of 111,5–161,4 pieces, with 9,6–13,6 seeds in each, and the weight of 1000 seeds was 0,9–1,2 g. The isolated genotypes can be used as a source material to create high-yielding varieties of camelina sativa resistant to negative environmental factors.

Key words: *camelina sativa, somaclonal line, seed productivity, morphological features*

УДК 635.8

DOI 10.31395/2415-8240-2020-96-1-319-342

ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТРОДУКЦИИ ТРОПИЧЕСКОГО ГРИБА *CALOCYBE INDICA* PURKAY. & A. CHANDRA В УКРАИНСКОЕ ГРИБОПРОИЗВОДСТВО

И. И. БАНДУРА, *кандидат сельскохозяйственных наук*

Таврийский государственный агротехнологический университет имени Дмитрия Моторного

Розширення сортименту екзотичних грибів, які культивуються в промислових умовах за інтенсивними технологіями, дозволяє збільшити ресурси вітчизняних продуктів, що мають унікальні функціональні властивості. У статті розглянуто особливості технології вирощування тропічного гриба C. indica P&C та наведено аналіз факторів, що впливають на його ефективність. Вперше описано елементи технології для формування якісних плодових тіл молочного гриба в умовах українського грибовиробництва.

Ключові слова: *Calocybe indica, молочный гриб, штучне вирощування, фактори промислового культивування, габітус, біологічна ефективність, технологічний цикл.*

Украинское «грибоводство» уверенно меняет вектор в сторону культивирования экзотических грибов, так как современный рынок требует новых, действенных элементов для обеспечения функциональности питания поколения, стремящегося к здоровому образу жизни. Возможность укрепления иммунной системы, стабилизации уровня углеводов и липидных соединений в крови, уменьшения массы тела за счет употребления биологически активных веществ грибов многократно исследована и уже не вызывает никаких сомнений. Школа украинской микологии, возглавляемая Институтом ботаники имени Н.Г. Холодного НАНУ, заложила основы успешной интродукции в промышленное производство новых видов и штаммов, которые набирают популярность среди грибоводов всего мира: вешенки обыкновенной и степной, шиитаке, гериция и других. Условия выращивания данных видов определяются особенностями их физиологии: формирование плодовых тел идет при температуре не выше 20°С, что в летний период требует существенных затрат на охлаждение промышленных помещений. Однако, скринингом устойчивых к повышенной температуре штаммов национальной коллекции была установлена высокая продуктивность вешенки легочной 2314 IBK, который образует плодовые тела при 26-28 °С. Сейчас этот штамм активно выращивается летом в Украине, Испании и Италии, что позволяет существенно снизить затраты фермеров и обеспечить круглогодичную занятость предприятия [1–5].

Наше внимание привлекли современные работы ученых из Индии, Китая и других азиатских стран по успешному культивированию «молочного» гриба *Calocybe indica* P&C. Он привлекателен внешне и ценен с медицинской точки зрения, поэтому уверенно лидирует на индийском рынке по объемам продаж. Успешные наработки практикующих микологов Азии дают надежу на появление «молочного гриба» в лукошке украинского покупателя, а также возможность первыми представить этот уникальный продукт на европейском рынке. На наш взгляд, развитие данного направления исследований раскрывает пути привлечения иностранных инвестиций в отечественный грибной бизнес. Адаптация технологии культивирования *C. indica* к климатическим условиям

Европы, в связи с глобальным потеплением, является чрезвычайно актуальной темой, которая требует глубокого научного обоснования [6].

Анализ последних исследований и публикаций. По заявлению ряда ученых, в мире культивируют более 100 видов грибов, но только 20 – в промышленных масштабах [7]. При этом, более 60 % общего объема приходится на один вид – шампиньон двухспоровый (*Agaricus bisporus* (J.E.Lange) Imbach), лидерами по производству которого являются Канада и Голландия [8]. Остальные, искусственно выращиваемые грибы, обычно называют «экзотами», так как доля каждого вида, не превышает и половины оставшихся 40 %. Название «экзотические грибы» не имеет научного обоснования, но прочно закрепилось среди практикующих микологов мира для характеристики грибов рода вешенка, шиитаке, разных видов опенка и других.

Стремительное развитие экзотического «грибоводства» в Украине обусловлено растущим интересом молодого, образованного и ведущего здоровый образ жизни покупателя. По результатам наблюдений местных компаний, которые занимаются выращиванием экзотов, именно данная категория населения отдает предпочтение новым видам грибов, стремясь с их помощью насытить свой рацион функциональными веществами, способными улучшить качество питания и жизни в целом. Их выводы подтверждают зарубежные эксперты. Например, Гарри Люсер (Garry Lucier), анализируя развитие рынка грибов США, подчеркивает факт увеличения потребления этой категории продуктов населением в возрасте 20–39 лет [9].

Если еще 5 лет назад украинские супермаркеты предлагали любителям грибов только импортный товар, то на сегодняшний день киевские компании ТОВ «ЕСМАШ-3», ТОВ «Фунготерра», НІКО Агро Холдинг и «Esthetic Foods» (Черкассы) производят более тонны свежих плодовых тел (ПТ) шиитаке, опенка зимнего и тополиного, ежовника игольчатого (герция) и вешенки степной (королевской) в сутки. Эти грибы, благодаря высоким вкусовым качествам и лекарственной ценности, набирают популярность во всем мире. Аналитик и редактор международного издания «Fresh Plaza» Рудольф Мулдерий (Rudolf

Mulderij) пишет: «Покупатели хотят новых цветов и вкусов на грибном рынке». Они даже готовы платить значительно дороже за грибы с известным оздоровительным эффектом, который многократно подтвержден научными исследованиями. Например, стоимость шампиньона на итальянском рынке составляет 1,8-2 евро, тогда как вешенку обыкновенную продают за 2,5–3, а опенок тополевый (пиопинно) и эринги (вешенку степную) за 9 и 4 евро соответственно [10].

