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА
ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА**

Шафранець Анджей, д-р техн. наук, проф. (Польща)
Кавакзех Мохаммед, PhD, проф. (Йорданія)
Бур'ян С. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Галько С. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Карпалюк І. Т., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Квітка С. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Кузнецов М. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Лисенко О. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Мірошник О. О., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Мороз О. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Плюгін В. Є., д-р техн. наук, проф. (Україна)

SECTORAL MACHINE BUILDING

Beloev Hristo, Dr. Sci. Tech., Prof. (Bulgaria)
Damanauskas Vidas, Dr. Sci. Tech. (Lithuania)
Ivanovs Semjons, Dr. Sci. Tech. (Latvia)
Olt Jüri, PhD, Dr. Sci. Tech., Prof. (Estonia)
Pascuzzi Simone, PhD, Assoc. Prof. (Italia)
Pavol Findura, PhD, Prof. (Slovakia)
Vershkov O, Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Didur V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Zhuravel D., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Kuvachov V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Kiurchev S., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Sclyar O., Cand. Sci. Tech, Prof. (Ukraine)
Sclyar R., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Titova O., Dr. Sci. Ped., Prof. (Ukraine)

**ELECTRICAL POWER ENGINEERING,
ELECTRICAL ENGINEERING AND
ELECTROMECHANICS**

Szafraniec Andrzej, Dr. Sci. Tech., Prof. (Poland)
Qawaqzeh Mohamed, PhD, Prof. (Jordan)
Burian S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Halko S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Karpaliuk I., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Kvitka S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Kuznietsov M., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Lysenko O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Miroshnyk O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Moroz O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Pliuhin V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)



КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ

Гавриленко Є. А., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Гнатушенко В. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Гумен О. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Дашкевич А. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Лубко Д. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Лясковська С. Є., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Малкіна В. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Мацулевич О. С., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Холодник Ю. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Яблонський П. М., канд. техн. наук, доц. (Україна)

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Дейниченко Г. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Євлаш В. В., д-р техн. наук проф. (Україна)
Ломейко О. П., канд. техн. наук, доц (Україна)
Паламарчук І. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Пилипенко Л. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Пріс О. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Самойчук К. О., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Сердюк М. Є., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Ялпачик В. Ф., д-р техн. наук, проф. (Україна)

ПРАЦІ

**Таврійського державного
агротехнологічного університету**

Випуск 24, том 3

Засновник

COMPUTER SCIENCES

Havrylenko Ye., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Hnatushenko V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Humen O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Dashkevych A., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Lubko D., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Liaskovska S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Malkina V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Matsulevych O, Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Kholodniak Y., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Yablonskyi P., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)

FOOD TECHNOLOGIES

Deynichenko G., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Evlash V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Lomeiko O., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Palamarchuk I., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Pylypenko L., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Priss, O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Samoichuk K., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Serdyuk M., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Yalpachik V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

**PROCEEDINGS OF TAVRIA STATE
AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY**

Issue 24, volume 3

Founder

Cl xs n L nsn mxhS u h Rs sd
f nsdbgmknf lb kTntud rlx

Ent m dc hm

Bd slerb sd nef nud ml dns k df lrs shm

J A Mn c sdc Cdbdl ad

Ot a krgdc shl dr xd

dbnl l dnr dc en ot a ktb shmax sgd b cdl lb

An c neCl xs n L nsn mxhS u h Rs sd

f nsdbgmknf lb kTntud rlx

dbn c Mn c sdc It ml

Є

Категорії Б

O nbddc hmf r neSR ST lr hmbk cdc lmsgd Klrs ne
rbtdnslerb o nedrrlhm k dclshmr ne Tj hml
sdbgnfb k rbdnbd b sdf n x A lm v glbg sgd
drt lsr nesgdrdr en nas hntf rbdnslerb cdf ddr
neCnbsn neRbdnbd m Cnbsn neOglnrnogx.
B m hrc sd neRbdnbd b mad ot a krgdc n cd ne
sgd L hntfs x neDct b shm m Rbdnbd neTj hml
c sdc L bg Mn

