

Корисна модель належить до шкіряної промисловості, зокрема до виготовлення штучної шкіри із грибної біомаси, яка може використовуватися як альтернатива натуральній шкірі для виготовлення одягу, аксесуарів та меблів.

Штучна шкіра із грибної біомаси дуже схожа за виглядом та властивостями на натуральну, але є дешевшим та більш дружним до довкілля матеріалом, порівняно з натуральною чи синтетичною, які використовують у шкіряній промисловості, тому її вважають найкращою альтернативою натуральній шкірі.

Ідея виробляти матеріали та тканини з грибної біомаси відома ще з 50-х років минулого століття, в основі якої закладено полімер хітин, який є частиною клітинної стінки грибів, що використовувався для виготовлення паперу, який згодом дослідники запропонували використовувати для виготовлення будівельних матеріалів та тканин для одягу [опубліковано в журналі Nature Sustainability, 09.09.2020]

Відомий спосіб виготовлення "грибною шкіри" з міцелію художника Філа Росс, засновника Mucoworks, зі своєю командою, який, маніпулюючи показниками вологості та температури, а згодом піддаючи матеріал дубленню, отримав різні структури "шкіри", що розкладаються не так швидко, як класична шкіра, оскільки містять у своїй структурі хітин, що і робить його таким міцним. Ще одна особливість такої шкіри полягала в тому, що при вирощуванні в неї можна додавати різні елементи (блискавки, застібки, гудзики, гачки), які зрештою виростають і можуть бути вставлені без клею і ниток, що актуально при виробництві одягу а також меблів з міцелію [<https://rubryka.com/blog/shkirzaminnyk>].

Однак цей спосіб не знайшов широкого розповсюдження через складність і недосконалість технологічного процесу та неконкретизованість вибору грибною міцелію для вирощування шкіри.

Відомий також спосіб виробництва "зеленої" шкіри за інноваційним проектом - Desserto Адріана Лопеса Веларде і Марті Касареса з Мексики з кактусів, які досить розповсюджені у Мексиці та обходяться без пильного нагляду, оскільки не потребують багато води та стійкі до низьких температур, з урахуванням, що зовнішній прошарок цих теплолюбних рослин на дотик як натуральна шкіра, яка після правильної обробки може змінювати свою текстуру і властивості. Згідно з цим способом, з кактусів зрізують зріле листя, миють, подрібнюють та сушать на сонці. Отриманий матеріал не включає жодних токсичних хімікатів і його використовують для обробки [<https://rubryka.com/blog/shkirzaminnyk>].

Проте і цей відомий спосіб також не набув широкого розповсюдження через обмежену специфічність використання вихідної сировини - кактусів, вирощування яких притаманне тільки для окремих регіонів земної кулі.

Найбільш близьким до способу, що запропонований, за технічною суттю є спосіб виробництва міко-матеріалу із грибів, що полягає в отриманні біорозкладних тканин із двох компонентів - міцелію (кореневої системи гриба, яка знаходиться під землею) і вихідної сировини - стебел технічних конопель, які наділені властивістю біорозкладання та водночас експлуатаційною довговічністю, водовідштовхуванням та пожегобезпечністю, легко піддаються утилізації, для чого достатньо надламати зразок й помістити в ґрунт - він розкладеться за 30-45 днів та удобрить землю [<https://rubryka.com/blog/shkirzaminnyk>].

Проте цей спосіб передбачає використання як вихідної сировини технічних конопель, вирощування яких строго обмежено, що звужує межі його використання.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення вискоєфективного способу виготовлення альтернативної штучної шкіри з міцелію шляхом використання легкодоступної природної сировини та відпрацювання послідовності проведення операцій, параметрів режиму та їх тривалості, з урахуванням застосування оптимального міцелію гриба, забезпечити можливість етичного та екологічного виготовлення новітніх матеріалів, зокрема штучної шкіри, альтернативної натуральній шкірі, з широкодоступної вихідної сировини, низької собівартості та наділеної високими експлуатаційними властивостями.