Показательным является рынок грибов в Китайской народной республике, которая признана мировым «грибным» лидером. Яоки Занг (Yaoqi Zhang) и его коллеги утверждают, что потребление экзотических грибов в стране возросло за пять лет более, чем на 66 %. При этом продажи шампиньона снизились, а производство вешенки за эти годы выросло в 1,4 раза, шиитаке — в 1,7 раз, а опенка зимнего в 2,1 раз [2].

Стремительно растет в мире производство и потребление *C. indica*. «Дхат-чата» (“Dhuth chatta”), что в дословном переводе означает «молочный гриб», получил свое название из-за матово-белой окраски и плотной консистенции. Он появился в качестве коммерческого объекта только в 1997 году, утверждают Кришнамурти А. Субиа (Krishnamoorthy Akkanna Subbiah) и Винкатеш Балан (Venkatesh Balan). По их мнению, *C. indica* имеет несколько весомых преимуществ для введения в промышленную культуру:

- высокую биологическую эффективность (БЭ) до 140 %,
- короткий технологический цикл (7–8 недель);
- устойчивость к бактериальным и плесневым инфекциям;
- низкую себестоимость субстратов на основе соломы риса и пшеницы;
- привлекательный внешний вид плодовых тел, хорошую сохранность при комнатной температуре и отсутствие потемнения тканей при хранении;
- специфический насыщенный вкус, обусловленный наличием терпенов.

Главной особенностью является плодоношение при температуре 25–30 °С, что позволяет выращивать «молочный гриб» в условиях жаркого и влажного климата [6].

Перечисленные факторы определили глубокий научный интерес к этому виду, подтвержденный многочисленными публикациями. Канта Бокария (Kanta Bokaria) с группой исследователей, выращивая *C. indica* на пастеризованных субстратах, полученных в результате разных способов термической обработки, имели до 150 % БЭ [12]. Группе ученых под руководством Судхира Навате (Sudhir Navate & other) при использовании рисовой соломы и покровных материалов на основе вермикомпоста, удалось увеличить этот показатель до 180,32 % [13].

Ряд исследований посвящены высокой питательной и лекарственной ценности *C. indica*. В работе группы ученых, под руководством Нуху Алама (Nuhu Alam) анализируется содержание нутриентов четырех видов широко культивируемых в Индии грибов. В сравнении с вешенкой обыкновенной, «грубых» полисахаридов в ПТ «молочного гриба» в 2 раза меньше, а зольных элементов в 1,4 раза больше, тогда как количество липидов и белков существенно не отличается [14]. Ученые утверждают, что наличие танина и специфических алкалоидов определяют особенный неповторимый вкус этого гриба, но их количество колеблется в разных штаммах [15, 16].

Работы Мандал Эшита Кара (Mandal Eshita Kar) и его коллег посвящены изучению уникального водорастворимого гетероглюкана, выделенного из плодовых тел *C. indica*, который стимулирует иммунные реакции организма [17, 18].

Исследование экстрактов молочного гриба доказало наличие веществ с антиоксидантным и противовоспалительным эффектом, которые стабилизируют клеточные мембраны и ингибируют денатурацию белков при некоторых системных заболеваниях. Группа исследователей разработала методику синтеза молекул наночастиц серебра размером до 20 мкм в клетках культуры *C. indica*, что, по их мнению, позволяет использовать «молочный гриб» в производстве противоопухолевых препаратов [19–21].

Важной особенностью грибов является высокое содержание доступной формы витамина D_2. Ученые утверждают, что уровень эргостерола в плодовых

телах можно значительно повысить в процессах послеуборочных операций за счет воздействия на ПТ ультрафиолетом [22]. Известно, что содержание витамина D_2 в ПТ грифолы сопоставимо с мясом жирной сельди, а в ПТ вешенки обыкновенной — с мясом трески. Плодовые тела *C. indica* содержат 34,55 μг в грамме сухого вещества и это количество увеличивается до 140,58 μг, при облучении в течение 90 минут ультрофиолетовыми лучами с длиной волны 280-320 μм [23]. Терапевтическая доза эргостерола, по мнению группы польских исследователей, составляет 175–250 μg/день для взрослых [24]. Следовательно, всего 2 г сухого порошка или, примерно, 16 г свежих ПТ (с влагосодержанием 87 %) смогут обеспечить рекомендуемую норму. Эти факты становятся особенно актуальными в связи с обнаруженной корреляцией между недостатком витамина D_2 в рационе населения и увеличением показателя смертности от COVID-19 [25].

Изложенная выше информация обосновывает перспективность введения в промышленную культуру *C. indica* – объекта, интересного потребителям как с эстетической точки зрения, так и ресурса уникальных нутриентов. Поэтому целью исследования было изучение возможности интродукции данного вида в условия отечественного промышленного производства.