Адреса редакції

Юридична

Фактична

gssor... ni sr st dct t

CNH --

Address of the Editorial office

Legal adress on lygygh df lmm

L dksnonk A J gl dntsrj xh ud

Actual address on lygygh df lmm

on lygygh gt j nurj xhRs

gssor... ni sr st dct t

CNH --



ЗМІСТ / CONTENTS

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

- Кюрчев С. В., Самойчук К. О., Ковальов О. О., Паляничка Н. О., В'юник О. В.** Підвищення енергоефективності диспергування в пульсаційному гомогенізаторі рідких продуктів 7
- Kiurchev S., Samoichuk K., Kovalyov A., Palianychka N., Viunyk O.** Increasing the energy efficiency of dispersing in a pulsation liquid products homogenizer
- Журавель Д. П., Бондар А. М.** Моделювання керованості колісних тракторів шляхом використання адаптивного рульового керування 18
- Zhuravel D., Bondar A.** Simulation of controlling wheel tractors using adaptive steering
- Дідур В. В., Петриченко Є. А., Дашивець Г. І.** Модернізація сепаратора СЦ-3 39
- Didur V., Petrychenko I., Dashyvets G.** Modernization of the СЦ -3 separator
- Склябінський В. І., Гусак О. Г., Юрченко О. Ю., Нічволодін К. В.** Особливості розташування декількох обертових вібраційних грануляторів (овг) у одній грануляційній башті 53
- Sklabinskyi V., Gusak O., Yurchenko O., Nichvolodin K.** Features of placement of several rotating vibrating granulators (ovg) in one granulation tower
- Скляр О. Г., Скляр Р. В., Комар А. С.** Удосконалення конструкції біогазової установки з рекуперацією теплоти зброженої біомаси 62
- Skliar O., Skliar R., Komar A.** Improving the design of a biogas plant with heat recovery of fermented biomass
- Паляничка Н. О., Верхованцева В. О., Червоткіна О. О., Ковальов О. О., Ялпачик В. Ф.** Дослідження процесу диспергування молочного жиру в імпульсному гомогенізаторі 72
- Palianychka N., Verkholtantseva V., Chervotkina O., Kovalov A., Yalpachyk V.** Study of the process of dispersing milk fat in a pulse homogenizer

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

- Трунова І. М., Серета А. І., Дудніков С. М., Пазій В. Г., Мороз О. М., Савченко О. А., Попадченко С. А., Галько С. В., Ладжинський І. В.** Інженерний менеджмент для підвищення надійності електропостачання 82
- Trunova I., Sereda A., Dudnikov S., Pazii V., Moroz O., Savchenko O., Popadchenko S., Halko S., Ladyzhynskiy I.** Engineering management to increase the power supply continuity
- Панов А. О., Гриценко С. Д., Галько С. В.** Розробка нечіткого алгоритму регулювання коефіцієнтів несиметрії напруги за зворотною і нульовою послідовностями 95



- Panov A., Hrytsenko S., Halko S.** Development of a fuzzy algorithm for regulating coefficients of voltage unsymmetry by reverse and zero sequences
- Діордієв В. Т., Вовк О. Ю.** Лазерна передпосівна обробка насіння овочевих культур 105
- Diordiev V., Vovk O.** Laser pre-sowing treatment of vegetable seeds
- Савченко О. А., Мірошник О. О., Козловський О. А., Трунова І. М., Серєда А. І., Дудніков С. М., Пазій В. Г., Попадченко С. А., Єрмак Д. А., Волобуєв А. С.** Дослідження чутливості та стійкості техніко-економічної моделі системи плавлення ожеледі на групі взаємопов'язаних ПЛЛ 10 кВ 114
- Savchenko O., Miroshnyk O., Kozlovskiy O., Trunova I., Sereda A., Dudnikov S., Pazi V., Popadchenko S., Yermak D., Volobuev A.** Study of sensitivity and stability of techno-economic model of the de-icing system on a group of interconnected 10 kV ohl

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ

- Стукалець І. Г., Коробка С. В., Скляр О. Г., Болтянський Б. В., Скляр Р. В.** Проблеми узгодження міжнародних, міждержавних та національних стандартів україни під час оформлення конструкторської документації в SolidWorks 122
- Stukalets I., Korobka S., Skliar O., Boltianskyi B., Skliar R.** Problems of harmonization of international, interstate and national standards of ukraine during design documentation in SolidWorks
- Мацулевич О. Є., Вершков О. О., Михайленко О. Ю., Тетєрвак І. Р.** Комп'ютерне моделювання функціональних поверхонь індивідуальних вітрогенераторних станцій малої та середньої потужності 138
- Matsulevych O., Vershkov O., Mikhailenko O., Tetervak I.** Computer simulation of the functional surfaces of individual wind generator stations of small and medium power
- Залєвська О. В., Можаровський В. М., Суворов Л. В., Половий А. С., Якубовський О. Я.** Сегментація медичних зображень методом фрактальної кластеризації 151
- Zalevska O., Mozharovsky V., Suvorov I. Polovyi A., Yakubovskyi O.** Segmentation of medical images by fractal clustering method

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

- Іванова І. Є., Сердюк М. Є., Тимошук Т. М., Кривонос І. А., Малкіна В. М., Басанець С. В., Пендрак Я. І.** Дослідження частки впливу абіотичних чинників на накопичення фонду сухих розчинних речовин в плодах черешні за допомогою методу головних компонент 161
- Ivanova I., Serdyuk M., Tymoshchuk T., Kryvonos I., Malkina V., Basanets S., Pendrak Ya.** Studying the share of influence of abiotic factors on the accumulation of dry soluble substances in cherry fruits using the principal components method



