

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ДИЗАЙНУ

Мистецтв і моди

(повне найменування інституту, назва факультету)

Технології моди

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

на тему: Розробка та виготовлення взуття з альтернативної шкіри на
рослинній основі

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 182 Технології легкої промисловості

Освітня програма: Індустрія моди

Виконав: студент групи: МгІМд-23

Бровченко В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., проф. Первая Н.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доц. Бабич А.І.

(прізвище та ініціали)

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ДИЗАЙНУ

Факультет _____ Мистецтв і моди _____
Кафедра _____ Технології моди _____
Рівень вищої освіти другий (магістерський) _____
Спеціальність _____ 182 Технології легкої промисловості _____
Освітня програма _____ Індустрія моди _____

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТМ

_____ Ольга ГАРАНІНА

« » _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Бровченко Василя Валерійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка та виготовлення взуття з альтернативної шкіри на рослинній основі.
2. Науковий керівник роботи Первая Наталія Володимирівна, д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від 03.09.2024 року № 188-уч.
3. Строк подання студентом роботи 21.11.2024
4. Вихідні дані до роботи: актуальні тенденції, дисертації, патенти, статті, науково-технічна література.
5. Зміст дипломної роботи (перелік питань, які потрібно розробити):
Вступ, Розділ 1 Аналітичні дослідження з питань екології в легкій промисловості, Розділ 2 Теоретико-практичні аспекти з питань дослідження інноваційних екологічних матеріалів для виробництва взуття, Розділ 3 Розробка, виготовлення та дослідження експлуатаційних властивостей чоловічого взуття виготовленого зі шкіри на рослинній основі, Загальні висновки, Список використаних джерел.

6. Консультанти розділів дипломної магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Вступ	Первая Н.В. д.т.н., проф	05.08.24	05.09.24
Розділ 1	Первая Н.В. д.т.н., проф	05.08.24	05.09.24
Розділ 2	Первая Н.В. д.т.н., проф	05.08.24	05.10.24
Розділ 3	Первая Н.В. д.т.н., проф	05.08.24	15.10.24
Висновки	Первая Н.В. д.т.н., проф	05.08.24	25.10.24

7. Дата видачі завдання 05.08.24**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломної магістерської роботи	Терміни виконання етапів	Примітка про виконання
1	Вступ	05.09.24	05.09.24
2	Розділ 1. Аналітичні дослідження з питань екології в легкій промисловості	05.09.24	05.09.24
3	Розділ 2. Теоретико-практичні аспекти з питань дослідження інноваційних екологічних матеріалів для виробництва взуття	05.10.24	05.10.24
4	Розділ 3. Розробка, виготовлення та дослідження експлуатаційних властивостей чоловічого взуття виготовленого зі шкіри на рослинній основі	15.10.24	15.10.24
6	Висновки	25.10.24	25.10.24
7	Оформлення дипломної магістерської роботи (чистовий варіант)	1.11.24	1.11.24
8	Здача дипломної магістерської роботи на кафедру для рецензування (за 14 днів до захисту)	15.11.24	15.11.24
9	Перевірка дипломної магістерської роботи на наявність текстових співпадінь та помилок (за 10 днів до захисту)	18.11.24	
10	Подання дипломної магістерської роботи на затвердження завідувачу кафедри (за 7 днів до захисту)	21.11.24	

Студент

Василь БРОВЧЕНКО

Керівник проєкту

Наталія ПЕРВАЯ

Анотація

Бровченко В.В. Розробка та виготовлення взуття з альтернативної шкіри на рослинній основі.

Актуальність теми. Першими світовими брендами, які не залишилися стояти осторонь стали H&M і Zara, які впровадили в свої корпоративні стратегії різні стійкі бізнес-моделі етичного споживання, тим самим подаючи приклад для всього ринку моди. Згодом все більше компаній почали експериментувати в даному напрямку створюючи різноманітні капсульні колекції з використанням екологічних матеріалів.

Мета дослідження. Не зважаючи на те, що Pinatex® досить популярний на ринку до сих пір немає повної інформації про відповідність альтернативної рослинної шкіри вимогам споживачів і нормативним показникам натуральної шкіри, яка до сих пір є матеріалом номер один для взуття. Тому перед нами стояло завдання дослідити здатність експлуатаційних властивостей даного матеріалу конкурувати з натуральною шкірою в справжніх умовах життєдіяльності, визначити його якісну придатність у виробництві взуття, а також чи має цей матеріал перспективи у виробництві взуття.