Оценивали результаты опытов по следующим техническим показателям: биологическая эффективность, длина технологического цикла, устойчивость к вредителям и инфекциям. Учитывая отсутствие информации об особенностях габитуса *C. indica* в местных условиях, проводили анализ морфологии плодовых тел как технической, так и биологической зрелости. Учитывали следующие критерии: диаметр и толщина шляпки; высота ножки, диаметр ножки у шляпки, диаметр ножки у основания, масса плодового тела.

Методика исследований. Испытания проводились в условиях лаборатории практической микологии ТГАТУ имени Дмитрия Моторного и в производственных условиях ООО НПП «ГРИБНОЙ ДОКТОР» (с. Садовое Мелитопольского р-на) с 2017 по 2019 год в летний период (июнь-август).

Культуру гриба *C. indica* получили из коллекции культур шляпочных грибов (IBK) Института ботаники им. Н. Г. Холодного и поддерживали на питательной среде следующего состава: агар-агар -20 г, солодовый экстракт (сухой) – 30г, дрожжевой экстракт сухой — 2 г; вода — до 1 литра. Нужно отметить, что при температуре ниже 5°С, культура гибнет, поэтому хранили ее при комнатной температуре 16–20°С. Посевной зерновой мицелий культивировали на зерновой смеси следующего состава: ячмень-пшеница-рапс-лен (60:35:4:1) с добавлением 1 % карбоната кальция.

В качестве растительного сырья для изготовления субстратов использовали солому пшеничную, ячневую, сено люцерны, лузгу подсолнечника, топливные гранулы из лузги подсолнечника, семена рапса, льна, кукурузную крупу.

Изготавливали субстраты двух вариантов:

1) методом аэробной ферментации в высоком слое (АФВС) [26];

2) методом стерилизации при температуре 120°С в течение 90 минут.

Инокуляцию проводили в асептических условиях с внесением 5 % зернового мицелия (5 г на 100 г субстрата по сырому весу).

Инкубацию проводили при температуре 30±2°С и относительной влажности воздуха 80±3 % [12].

Инициацию плодоношения начинали на 19±2 сутки с момента инокуляции при следующих условиях: температура в камере 28±5°С относительная влажность воздуха 92±5 %; содержание CO_2 — 1200–1500 *ppm*; освещение 150–200 *lux*. На поверхность вскрытых блоков или полок наносили покровный грунт. Через сутки начинали увлажнять грунт до содержания влаги 79±2 % методом полива водой комнатной температуры.

В качестве покровного грунта использовали торф Domoflor Mix4 (Литва), активную кислотность которого регулировали добавлением известкового раствора, в количестве 300 мл/ кг торфа перед нанесением на поверхность субстрата [6].

Биологическую эффективность культуры рассчитывали по общепринятой формуле: *масса собранных грибов / массу субстрата (по сухому веществу) × 100 %* [27].

Общую длину технологического цикла рассчитывали из четырех составляющих: дата инокуляции, дата образования примордиев (ДОП), дата сбора урожая (ДСУ) на стадии технической зрелости, окончание технологического цикла (ОТЦ) по последней дате сбора ПТ.

Для каждого варианта выборка блоков субстрата составляла не менее 50 штук. Для оценки вариативности морфологических признаков проводили измерения показателей габитуса 100 плодовых тел.

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета Microsoft Office Excel 2016 MSO (16.0.4266.1001) kod 00339-10000-00000-AA963 и программно-информационного комплекса “Agrostat New” [28].

Результаты исследований. Известно, что показатели эффективности выращиваемой культуры зависят от состава субстратов и методов их обработки, качества посевного материла и микроклиматических условий в культивационных помещениях. Поэтому для объективной оценки изучаемой культуры *C. indica* мы провели биохимический анализ субстратов (табл. 1).

Табл. 1. Технические показатели субстратов для культивирования *C. indica*

Способы подготовки	АФВС	Стерилизация			$НСР_{05}$
	Варианты				
Показатели	1	2 (контроль)	3	4	
Влажность, %	68,0±0,8	**72,4±0,4**	69,7±0,3	71,5±0,3	**1,76**
Общий азот, %	0,74±0,01	0,75±0,02	1,09±0,03	**1,36±0,07**	**0,14**
Зола,%	**7,52±0,22**	5,35±0,04	4,98±0,10	5,28±0,10	**0,47**
pH	**7,70±0,27**	5,37±0,08	5,44±0,04	5,46±0,12	**0,57**
Отношение C/N	65,3±0,6/1	65,4±1,2/1	45,5±1,1/1	**36,5±1,8/1**	**4,94**

Образцы для анализа отбирали после термической обработки. В результате выяснилось, что за время подготовки методом АФВС (4 суток) влажность

субстрата существенно снизилась в сравнении с другими вариантами, изготовленных методом стерилизации. Мы связываем это с особенностями технических операций метода АФВС, в частности, длительностью принудительной вентиляции во время процессов пастеризации и охлаждения.

Мы рассчитывали формулы субстрата по вариантам эксперимента с шаговым увеличением показателя общего азота от 0,8 % до 1,5 % за счет увеличения доли семян рапса и кукурузы, измельченной до состояния муки. Согласно результатам лабораторного анализа, было зафиксировано несущественное снижение ожидаемого содержания общего азота во всех вариантах опыта в сравнении с теоретическими расчетами. Однако, если субстраты, изготовленные методом стерилизации, не имели отличий по показателям содержания зольных элементов и активной кислотности (pH), то субстрат, изготовленный методом АФВС, существенно отличался. На наш взгляд, такие изменения - объективный результат развития бактериальных сукцессий [29].