- Паламарчук І. П., Загорко Н. П., Яременко Я. В., Сватова Н. С.** Математичні моделі якості м'ясопродуктів з рослинними домішками 177
Palamarchuk I., Zahorko N., Yaremenko Ya., Svatova N. Mathematical models of the quality of meat products with vegetable additions
- Ткаченко А. Г., Бандура І. І.** Попередня оцінка ефективності зберігання грибів шіїтаке в тарі з різною товщиною харчової плівки та застосуванням вологоутримуючих матеріалів 189
Tkachenko A., Bandura I. A preliminary evaluation of the efficacy of storing shiitake mushrooms in containers using variety food films and moisture-retaining materials
- Крижак, Г. П., Калініна Л. М., Фіалковська Л. В.** Перспективи використання горіху фісташка (*Pistacia Vera l.*) у технології ковбасних виробів 199
Kryzhak L., Kalinina H., Fialkovska L. Prospects of using the pistachio nut (*Pistacia Vera l.*) in the technology of sausage products



DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-3-16

УДК 664.8.038:635.8

А. Г. Ткаченко¹, аспірант

ORCID: 0009-0008-2988-0140

І. І. Бандура¹, д-р с.-г. наук

ORCID: 0000-0001-7835-3293

¹ *Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

e-mail: gray.cat.atkachenko@gmail.com, тел.: +380991600913

ПОПЕРЕДНЯ ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБЕРІГАННЯ ГРИБІВ ШІТАКЕ В ТАРІ З РІЗНОЮ ТОВЩИНОЮ ХАРЧОВОЇ ПЛІВКИ ТА ЗАСТОСУВАННЯМ ВОЛОГОУТРИМУЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ

Анотація. Вивчення особливостей зберігання перспективного для промислового культивування їстівного гриба *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler дозволяє визначити стратегію організації післязбиральних процедур з метою подовження терміну зберігання та підвищення візуальної привабливості плодівих тіл у пакуванні зі збереженням харчової та лікарської цінності урожаю. За результатами роботи визначено оптимальну товщину плівки для пакування шітаке у полімерну тару; перевірено можливість подовження термінів зберігання грибів за рахунок абсорбування випаровуваної вологи; проведено розрахунки природного зменшення маси та ступеня утримання вологи целюлозними серветками та саше силікагелю різної маси; доведено ефективність використання вологопоглинаючих матеріалів для удосконалення процесу збереження шітаке.

Ключові слова: *Lentinula edodes*, пакування, післязбиральні процедури, абсорбент, силікагель, волого-поглинаючі серветки.

Постановка проблеми. Гриби користуються популярністю у споживачів завдяки своєму унікальному смаку та аромату, а також служать альтернативою м'ясним стравам у повсякденному раціоні. Кожен вид грибів має унікальний біохімічний склад, що містить свій набір біоактивних сполук, вітамінів та необхідних елементів, з активними медичними властивостями [1–3]. У Японії, Китаї та Південній Кореї розширення асортименту грибів вважається важливим елементом стратегії підтримки здоров'я нації. Гриби використовують у приготуванні хліба, снєків, йогуртів, десертів і навіть алкогольних напоїв [4, 5].

Проте на даний момент понад 90 % ринку грибів в Україні та понад 80 % у Європі займає печериця (*Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach), тоді як інші види представлені переважно імпортованою сировиною та консервами. Це зумовлено, перш за все, відсутністю адаптованих технологій вирощування та переробки інших видів грибів з їх крихкими плодовими тілами, схильними до швидкого псування



[6, 7]. Проте зростає інтерес з боку споживачів до нових їстівних видів грибів з унікальними оздоровчими властивостями, серед яких шіітаке є найбільш відомим. Важливість удосконалення технології зберігання грибів шіітаке вітчизняних промислових штамів *L. edodes* 3782 та 881, які мають високі адаптивні показники до культивування з використанням доступних сировинних матеріалів, є зрозумілою. Подовження терміну реалізації якісної грибної продукції надає можливість забезпечити сталі пропозиції на внутрішньому ринку, а також відкриватиме шлях для експорту. Відомі методи зберігання плодових тіл грибів *L. edodes* потребують адаптації до використання доступних та ефективних пакувальних матеріалів, бо процедура пакування, яка значно поліпшує тривалість зберігання урожаю в задовільній якості, з іншої сторони, зумовлює суттєве зростання собівартості врожаю. Опубліковані результати наукових пошуків у цьому напрямку, залишають відкритими питання щодо впливу різних параметрів упаковки на якість і тривалість зберігання грибів.