Поставлена задача корисної моделі вирішується тим, що у способі виготовлення штучної шкіри з міцелію, який включає вирощування міцелію на вихідній сировині і подальшу обробку вирощеного матеріалу до готового продукту, згідно з корисною моделлю, як вихідну сировину використовують зерна полби - пшениці, і тирсу з порід листяних дерев, як міцелій використовують міцелій гриба "рейші", при цьому на першому етапі здійснюють підготовку і технологічну обробку зерен полби, для чого зерно відмочують упродовж 12 годин, потім відварюють до стану "аль денте", відварене зерно пересипають у 250 мл скляні банки, на $\frac{2}{3}$ по наповненню, закривають банки кришками (не туго), зверху покривають їх фольгою, автоклавають не довше 90 хв, під ламінарним боксом додають в банки зі шприца по 1 мл міцелій гриба "рейші", переносять банки з міцелієм в термостат і витримують при температурі 27 °C упродовж 7 днів, на другому етапі здійснюють підготовку і технологічну обробку тирси, яку скроплюють дистильованою водою, потім автоклавають у гастроємностях протягом 2-х годин, далі під ламінарним боксом дають можливість тирсі вистигнути, пересипають її прошарком підготовленого зерна з міцелієм з банок, накладають марлю і зверху додають наступний прошарок тирси, залишаючи гастроємність на більшу половину незаповненою тирсою, огортають гастроємність харчовою плівкою або пластиковим пакетом так, щоб не надходило повітря, і переносять в термостат,

в якому витримують при температурі 27 °С упродовж 24 днів, після чого витягують пластину міцелію, що виріс на поверхні середовища, з гастроемності, здійснюють її 3-и разове пресування в термопресі по 20 секунд кожне при температурі 150 °С, замочують відпресовану пластину в кожному з пластифікаторів протягом 48 годин в наступній послідовності: Гліцерол 15 %, Етиленгліколь 5 %, поліетиленгліколь (PEG) 20 %, після чого пластифікатори вимивають, висушують і обробляють (протиранням) пластинку міцелію кукурудзяним зерном 20 % та таніновою кислотою 5 % і знову висушують за кімнатної температури і на кінцевому етапі здійснюють тиснення пластини міцелію з використанням термопресу та надають йому вигляду справжньої шкіри.

Використання як вихідної речовини зерен полби та тирси з порід листяних дерев надає способу суттєві переваги легкодоступності і дешевизни сировини, для обробки якої не потрібно дороговартісного обладнання, а, в основному, тільки легкодоступні скляні банки з кришками, фольга, харчова плівка або пластикова плівка, автоклав, гастроемності, ламінарний бокс, термостат та термопрес.

Легкодоступним і широкоживим в промисловому, як вітчизняному, так і світовому виробництві, є як міцелій гриба "рейші" (лінджи, *Ganoderma lucidum*), так і пластифікатори Гліцерол 15 %, Етиленгліколь 15 %, Поліетиленгліколь (PEG) 20 %.

Обробка - протирання пластин кукурудзяним зерном 20 %, запропонована у способі виходячи з того, що він є природним проламіном, який одержують з клітковини зерна кукурудзи (*Zea mays* Linné; род. Gramineae) шляхом екстрагування розведеним розчином пропан-2-олу і за хімічним складом є джерелом амінокислот: аланіну (8,3 %), аргініну (1,8 %), аспарагіну (4,5 %), цистеїну (0,8 %), кислоти глютамінової (1,5 %), глютаміну (21,4 %), гліцину (0,7 %), гістидину (1,1 %), ізолейцину (6,2 %), лейцину (19,3 %), метіоніну (2,0 %), фенілаланіну (6,8 %), проліну (9,0 %), серину (5,7 %), треоніну (2,7 %), тирозину (5,1 %), валіну (3,1 %) та витримує нагрівання до 200 °С без видимих ознак розкладання, практично нерозчинний у чистих ацетоні, етанолі та воді, зате розчиняється у водно-спиртових розчинах, водних розчинах ацетону (60-80 %) та гліколях. А таніновою кислотою 5 %, яка є комерційною формою таніну і належить до групи поліфенолів, обробляють (протирають) з урахуванням того, що вона є дубильною речовиною і, за ознакою, є слабкою кислотою (рКа близько 10) завдяки фенольним групам, що надає пластині відповідних властивостей натуральної шкіри. Послідовність операцій, оптимальні параметри режимів і їх тривалість відпрацьовані експериментальним шляхом.