Были определены главные условия повышения урожайности *C. indica* (табл. 2).

Табл. 2. Показатели эффективности искусственного выращивания *C. indica* в условиях промышленного производства

Показатель	Способ обработки				$НСР_{05}$
	АФВС	Стерилизация			
Вариант	1	2 (контроль)	3	4	
ДОП, сутки	34,7±1,2	30,7±0,9	30,3±0,3	29,3±0,9	**1,76**
ДСУ, сутки	43,7±1,5	42,0±1,5	44,7±0,9	42,7±1,2	3,83
ОТЦ, сутки	83,7±2,7	84,3±1,7	85,7±1,2	83,7±1,8	7,67
БЭ, %	60,1±8,0	95,6±2,1	120,6±1,7	134,4±7,2	**16,2**

Примечания: дата образования примордиев (ДОП), дата сбора урожая (ДСУ), окончание технологического цикла (ОТЦ), БЭ – биологическая эффективность

Анализ данных позволил выявить существенный прирост биологической эффективности при соединении двух технологических приемов: а) стерилизации субстрата и б) корректировки формулы в сторону увеличения

содержания общего азота. Доказательством служит тот факт, что наивысший показатель БЭ (134,4 %) был зафиксирован в варианте 4. На ферментированных субстратах образование примордиев происходило на 4–5 суток позже, в сравнении со стерильными, хотя дата сбора плодовых тел технической зрелости и общая длина технологического цикла во всех вариантах опыта не имели отличий.

Плодовые тела имели очень привлекательный внешний вид: пропорциональную форму, насыщенный белый цвет и плотную структуру поверхностей (рис. 1).

Рис. 1. Внешний вид плодовых тел *C. indica* в стадии технической зрелости

По данным, полученным после трех циклов выращивания «молочного гриба» был разработан предварительный регламент производства плодовых тел *C. indica* для местных фермеров:

1) подготовка посевного зернового мицелия — 30±2 суток «от пробирки до коммерческого продукта»;

2) производство субстрата методом стерилизации — 1 сутки;

3) инокуляция в асептических условиях и инкубация при температуре 28–32 °C (23±2 суток);

4) нанесение покровного материала — 1 сутки;

5) индукция плодоношения путем изменения микроклиматических условий — 9±3 суток;

6) морфогенез, формирование качества ПТ — 10±3 суток;

7) сбор урожая — 8±4 суток.

Мы не наблюдали необходимости изменять микроклиматические условия камер для второй и последующих волн плодоношения. Общий технологический цикл выращивания *C. indica* при наличии готового посевного материала составлял в среднем 83±5 суток. Следует отметить, что габитус плодовых тел, выращенных на субстратах, изготовленных методом АФВС, существенно отличался от полученных на стерильных субстратах (рис. 2, табл. 3).

а) б)

Рис.2. Внешний вид плодовых тел *C. indica* на субстратах*:*

а) изготовленных методом АФВС; б) изготовленных методом стерилизации

Табл. 3. Морфологические характеристики плодовых тел *C. indica*

Показатель	Метод подготовки субстрата			$НСР_{05}$
	АФВС(в1)	Стерильные (в2-4)		
	Степень созревания			
	Техническая	Техническая	Биологическая	
диаметр шляпки	38,7±1,3	68,7±1,5	95,8±6,2	**8,5**
толщина шляпки	18,5±2,1	30,5±0,9	48,7±3,6	**3,2**
высота ножки	51,2±1,9	77,4±1,5	87,5±5,1	4,7
диаметр ножки у шляпки	21,4±0,5	23,8±0,6	30,0±3,3	**2,4**
диаметр ножки у основания	24,3±0,9	38,1±1,0	50,8±5,1	**4,7**
масса ПТ	37,4±5,3	60,6±3,1	111±18	**9,3**

Длительность морфогенеза в этом варианте была почти в 2 раза короче, и, в среднем, составила 6 дней. Но нижняя часть ножек к шестым суткам роста начинала темнеть, приобретая неприятный желтоватый оттенок, и мы, сохраняя коммерческое качество, собирали урожай первого варианта опыта только в стадии технической зрелости (рис. 3 а).

а) б)

Рис. 3. Вид гимениальных пластинок в разных стадиях зрелости плодовых тел *C. indica*: а) техническая; б) биологическая.

Анализируя показатели габитуса статистическими методами, мы не выявили существенных отличий характеристик плодовых тел, выращенных на стерильных субстратах разных субстратных композиций. В таблице 3 для их характеристики (варианты 2–4) мы представили усредненные данные, но в разной степени зрелости: технической и биологической.

Необходимо подчеркнуть, что плодовые тела из варианта 1 были достоверно меньше и подвержены искривлению формы (рис. 1. а). Диаметр и толщина шляпки примерно 2 раза меньше, а высота ножки в среднем на 25 мм ниже в сравнении с грибами технической зрелости, выращенных на стерильных субстратах. Еще более существенные отличия наблюдались между вариантом 1 и 2–4, но в биологической зрелости.

Плодовые тела с рыхлым гименофором не утрачивали своей упругости, а аромат был выражен ярче. Возможно, в отличие от других видов культивируемых в Украине грибов, проводить сбор урожая *C. indica* в зрелом состоянии более целесообразно, но этот вопрос должен быть тщательно изучен, как с точки зрения биохимических изменений, так и особенностей хранения.