Аналіз останніх досліджень. Найбільш вагомими факторами, на думку дослідників, є характеристики пакувальної плівки – товщина, газоутримуюча здатність чи вибіркова проникність, антибактеріальні властивості та інші [9, 11, 12]. Додатково вивчаються можливості контролювання вмісту вологи у модифікованому газовому середовищі, що створюється в пакуваннях за рахунок дихання грибів після збирання шляхом використання різних вологопоглинаючих матеріалів [10].

Науковці обґрунтовують швидкі процеси старіння грибної сировини окислювальними процесами, які включають ферментну деградацію клітинних і субклітинних структур і макромолекул, а також мобілізацію продуктів розпаду у біомасі [13]. Тому, головним завданням на шляху збільшення тривалості зберігання грибів є зниження активності ферментів, зокрема поліфенолоксидази. Для цього використовують шокове та вакуумне охолодження свіжезібраної продукції до 0...2 °С, систему пакування у газомодифікованих середовищах (MAP–Modified atmosphere packaging) зі спеціальними плівковими покриттями, які дозволяють підтримувати необхідне співвідношення вмісту кисню та вуглекислого газу [14].

Однак, крім складу газової суміші, також важливо контролювати рівень відносної вологості всередині пакування з грибами, щоб уникнути утворення конденсату, розвитку плісневих грибів та розмноження бактерій. Більшість полімерних матеріалів (поліетилен, поліпропілен або полівінілхлорид), що використовуються в пакуванні свіжих продуктів, мають нижчу швидкість пропускання водяної пари порівняно зі швидкістю випаровування свіжих продуктів. Таким



чином, більшість молекул води, що випаровуються з грибів, не проходить через плівку і залишається всередині упаковки, підвищуючи тиск водяної пари в мікрооточенні плодівих тіл. У цих умовах навіть незначне коливання температури може спричинити конденсацію пари всередині пакування, що зумовлює посилення росту мікроорганізмів, відповідно, появу слизу, запаху гниття, потемніння поверхні грибів [15, 16]. Тому, однією з технік, що сприяє тривалому збереженню якості урожаю, є використання водопоглинаючих полімерних матеріалів, зокрема SAP (Super absorbent polymer, polyacrylate), виготовлених з поліакрилату, які забезпечують умови ненасиченої вологості [10].

Одним із ключових питань, розглянутих у попередніх дослідженнях, було визначення впливу природи пакувальних матеріалів на тривалість зберігання *L. edodes* та доведено істотний вплив цього фактору на зміни вмісту вологи в плодівих тілах [9]. Інші результати вказують на доцільність використання абсорбентів для зниження утворення конденсату всередині пакування [10]. Дослідники наголошують на важливості індивідуального підходу до вибору товщини пакувальної плівки в залежності від конкретних характеристик грибів та умов зберігання [11, 12]. Отже, за результатами аналізу останніх виявлено необхідність визначення взаємодії між товщиною пакувальної плівки та типами абсорбентів для забезпечення оптимальних умов зберігання урожаю тих штамів *L. edodes*, які є максимально адаптованими до умов сучасного вітчизняного виробництва.

Формулювання цілі статті (постановка завдання). Метою цього дослідження стала попередня оцінка впливу товщини харчової полівінілхлоридної (ПВХ) стретч-плівки та водопоглинаючих засобів (целюлозні серветки – «вкладиші» та гранульований селікагель у пакуваннях 1, 2, 5, 10 г) на тривалість зберігання та споживчу якість плодівих тіл грибів штаму *L. edodes* 365. Головним завданням було визначення втрат маси грибної сировини та змін візуальних характеристик врожаю впродовж тривалого зберігання у дослідних варіантах пакувань. Додатково встановлювали ступінь водопоглинання застосованих абсорбентів.

Основна частина. Культивування грибів проводили в умовах ТОВ «ЕСМАШ -3» на стерильних складних субстратах з вмістом 67% дубової тирси. Впродовж вирощування підтримували наступні мікрокліматичні параметри: температура в період вегетативного розвитку культури *L. edodes* 365 на рівні 24 ± 1 °C, а для формування плодівих тіл - 18 ± 1 °C; відносна вологість повітря складала 90 ± 3 %, вміст CO₂ у складі повітря не перевищував 0,15 %, інтенсивність освітлювання - 150...300 люкс.