Саме завдяки запропонованій корисній моделі, що включає комплексне використання вихідної сировини зерна полби - пшениці, і тирсу з порід листяних дерев і як міцелію - використання міцелію гриба "рейші", з урахуванням відпрацьованої послідовності проведення технологічних операцій, параметрів режимів та їх тривалості маємо комплексну можливість забезпечити промислову придатність способу для виробництва штучної шкіри.

Суть пропонованого способу полягає в наступному.

Пропонований спосіб виготовлення штучної шкіри з міцелію включає вирощування міцелію на вихідній сировині і подальшу обробку вирощеного матеріалу до готового продукту. Як вихідну сировину використовують зерна полби - пшениці, і тирсу з порід листяних дерев і як міцелій - міцелій гриба "рейші". При цьому на першому етапі здійснюють підготовку і технологічну обробку зерен полби, для чого зерно відмочують упродовж 12 годин, потім відварюють до стану "аль денте", відварене зерно пересипають у 250 мл скляні банки, на $\frac{2}{3}$ по наповненню, закривають банки кришками (не туго), зверху покривають їх фольгою, автоклавують не довше 90 хв, під ламінарним боксом додають в банки зі шприца по 1 мл міцелію гриба "рейші", переносять банки з міцелієм в термостат і витримують при температурі 27 °С упродовж 7 днів. На другому етапі здійснюють підготовку і технологічну обробку тирси, яку скроплюють дистильованою водою, потім автоклавують у гастроемностях протягом 2-х годин, далі під ламінарним боксом дають можливість тирсі вистигнути, пересипають її прошарком підготовленого зерна з міцелієм з банок, накладають марлю і зверху додають наступний прошарок тирси, залишаючи гастроемність на більшу половину незаповненою тирсою. Огортають гастроемність харчовою плівкою або пластиком пакетом так, щоб не надходило повітря, і переносять в термостат, в якому витримують при температурі 27 °С упродовж 24 днів. Після цього витягують пластину міцелію, що виріс на поверхні середовища, з гастроемності, здійснюють 3-и разове пресування в термопресі по 20 секунд кожне при температурі 150 °С, замочують відпресовану пластину в кожному з пластифікаторів протягом 48 годин в наступній послідовності: Гліцерол 15 %, Етиленгліколь 15 %, Поліетиленгліколь (PEG) 20 %, після чого пластифікатори вимивають, висушують і обробляють протиранням пластинку міцелію кукурудзяним зерном 20 % та таніновою кислотою 5 % та знову висушують за кімнатної температури. На завершальному етапі здійснюють тиснення пластини міцелію з використанням термопресу та надають йому вигляду справжньої шкіри.

Спосіб виробництва здійснюють так.

Приклад. Як вихідну сировину брали зерна полби, наприклад пшениці (за ДСТУ 3768:2019 "Пшениця. Технічні умови") і тирсу з порід листяних дерев, наприклад липи та вільхи (ДСТУ 2034-92

Відходи деревинні. Загальні технічні умови.) Як міцелій - використовували міцелій гриба "рейші" (лінджи, *Ganoderma lucidum*), наприклад виробництва Чехії.

Зерна полби попередньо відмочили упродовж 12 годин, потім відварили до стану "аль денте" (стан кулінарної готовності виробів як твердих на прикус, що в сучасній італійській кулінарії означає ідеальну консистенцію і швидке приготування) і відварені зерна пересипали у 250 мл скляні банки, на $\frac{2}{3}$ по наповненню. Банки закрили кришками (не туго), в яких автоклавування передбачили проклесні дірочки, і зверху покрили їх фольгою. В такому стані провели їх автоклавування упродовж 90 хв. Під ламінарним боксом додали в банки зі шприца по 1 мл міцелію гриба "рейші" (лінджи, *Ganoderma lucidum*) і перенесли банки з міцелієм в термостат, в якому витримували при температурі 27 °C упродовж 7 днів.