На каждом из этапов выращивания проводили мониторинг случаев контаминации субстратов и плодовых тел конкурентными микромицетами и поражения насекомыми. Появление очагов плесневых колоний родов *Penicillium* и *Aspergillus* фиксировали на 21–25 день инкубации на блоках из ферментированного субстрата (рис. 4 а), тогда как в вариантах стерильного субстрата видимые зоны спороношения контаминантов появлялись только на поврежденных плодовых телах в конце второй волны плодоношения (рис. 4 б).

а)

б)

Рис.4. Зоны микробиологической контаминации: а) на субстрате АФВС, до нанесения покровного грунта; б) на зачатках плодовых тел *C. indica.*

Обнаруженные плесневые колонии имели четкую локализацию, и зона поражений не превышала 10 % площади субстрата. Мы не наблюдали видимого угнетения культуры *C. indica* за пределами колоний, хотя технические характеристики гриба, полученные на ферментированных субстратах, оказались существенно ниже. Поэтому вопрос взаимодействия данного вида с

микробиотой выростных помещений и субстратов, произведенных методом АФВС, требует дополнительных исследований.

Современные научные данные о технологиях культивирования «молочного гриба» на 90 % представлены работами ученых стран Азии. Они рассматривают перспективы подготовки субстратов методами пастеризации паром и водой, химической стерилизации и стерилизации в промышленных автоклавах. Однако, использование фунгицидов для элиминации патогенной микробиоты, на наш взгляд, является нежелательным. Природа воздействия этих агентов на организм человека еще до конца не изучена. Возможно поэтому, в промышленно развитых странах производство субстратов методом стерилизации является единственно возможным для выращивания «экзотических» ксилотрофных грибов. По результатам нашего исследования подтверждена эффективность данного метода для обеспечения стабильности производства и высокого качества грибной продукции.

Несмотря на высокие температуры в камерах выращивания и за их пределами, мы не наблюдали критического количества насекомых-вредителей грибов: грибной мухи семейства *Phoridae* и комариков семейств *Sciaridae* и *Cecidomyidae,* которые в это время являются основной причиной остановки малых грибных предприятий. В опытных условиях для контроля численности насекомых было достаточно профилактической обработки инсектицидами «Имидон Флоу», в состав которого входит разрешенные в Украине вещества имидаклоприд и лямбда-цигалотрин или препаратом «Кассент». Обработку стен и поверхностей проводили перед загрузкой камер субстратом. Таким образом, можно говорить о потенциальной возможности успешного получения качественных плодовых тел *C. indica* в условиях промышленного производства без использования веществ, способных повлиять на пищевую безопасность грибного сырья.

Выводы. Изучение особенностей физиологии и морфологических характеристик тропической культуры *C. indica* при выращивании на остатках местных сельскохозяйственных отходов позволило выработать

технологический регламент получения ценного грибного продукта с уникальными вкусовыми и лекарственными свойствами.

Выявлены особенности выращивания «молочного гриба» на субстратах, изготовленных методами аэробной ферментации в высоком слое и стерилизации. Биологическая эффективность *C. indica* составила 134,4 % при использовании стерильных субстратов, что в 2 раза превышало результаты, полученные на ферментированном растительном сырье.

Метод обработки субстрата оказывает влияние на морфологические характеристики плодовых тел *C. indica*. Показатели средней массы и диаметра шляпки плодового тела на стерильных субстратах были в 2 раза выше, чем в варианте ферментативной обработки.

Все полученные плодовые тела *C. indica* имели привлекательную форму, интенсивный грибной аромат и необычный вкус, с легкими нотками перца.

Исследованный штамм отличался устойчивостью к контаминантной микробиоте субстратов и помещений. Результаты испытаний являются основанием для технических рекомендаций к интродукции тропического гриба *C. indica* в промышленное производство грибов Украины и стран с похожими климатическими условиями.

Литература

1. Giavasis I. Bioactive fungal polysaccharides as potential functional ingredients in food and nutraceuticals. *Curr. Opin. Biotechnol.* 2014. Vol. 26. P. 162–173.

2. Cheung P.C.K. Mini-review on edible mushrooms as source of dietary fiber: Preparation and health benefits. *Food Sci. Hum.* Wellness. 2013. Vol. 2, № 3. P. 162–166.

3. Wasser S. Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2002. Vol. 60, № 3. P. 258–274.

4. Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре. Сборник научных трудов в двух томах. Том. 1/ Бухало А.С. и др.; под ред.чл.-кор. НАН Украины С.П. Вассера. – Киев: Альтерпресс, 2011. 212 с.

5. Бандура И.И., Миронычева Е.С., Кюрчева Л.Н. Отбор устойчивых к высоким температурам культивирования штаммов *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél. *Agrar. Sci. Stiinta Agric.* 2014. Vol. №2, № 3–8. С. 56–59.

6. Subbiah K.A., Balan V. A Comprehensive Review of Tropical Milky White Mushroom (Calocybe indica P&C). *Mycobiology*. 2015. Vol. 43, № 3. P. 184–194.

7. Carrasco J. et al. Biotechnological Requirements for the Commercial Cultivation of Macrofungi: Substrate and Casing Layer. *Biology of Macrofungi* / ed. Singh B.P., Lallawmsanga, Passari A.K. Cham: *Springer International Publishing*, 2018. P. 159–175.

8. Высокие технологии АПК: мировой рынок грибов – МНИАП [Electronic resource]. URL: http://xn--80aplem.xn--p1ai/analytics/Vysokie-tehnologii-APK-mirovoj-rynok-gribov/ (accessed: 10.03.2020).