Матеріали і методи. Плодові тіла (ПТ) шіітаке збирали за досягнення технічної стиглості: до початку спороношення та масою від 16 до 30 г. Для зберігання виробником було надано гриби з незначними дефектами поверхні: темні плями не більше 5мм у діаметрі, порушення форми, отже ті, які мали меншу візуальну привабливість, та, відповідно, могли затримуватись на полицях у торговельних мережах. Свіжі гриби охолоджували до температури 2 °С та пакували у лотки з харчового поліпропілену (ПП-702 500 мл) по 300 ± 20 г. Для пакування використовували харчові полівінілхлоридні (ПВХ) плівки від виробника ТОВ "Виробнича фірма "ПОЛІМЕР" різної товщини: 7,5, 10 та 12 мкм, в які загортали лотки на «гарячому столі». Гриби у пакуваннях контрольного варіанту в плівку не загортали. В пакуваннях для дослідження впливу водопоглинаючих агентів на дно клали саше з силікагелем масою 1, 2, 5, 10 г та целюлозні вкладиші та використовували плівку товщиною 7,5 мкм. Масу силікагелю у варіантах обирали відповідно до можливості отримати доступні готові саше з водопоглинаючим матеріалом, які на ринок харчових продуктів пропонує торгова марка «Воложка» (м. Київ). Отже, у досліді було перевірено 9 варіантів: 1) контроль без плівки; 2) плівка 7,5 мкм; 3) плівка 10 мкм; 4) плівка 12 мкм; 5) плівка 7,5 мкм плюс целюлозна серветка -вкладиш; 6) плівка 7,5 мкм та саше з 1 г силікагелю; 7) ...з 2 г силікагелю; 8)...з 5 г; 9) з 10 г. Для кожного з варіантів досліду готували 21 пакування (по 3 на 7 контрольних точок). Гриби зберігали у холодильній камері за температури 2 ± 1 °С та перевіряли зміни кожні 5 діб аналізом грибів у 3-х пакуваннях кожного варіанту досліду.

Оцінку якості врожаю впродовж зберігання проводили за наступними показниками: візуальні зміни кольору, поверхні та пружності плодових тіл, зміни маси грибів у пакуванні, вмісту сухих речовин у плодових тілах. Також вивчали зміни маси вологопоглинаючих серветок та саше з силікагелем. Статистичний аналіз проводили у надбудові QI Macros (2021) до Excel 2016 MSO (16.0.4266.1001) код ліцензії 00339-10000-00000-AA963.

Основна частина. За вимогами CODEX STAN 38 пакування свіжих грибів має відбуватися відповідно до вимог «Загальних принципів гігієни харчових продуктів» (СХС 1-1969, Rev. 6-2022, Кодекс Аліментаріус). У розділі 6 зазначається, що тара має бути добре заповнена грибами, а у розділі 7 – необхідність перфорації для вільного доступу повітря та підтримання низьких температур впродовж зберігання та розташування на полицях маркетів [17]. Втім, застосування сучасних пакувальних матеріалів, зокрема ПВХ стрейчових харчових плівок, безпечних при контакті з продуктами, дозволяє забезпечити необхідний газообмін та захистити гриби від

мікробіологічної контамінації через отвори перфорації [18]. Звичайно, потрібно зважати на можливий тиск плівки на плодові тіла у пакуваннях, що може привести до механічних пошкоджень у місці дотику. Отже, у регламенті пакування враховували 2 фактори: 1) максимальну наповненість лотків для запобігання вільному пересуванню плодівих тіл та можливому травмуванню впродовж логістичних операцій; 2) натяг плівки, який мав забезпечити утримання плодівих тіл у певному положенні та необхідний газообмін.

Вже на 5 добу зберігання урожаю спостерігали появу конденсованої вологи на внутрішній поверхні плівки у пакуваннях з товщиною 10 та 12 мкм, тоді як в інших варіантах досліду суттєвих змін не відбувалося (рис. 1).

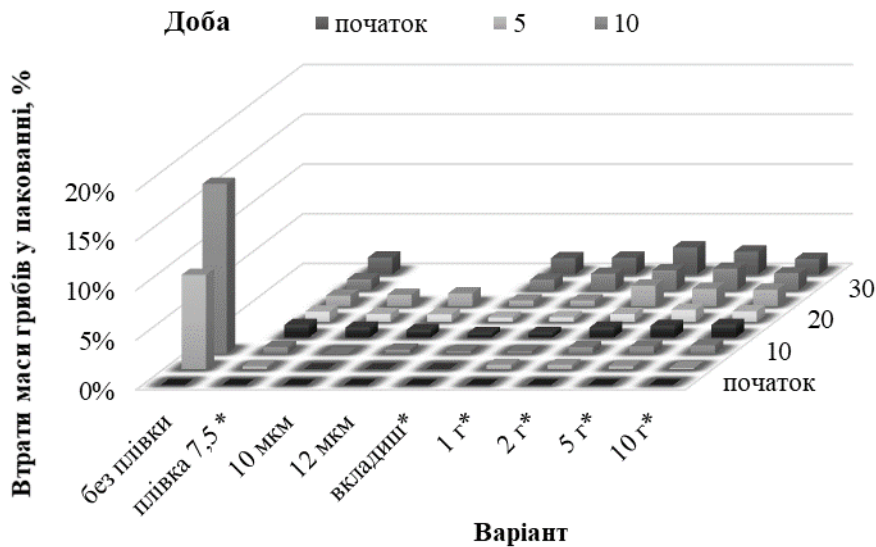


Рис. 1. Пакування з грибами шіїтаке після 5 доби зберігання: а), б), в) з різною товщиною плівок; в) з целюдозним вкладишем; г) без плівки – контроль 1; д) плівка 7,5 мкм без вологопоглиначів (контроль 2); е)-л) плівка 7,5 мкм з додаванням саше з силікагелем від 1 до 10 г відповідно