Далі провели підготовку і технологічну обробку тирси, яку скроплювали дистильованою водою і здійснили автоклавування у гастроємностях протягом 2-х годин.

Під ламінарним боксом дали можливість тирсі вистигнути, після чого пересипали її прошарком підготовленого зерна полби пшениці з міцелієм з скляних банок. Поверх насипаного прошарку наклали марлю і додали зверху наступний прошарок тирси, таким чином, щоб гастроємність на більшу половину залишилась незаповненою тирсою. Огорнули гастроємність харчовою плівкою (за відсутності плівки можна і пластиковим пакетом) так, щоб не надходило повітря, і перенесли гастроємність в термостат, в якому витримували при температурі 27 °C упродовж 24 днів.

Після цього витягнули пластину міцелію, що виріс на поверхні середовища, з гастроємності і здійснили 3-и разове пресування в термопресі, наприклад з використанням наявного планшетного напівавтоматичного термопресу HP380DS з двома нижніми плитами, рівномірним притиском і прогрівом, що обладнаний цифровим блоком управління температурою і часом, з розміром плит 38×38 см, по 20 секунд кожне при температурі 150 °C. Потім замочували відпресовану пластину в кожному з пластифікаторів протягом 48 годин в наступній послідовності: Гліцеролом 15 %, далі Етиленгліколем 15 % і на завершення Поліетиленгліколем (PEG) 20 %. Після замочування пластифікатори вимили, пластину міцелію висушили і обробили протиранням кукурудзяним зерном 20 % та таніновою кислотою 5 % і знову висушили за кімнатної температури.

На завершальному етапі здійснили тиснення пластини міцелію з використанням термопресу, наприклад зразка HP380DS, на якому надають пластині вигляду справжньої шкіри.

На зображенні наведено зразки отриманої шкіри різної конфігурації.

На основі узагальнення результатів отриманих методом низькотемпературної адсорбції азоту (77 K) з використанням порозиметру Quantachrome Nova 2200E (Протокол випробувань від 8 вересня 2023 року № 1-145/2023. Центр колективного користування науковим обладнанням "Лабораторія нанотехнологій для матеріалознавства, енергетики та медицини" Прикарпатського національного університету ім. В. Стефаника) виявлено, що отриманий матеріал в діапазоні розмірів пор до 100 нм є мезопористим і включає пори з діаметрами від 4 до 23 нм. Отриманий методом NL-DFT розподіл пор за розмірами формують трьома областями з найбільш ймовірними розмірами пор 4,8, 6,8 та 11,9 нм при відносному вмісті фракцій пор 26, 31 та 43 % при значеннях ширин розподілу пор за розмірами для кожної фракції 1,3, 3,3 та 11,4 нм, відповідно. Гігроскопічність матеріалу (визначалася після його дегазації при 100 °C впродовж 6 годин) як здатність поглинати водяну пару з повітря в результаті абсорбції складає 23,6 %. Величина питомої площі поверхні матеріалу (розрахунок здійснений за методом BET) складає 20,4 м²/г.

Отримані зразки шкіри відповідають фізичним властивостям, які характеризують параметрами, що не поступають, а по окремим параметрам і перевищують властивості натуральної шкіри.

Використання запропонованого способу виготовлення штучної шкіри з міцелію забезпечує розширення виробництва асортименту етичного та екологічного виготовлення новітніх матеріалів, зокрема штучної шкіри, альтернативної справжній натуральній шкірі, з широкодоступної вихідної сировини, зокрема із зерен полби - пшениці, та тирси з порід листяних дерев з низькою собівартістю, та наділеною високими експлуатаційними властивостями.