9. Lucier G., Allshouse J., Lin B.-H. Factors Affecting U.S. Mushroom Consumption. P. 11.

10. Rudolf Mulderij. OVERVIEW GLOBAL MARKET MUSHROOMS [Electronic resource]. 2016. URL: https://www.freshplaza.com/article/2165878/overview-global-market-mushrooms.

11. Zhang Y. et al. Edible Mushroom Cultivation for Food Security and Rural Development in China: Bio-Innovation, Technological Dissemination and Marketing. *Sustainability*. 2014. Vol. 6, № 5. P. 2961–2973.

12. Bokaria K. et al. Commercial production of Milky Mushroom (Calocybe indica). [Electronic resource]. URL https://fliphtml5.com/wqmz/wdep/basic (accessed: 2020-05-28)

13. Cultivation of Calocybe indica (P & C) in Konkan Region of Maharashtra, India [Electronic resource]. ResearchGate. URL:

https://www.researchgate.net/publication/269920221_Cultivation_of_Calocybe_indica_P_C_in_Konkan_Region_of_Maharashtra_India (accessed: 23.05.2020).

14. Alam N. et al. Nutritional Analysis of Cultivated Mushrooms in Bangladesh – *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sajor-caju*, *Pleurotus florida* and *Calocybe indica*. *Mycobiology*. 2008. Vol. 36, № 4. P. 228–232.

15. Rajoriya A., Gupta N. (2015) Cultural, nutritional and biochemical characterization of *Lentinus tuberregium* and *Calocybe indica* under submerged culture condition.

16. Dhakad P.K. et al. Comparative Study on Nutraceuticals of Five Strains of Milky Mushroom (*Calocybe indica*). *Int J Curr Microbiol App Sci*. 2017. Vol. 6. № 2. P. 645–648.

17. Mandal E.K. et al. Structural characterization of an immunoenhancing cytotoxic heteroglycan isolated from an edible mushroom Calocybe indica var. APK2. *Carbohydr. Res*. 2011. Vol. 346, № 14. P. 2237–2243.

18. Mandal E.K. et al. Chemical analysis of an immunostimulating (1→4)-, (1→6)-branched glucan from an edible mushroom, *Calocybe indica*. *Carbohydr. Res.* 2012. Vol. 347, № 1. P. 172–177.

19. Gurunathan S. et al. Comparative assessment of the apoptotic potential of silver nanoparticles synthesized by Bacillus tequilensis and Calocybe indica in MDA-MB-231 human breast cancer cells: targeting p53 for anticancer therapy. *Int. J. Nanomedicine*. 2015. Vol. 10. P. 4203–4223.

20. G. Arunkumar, G.C. K. Bhanumathi. Bioactive potential and antioxidant status of laboratory grown Calocybe indica (milky mushroom). INDO *Am. J. Pharm. Sci.* 2018. Vol. 05, № 01. P. 174–178.

21. Govindan S. et al. Antioxidant and anti-aging activities of polysaccharides from *Calocybe indica* var. APK2. *Exp. Toxicol. Patho*l. 2016. Vol. 68, № 6. P. 329–334.

22. Roberts J.S., Teichert A., McHugh T.H. Vitamin D2 Formation from Post-Harvest UV-B Treatment of Mushrooms (Agaricus bisporus) and Retention

During Storage . *J. Agric. Food Chem. American Chemical Society*, 2008. Vol. 56, № 12. P. 4541–4544.

23. Rathore H. et al. Vitamin D2 fortification of Calocybe indica mushroom by natural and artificial UVB radiations and their potential effects on nutraceutical properties. *Biotech.* 2020. Vol. 10, № 2. P. 41.

24. Płudowski P. et al. Practical guidelines for the supplementation of vitamin D and the treatment of deficits in Central Europe — recommended vitamin D intakes in the general population and groups at risk of vitamin D deficiency: 4. *Endokrynol. Pol.* 2013. Vol. 64, № 4. P. 319–327.

25. Ilie P.C., Stefanescu S., Smith L. The role of vitamin D in the prevention of coronavirus disease 2019 infection and mortality. *Aging Clin. Exp.* Res. 2020.

26. Голуб Г.А., Гайденко О.М., Кепко О.І. Особливості біотехнологічного процесу виробництва субстрату для вирощування гливи. *Збірник Наукових Праць Вінницького Державного Аграрного Університету*. 2011. № 7. С.67–73.

27. Chang S.T., Hayes W.A. The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms. *Academic Press*, 2013. 841 p.

28. Ушкаренко В.О. та інші. Програмно-інформаційний комплекс „Agrostat New". *Херсон*: Айлант, 2013.

29. Н.А. Бісько, О.С. Мироничева, І.І. Бандура. Характеристика бактерій аеробних субстратів при виробництві ксилотрофних базидіоміцетів. *Науковий Вісник Національного Університету Біоресурсів І Природокористування України Серія «Агрономія».* 2012. Вип. 176 – К. С. 269–273.

References

1. Giavasis, I. (2014). Bioactive fungal polysaccharides as potential functional ingredients in food and nutraceuticals. Current opinion in biotechnology, no. 26, pp. 162–173.

2. Cheung, P. C. (2013). Mini-review on edible mushrooms as source of dietary fiber: Preparation and health benefits. *Food Science and Human Wellness*, no. 2 (3-4), pp. 162–166.