Отже, застосування ПВХ плівок товщиною більше 7,5 мкм не забезпечувало достатній газообмін за випробованих умов зберігання. Накопичення вологи в таких пакуваннях обумовлювало розвиток

вегетативного міцелію на поверхні плодових тіл, що викликало їх злипання та псувало зовнішній вигляд продукту у пакуванні. Тому варіанти з товщиною плівки 10 та 12 мкм на 25 добу зберігання мали незадовільний вигляд та були вилучені з подальших спостережень.

За результатами експерименту визначено динаміку зменшення маси грибів у пакуваннях (рис. 2).



Примітка: * -пакування з використанням ПВХ плівки товщиною 7,5 мкм

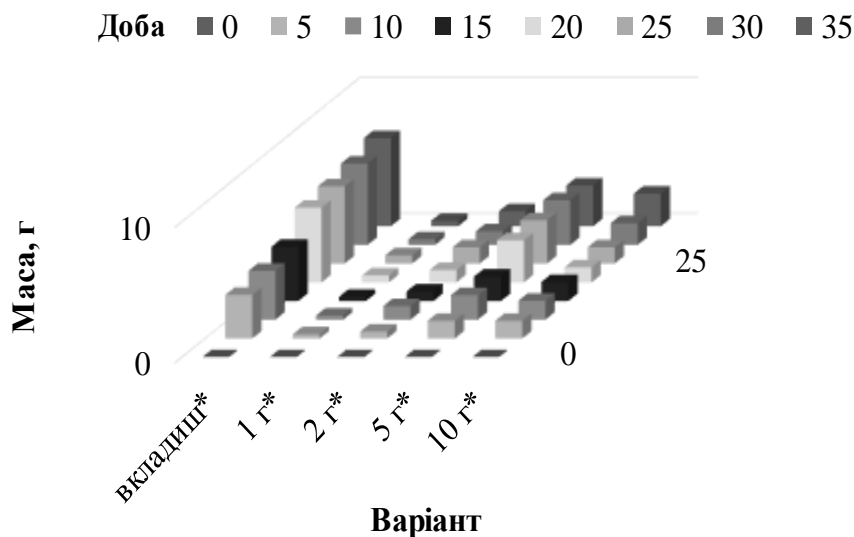
Рис. 2. Втрата маси грибів у пакуваннях впродовж зберігання за варіантами дослідження: 1) без плівки (контроль 1); 2) полівінілхлоридна плівка (ПВХ) 7,5 мкм (контроль 2); 3) ПВХ плівка 10 мкм ПВХ 4) ПВХ плівка 12 мкм; 5) ПВХ плівка 7,5 мкм з целюлозним вкладишем; 6) ПВХ плівка 7,5 мкм з додаванням саше з 1 г селікагелю; 7) ПВХ плівка 7,5 мкм та 2 г селікагелю; 8) ПВХ плівка 7,5 мкм та 5 г селікагелю; 9) ПВХ плівка 7,5 мкм та 10 г селікагелю

Найбільші втрати спостерігали за зберігання без застосування плівки (контроль 1), де на 10 добу зберігання маса грибів зменшилась на 17,06%. Поверхня грибів втратила пружність, зниження тургору в клітинах обумовило значне погіршення структури м'якоті плодових тіл. На розрізі такі плодові тіла втрачали еластичність. Тому цей варіант був вилучений з подальших досліджень.

Найменші зміни (1,57% від початкової маси) виявлені на кінець зберігання (35 добу) у пакуваннях з 10 г селікагелю. Втім, за результатами статистичного аналізу суттєвих відмінностей від даних, отриманих у контролі 2 (плівка 7,5 мкм без абсорбентів), з використанням целюлозної серветки, 1 та 5 г селікагелю не визначено. З дослідних зразків, що мали задовільну якість на 35 добу зберігання найбільші втрати маси (2,72%) спостерігали в пакуваннях з 2 г селікагелю, що в 1,5 рази було вище за інші варіанти. Цей

первинний результат не дає чіткої відповіді на питання з визначення вмісту оптимальної маси абсорбуючих речовин, отже необхідно продовжити пошуки. Втім, аналізування комплексу органолептичних показників урожаю, що зберігався, дозволило чітко встановити переваги застосування плівки товщиною 7,5 мкм. Так, вже на 20 добу зберігання у пакуваннях з плівками 10 та 12 мкм починалося злипання плодкових тіл за рахунок росту вегетативного міцелію на поверхні шапинок, а на 25 добу ці варіанти були вилучені з дослідження через незадовільний вигляд. Подібні зміни спостерігали в пакуваннях з плівкою 7,5 мкм без використання вологопоглинаючих засобів на 30 добу збереження, тоді як в пакуваннях з додаванням вологопоглинаючих засобів плодіві тіла легко розсипалися після відкриття.