3. Wasser, S. P. (2002). Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides. *Applied microbiology and biotechnology*, no. 60(3), pp. 258–274.

4. Bysko, N.A., Babitskaya, V.G., Bukhalo, A.S., Krupoderova, T.A., Lomberg, M.L., Mikhalova, O.B., & Shcherba, V. B. (2012). *Biological properties of medicinal macromycetes in culture: A collection of scientific papers in two volumes*. T. 2 / Ed. Corr. NAS of Ukraine JV Wasser. Kiev: Alterpres.

5. Mironycheva, E., Bandura, I., & Kurcheva, L. (2014). Selection of resistant to high temperature cultivation strains of *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quel.

6. Subbiah, K. A., & Balan, V. (2015). A comprehensive review of tropical milky white mushroom (Calocybe indica P&C). *Mycobiology*, no. 43(3), pp. 184–194.

7. Carrasco, J., Tello, M. L., Perez, M., & Preston, G. (2018). Biotechnological requirements for the commercial cultivation of macrofungi: substrate and casing layer. *In Biology of Macrofungi* (pp. 159-175). *Springer, Cham*.

8. High-tech agriculture: the global mushroom market [Electronic resource]. URL: http://xn--80aplem.xn--p1ai/analytics/Vysokie-tehnologii-APK-mirovoj-rynok-gribov/ (accessed: 10.03.2020).

9. Lucier, G., Allshouse, J. E., & Lin, B. H. (2003). Factors affecting US mushroom consumption. US Department of Agriculture, Economic Research Service: 11.

10. Rudolf Mulderij. OVERVIEW GLOBAL MARKET MUSHROOMS [Electronic resource]. 2016. URL: https://www.freshplaza.com/article/2165878/overview-global-market-mushrooms.

11. Zhang, Y., Geng, W., Shen, Y., Wang, Y., & Dai, Y. C. (2014). Edible mushroom cultivation for food security and rural development in China: *bio-*

innovation, technological dissemination and marketing. *Sustainability*, no. 6 (5), pp. 2961–2973.

12. Bokaria, K. et al. Commercial production of Milky Mushroom (Calocybe indica). [Electronic resource]. URL https://fliphtml5.com/wqmz/wdep/basic (accessed: 2020-05-28).

13. Navathe, S., Borkar, P. G., & Kadam, J. J. (2014). Cultivation of Calocybe indica (P & C) in Konkan region of Maharashtra, India. *World J Agric Res*, no. 2, pp. 187–191.

14. Alam, N., Amin, R., Khan, A., Ara, I., Shim, M. J., Lee, M. W., & Lee, T. S. (2008). Nutritional analysis of cultivated mushrooms in Bangladesh–Pleurotus ostreatus, Pleurotus sajor-caju, Pleurotus florida and Calocybe indica. *Mycobiology*, no. 36(4), pp. 228–232.

15. Rajoriya, A., & Gupta, N. (2015) Cultural, nutritional and biochemical characterization of *Lentinus tuberregium* and *Calocybe indica* under submerged culture condition.

16. Dhakad, P. K., Chandra, R., Yadav, M. K., & Patar, U. R. (2017). Comparative Study on Nutraceuticals of Five Strains of Milky Mushroom (*Calocybe indica*). Int. J. *Curr. Microbiol. App. Sci*, no. 6 (2), pp. 645–648.

17. Mandal, E. K., Maity, K., Maity, S., Gantait, S. K., Maiti, S., Maiti, T. K., Islam, S. S. (2011). Structural characterization of an immunoenhancing cytotoxic heteroglycan isolated from an edible mushroom *Calocybe indica* var. APK2. *Carbohydrate research*, no. 346 (14), pp. 2237–2243.

18. Mandal, E. K., Maity, K., Maity, S., Gantait, S. K., Behera, B., Maiti, T. K., Islam, S. S. (2012). Chemical analysis of an immunostimulating (1→ 4)-,(1→ 6)-branched glucan from an edible mushroom, C*alocybe indica*. *Carbohydrate research*, no. 347(1), pp. 172–177.

19. Gurunathan, S., Park, J. H., Han, J. W., & Kim, J. H. (2015). Comparative assessment of the apoptotic potential of silver nanoparticles synthesized by Bacillus tequilensis and Calocybe indica in MDA-MB-231 human breast cancer cells:

targeting p53 for anticancer therapy. *International journal of nanomedicine*, no. 10, pp. 4203–4223.

20. Arunkumar, G., Chelladurai, G., & Bhanumathi, K. (2018). Bioactive potential and antioxidant status of laboratory grown Calocybe indica (milky mushroom). Indo american journal of pharmaceutical sciences, no. 5(1), pp. 174–178.

21. Govindan, S., Johnson, E. E. R., Christopher, J., Shanmugam, J., Thirumalairaj, V., & Gopalan, J. (2016). Antioxidant and anti-aging activities of polysaccharides from Calocybe indica var. APK2. Experimental and Toxicologic Pathology, no. 68 (6), pp. 329–334.

22. Roberts, J. S., Teichert, A., McHugh, T. H. (2008). Vitamin D2 formation from post-harvest UV-B treatment of mushrooms (Agaricus bisporus) and retention during storage. *Journal of agricultural and food chemistry*, no. *56*(12), pp. 4541–4544.

23. Rathore, H., Prasad, S., Sehwag, S., & Sharma, S. (2020). Vitamin D 2 fortification of Calocybe indica mushroom by natural and artificial UVB radiations and their potential effects on nutraceutical properties. *3 Biotech*, no. 10(2), pp. 41.

24. Płudowski, P., Karczmarewicz, E., Bayer, M., Carter, G., Chlebna-Sokół, D., Czech-Kowalska, J., Głuszko, P. (2013). Practical guidelines for the supplementation of vitamin D and the treatment of deficits in Central Europe—recommended vitamin D intakes in the general population and groups at risk of vitamin D deficiency. *Endokrynologia Polska*, no. 64(4), pp. 319–327.

25. Ilie, P. C., Stefanescu, S., & Smith, L. (2020). The role of vitamin D in the prevention of coronavirus disease 2019 infection and mortality. *Aging Clinical and Experimental Research*, 1.

26. Golub, G.A., Gaidenko, O.M., & Kepko, O. I. (2011). Features of the biotechnological process of the virobnosis substrate for the viroscopic glivi. *Zbirnik naukovyh prac Vinnitsa national agrarian university*, no. (7), pp. 67–73.

27. Chang, S. T., & Hayes, W. A. (Eds.). (2013). *The biology and cultivation of edible mushrooms*. Academic press.

28. Ushkarenko, V. O. et al. (2013) Program-informational complex "Agrostat New". Kherson: Aylant

29. Bisko, N.A., Mironicheva, O.S., & Bandura, I. I. (2012). Characterization of bacterium aerobic substrates at the hour of xylotrophic basidiomycetes. *Science News of the National University of Biology and Natural Resources of Ukraine.* no. 176, pp. 287–291.

Аннотация

Бандура И. И.

Перспективы интродукции тропического гриба Calocybe indica Purkay. & a. Chandra в украинское грибопроизводство

Расширение ассортимента экзотических грибов, которые интенсивно выращиваются в промышленных условиях страны, позволяет увеличить ресурс отечественных продуктов с высоким функциональным потенциалом. Возможность укрепления иммунной системы, стабилизации уровня углеводов и липидных соединений в крови, уменьшения массы тела за счет употребления биологически активных веществ грибов многократно исследована и привлекает внимание современного покупателя.

Поиск возможностей интенсификации украинского грибопроизводства путем сохранения мощностей предприятий в летний период привел к изучению культуры тропического гриба C. indica P. & C. Так называемый «молочный гриб» начали активно выращивать в искусственных условиях в Индии, Пакистане, Китае с 1997г. Внешнее сходство с шампиньоном и уникальные вкусовые свойства плодовых тел вызывают интерес рядовых покупателей и микологов разных стран.

Такое внимание связано с неповторимыми особенностями культуры: плодоношение происходит при 28–30 °C, биологическая эффективность достигает 180 %, а биохимический состав представлен уникальными полисахаридами с антиоксидантными, антигипергликемическими и другими

лечебными свойствами. Но нам не известно научно подтвержденного прецедента выращивания этой культуры в условиях умеренного климата нашей страны.

Анализ факторов, формирующих эффективность интродукции данного вида в условия промышленного грибопроизводства Украины, позволил составить рабочий регламент культивирования C. indica. в летний период. Впервые описаны особенности получения качественных плодовых тел «молочного гриба» в условиях украинского грибопроизводства. Биологическая эффективность C. indica при использовании местных сельскохозяйственных отходов на субстратах, изготовленных методом стерилизации составила 134,2 %. Плодовые тела имели привлекательный вид и приятную консистенцию.

Полученные данные позволяют говорить об экономической целесообразности выращивания этой культуры в искусственных условиях Украины и стран с похожими климатическими характеристиками.

***Ключевые слова**: Calocybe indica, молочный гриб, факторы промышленного культивирования, габитус, биологическая эффективность, технологический цикл*

Annotation

Bandura I. I.

Perspective of introduction of tropical mushroom Calocybe indica Purkay. & a. Chandra in to Ukrainian mushroom production

The new people generation looking for the possibility to make life more intensive and productive by the nutritional sources of organic food with a high level of functional substances. Mushrooms have unique biochemical compounds as ß-glucans, crude polysaccharides, proteins, and others which provide many health benefits for the human organism.

The mushroom industrial production has a chance to be one of perspective and successful businesses in the world. However, growing at elevated temperature during summer season increase the cost of fresh mushrooms and this is hard for an ordinary buyer to purchase a favorite product. Therefore, our research had a purpose to study the opportunities of introducing the tropical mushroom culture C. indica P. & C. in the local condition. This species called "Dhuth Chatta" — "milky mushroom", where it was actively grown under artificial conditions in India since 1997. Many scientists reported about easy ways to make fresh fruit bodies with simple procedures and suitable casing materials.

In this study, two methods of substrate preparation and three formulas were used. The influence of substrate characteristics on the biological efficiency and carpophores' quality of C. indica was detected. The best result — 134,4 % BE was noted on the sterilized substrate with a C/N ratio approximately 36,1.

The fruit bodies mass and habitus from sterilized substrates with different levels of C/N ratio did not have significant differences The carpophores from aerobic fermentation substrate had mass and cap diameter in 2 times less by comparison with technical maturity FB which obtained from sterilized substrates. All fruit bodies had an attractive shape, intense aroma, and unusual taste, with light notes of pepper.

The studied strain was resistant to contaminant microbiota of substrates and growing rooms. This is the first report about successful cultivation C. indica in the artificial conditions of Ukraine.

Key words: *Calocybe indica, milky mushroom, industrial growing factors, habitus, biological efficiency, technological cycle.*