Ефективність вологопоглинання у досліджених абсорбентів мала суттєві відмінності ($p < 0,05$) (рис. 3).



Примітка: * -пакування з використанням ПВХ плівки товщиною 7,5 мкм

Рис. 3. Збільшення маси абсорбентів впродовж зберігання за варіантами: 1) полівінілхлоридна плівка (ПВХ) плівка 7,5 мкм з целюлозним вкладишем; 2) ПВХ плівка 7,5 мкм з додаванням саше з 1 г силікагелю; 3) ПВХ плівка 7,5 мкм та 2 г силікагелю; 4) ПВХ плівка 7,5 мкм та 5 г силікагелю; 5) ПВХ плівка 7,5 мкм та 10 г силікагелю

Так, найбільший результат було отримано за використання целюлозного вкладишу, який утримував 6,5 г води на 35 добу зберігання, тобто більше ніж 500 % від своєї початкової ваги. Найменшу ефективність абсорбування виявлено для саше масою 10 г, маса якого впродовж зберігання збільшилась лише в 1,24 раза, тоді як для саше масою 1, 2 та 5 г в 1,4; 1,55 та 1,6 відповідно. Впродовж зберігання нагромадження води абсорбентами мало чіткий лінійний



характер в варіантах використання вкладишів та 5 г силікагелю, тоді як нагромадження вологи у варіантах з 1 г та 2 г силікагелю припинялося на 25 добу зберігання, а в варіанті з 10 г силікагелю графік абсорбції мав експоненційний характер. Такі результати вказують на необхідність перевірки якості пакування силікагелю та можливості збільшення їхньої загальної сорбуючої поверхні.

Висновки. За результатами проведених дослідів доведено ефективність зберігання грибів шіітаке в промислових холодильниках за температури 2 ± 1 °C із застосуванням полівінілхлоридної харчової плівки товщиною 7,5 мкм та вологопоглинаючих матеріалів: целюлозних серветок – вкладишів та силікагелю масою 2 та 5 г для пакувань масою 300 ± 20 г. Термін зберігання грибів шіітаке в задовільній споживчій якості за таких умов складає 35 діб.

Список використаних джерел

1. Cheung P. C. *Mushrooms as Functional Foods*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2008. 293 p.
2. Maity P. et al. Biologically active polysaccharide from edible mushrooms: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2021. Vol. 172. P. 408–417. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.01.081> (accessed 15.03.2023).
3. EFSA Panel on Nutrition N. F. [et al.]. Safety of Vitamin D2 mushroom powder (*Agaricus bisporus*) as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*. 2022. Vol. 20, № 6. P. 22. URL: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2903/j.efsa.2022.7326> (дата звернення 07.03.2024).
4. Antontseva E. V., Belyakova T. N., Zabodalova L., Shamtsyan, M. Polysaccharides of the oyster mushroom in yogurt production. *Dairy Industry*. 2019. Vol. 2. P. 54-55. URL: https://www.researchgate.net/publication/330975662_Polysaccharides_of_the_oyster_mushroom_in_yogurt_production (accessed 10.03.2020).
5. Wan-Mohtar W. A. [et al.]. Fruiting-body-base flour from an oyster mushroom—a waste source of antioxidative flour for developing potential functional cookies and steamed-bun. *AIMS Agriculture and Food*. 2018. Vol. 3, № 4. P. 481–492.
6. Bandura I., Isikhuemhen O. S., Kulik A., Serduk M., Sucharenko O., Jukova V., Koliadenko V., Gaprindashvili N. Effect of perforation size and substrate bag fruiting position on the morphology of fruiting bodies and clusters in *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. *J App Biol Biotech*. 2021. Vol. 9, № 3. P. 35–40.
7. Бандура І. І., Кулик А. С., Каліцинський С. С., Сербова І. О. Особливості зберігання грибів родини глива. *Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах*



сучасності: друга міжнародна науково-практична конференція (5–7 вересня 2017 р.). Харків: ХДУХТ, 2017. С.213–214.

8. Bach F. [et al.]. Influence of cultivation methods on the chemical and nutritional characteristics of *Lentinula edodes*. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2019. Vol. 30. № 12. P. 1006-13.

9. Ye J., Li J., Han X., Zhang L., Jiang T., Xia M. Effects of Active Modified Atmosphere Packaging on Postharvest Quality of Shiitake Mushrooms (*Lentinula edodes*) Stored at Cold Storage. *Journal of Integrative Agriculture*. 2012. Vol. 11(3). P. 474–482.

10. Wang H., An D., Rhim J., Lee D. Shiitake mushroom packages tuned in active CO₂ and moisture absorption requirements. *Food Packaging and Shelf Life*. 2017. Vol. 11. P. 10-15.

11. Li Y., Ding S., Wang Y. Shelf life predictive model for postharvest shiitake mushrooms. *Journal of Food Engineering*. 2022. Vol. 330. e 111099. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111099>.

12. Abdelshafy A., Luo Z., Belwal T., Ban Z., Li L. A Comprehensive Review on Preservation of Shiitake Mushroom (*Lentinus Edodes*): Techniques, Research Advances and Influence on Quality Traits. *Food Reviews International*. 2021. Vol. 39. P. 1-34.

13. del Rio L. A. [et al.]. The activated oxygen role of peroxisomes in senescence. *Plant Physiology. American Society of Plant Biologists*. 1998. Vol. 116, № 4. P. 1195–1200. <https://doi.org/10.1104/pp.116.4.1195>.

14. Tao F., Zhang M., Yu H. Effect of vacuum cooling on physiological changes in the antioxidant system of mushroom under different storage conditions. *Journal of Food Engineering*. 2007. Vol. 79, № 4. P. 1302–1309. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.04.011>.

15. Ayala Zavala J. F. High Relative Humidity In-Package of Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Advantage or Disadvantage Considering Microbiological Problems and Antimicrobial Delivering Systems. *Journal of Food Science*. Wiley Online Library. 2008. Vol. 73. № 4. P. 41-47.

16. Linke M., Geyer M. Condensation dynamics in plastic film packaging of fruit and vegetables. *Journal of Food Engineering*. 2013. Vol. 116, № 1. P. 144–154.

17. International Food Standards. Codex Alimentarius. General Principles Of Food Hygiene (CXC 1-1969, Rev. 6-2022). URL: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/shproxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXC%2B1-1969%252FCXC_001e.pdf (accessed 20.04.2024).

18. Donglu F. [et al.] Effect of nanocomposite packaging on postharvest quality and reactive oxygen species metabolism of mushrooms (*Flammulina velutipes*). *Postharvest Biology and Technology*. 2016. Vol. 119. P. 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.04.012>.

Стаття надійшла до редакції 22.04.2024 р.



A. Tkachenko¹, I. Bandura¹

¹Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

**A PRELIMINARY EVALUATION OF THE EFFICACY OF STORING
SHIITAKE MUSHROOMS IN CONTAINERS USING VARIETY FOOD FILMS
AND MOISTURE-RETAINING MATERIALS**

Summary

Mushrooms are known as a food with unique functional properties, but with limited shelf life for fresh fruiting bodies. Different approaches were investigated to prolong the mushroom storage process: modified gas media (MGM) inside packages, sorbents, and moisture-retaining materials. However, each species and even strain of mushrooms have individual morphological and nutritional characteristics that can affect the keeping time and sensory parameters of the crop. This article presents the result of research about efficiency of storage of local strains of *Lentinula edodes* under temperature of 2 ± 1 °C using polyvinyl chloride cling film with different thickness: 7.5, 10 and 12 μm which is produced in Ukraine. Mushrooms' physiological process continues under low temperatures, which promotes changes in air content (MGM) and increases the humidity value inside containers. Two types of moisture-retaining materials were used for preventing of moisture: a) silica gel (sachet with 1, 2, 5 and 10 grams) and cellulose napkins. Mushroom crop placed into food polypropylene containers by 300 ± 20 g each and kept 35 days. The smallest changes (1.57% of the initial weight of mushroom) were detected at the end of the storage in packages with 10 g of silica gel. However, the lowest sorbtion efficiency was found in this variant, the weight of sachets with 10 g silica gel increased only 1.24 times during storage, while for sachets weighing 1, 2 and 5 g in 1.4; 1.55 and 1.6 respectively. Therefore, the packaging approach with using food film with thickness of 7.5 μm and moisture-absorbing materials: cellulose napkins - liners and silica gel weighing 2 and 5 g had a higher complex assessment of this research.

Keywords: *Lentinula edodes*, moisture-retaining materials, shelf life, silica gel, cellulose napkin.

ПРАЦІ
Таврійського державного агротехнологічного університету

Наукове фахове видання

Випуск 24, том 3

Заснований у 1998 р
Виходить три рази на рік

Свідоцтво про державну реєстрацію
Друкованого засобу масової інформації
Міністерство юстиції
КВ 24285-14125 ПР від 27.12.2019 р.

Відповідальний за випуск – д.т.н., професор Панченко А.І.

Підписано до друку 01.07.2024 р. Формат 60x84/8. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 24,18. Наклад 100.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Телефони: +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.