Елементи наукової новизни. Полягають у виявленні і висвітленні проблеми збереження планети шляхом повного чи часткового вживання альтернативних шкір для виготовлення з них сучасних дизайнерських виробів.

Практичне значення результатів роботи. Дослідження матеріалу Pinatex щодо питань якості і надійності. Розробка конструкції та технологічних етапів виробництва взуття чоловічого асортименту з матеріалу Pinatex.

Ключові слова: Індустрія моди, екологічність, альтернативна шкіра, рослинна шкіра, біологічні матеріали, екологічно чисті матеріали, циркулярна економіка, Pinatex.

Summary

Brovchenko V.V. Development and production of shoes made from plant-based alternative leather.

Relevance of the topic. The first global brands that did not stand aside were H&M and Zara, which implemented various sustainable business models of ethical consumption in their corporate strategies, thereby setting an example for the entire fashion market. Over time, more and more companies began to experiment in this direction, creating various capsule collections using environmentally friendly materials.

The aim of the study. Despite the fact that Pinatex® is quite popular on the market, there is still no complete information about the compliance of alternative plant-based leather with consumer requirements and regulatory indicators of natural leather, which is still the number one material for shoes. Therefore, we were faced with the task of investigating the ability of the operational properties of this material to compete with natural leather in real life conditions, to determine its qualitative suitability in the production of footwear, and also whether this material has prospects in the production of footwear.

Elements of scientific novelty. They consist in identifying and highlighting the problem of preserving the planet through the full or partial use of alternative leathers for the manufacture of modern designer products from them.

Practical significance of work results. Research of the Pinatex material on issues of quality and reliability. Development of the design and technological stages of the production of men's footwear from Pinatex material.

Keywords: Fashion industry, environmental friendliness, alternative leather, vegetable leather, biological materials, environmentally friendly materials, circular economy, Pinatex.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ПИТАНЬ ЕКОЛОГІЇ В ЛЕГКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	10
1.1. Вплив шкіряної індустрії на забруднення навколишнього середовища ..	10
1.2. Принципи циклічної економіки в легкій промисловості	14
1.3. Аналіз інноваційних альтернативних матеріалів на рослинній основі	17
1.4. Висновки до розділу.....	27
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИКОПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ З ПИТАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНОВАЦІЙНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВЗУТТЯ	29
2.1. Класифікація матеріалів на рослинній основі придатних для використання у виробництві взуття	29
2.2. Порівняння технічних характеристик альтернативної та натуральної шкіри.....	33
2.3. Дослідження конкурентоспроможності альтернативних матеріалів для верху взуття.....	41
2.4. Дослідження матеріалу Pinatex, як альтернативи натуральній шкірі з великої рогатої худоби.....	49
2.5. Висновки до розділу.....	51

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА, ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЧОЛОВІЧОГО ВЗУТТЯ ВИГОТОВЛЕНОГО ЗІ ШКІРИ НА РОСЛИННІЙ ОСНОВІ	52
3.1. Розробка моделі взуття	52
3.2. Розробка конструкції та технологічних етапів виготовлення моделі чоловічого взуття	54
3.3. Оцінка якості повсякденного чоловічого взуття виготовленого з альтернативної шкіри на рослинній основі	68
3.4. Висновки до розділу.....	72
ВИСНОВКИ	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	74

ВСТУП

На сьогоднішній день рівень забруднення навколишнього середовища мотивує вчених та небайдужих людей зі всього світу не стояти на місці та максимально долучатися до пошуків вирішення цієї глобальної проблеми. Не останню роль в даній катастрофі відіграє легка промисловість. Великі обсяги виробництва одягу та взуття стимулюють швидке споживання ресурсів та утворення відходів, що призводить до значного негативного впливу на суспільство, економіку та навколишнє середовище. Для зменшення негативних факторів виробництва основним рішенням є застосування бізнес-моделі замкнутого циклу, концепція якої полягає у майбутній переробці/утилізації використаної продукції, дотримання котрої вже може вирішити більшість важливих питань.

Досягти цієї мети допомагають проекти, які пропонують інноваційні та екологічно чисті рішення для створення біорозкладної та більш легко перероблюваної сировини. Найперспективнішим та найбільш цікавим, з екологічної точки зору, є реінтеграції відходів, головним чином із сільського господарства, які вступають в цикл виробництва, як новий ресурс.

Актуальність теми. Першими світовими брендами, які не залишилися стояти осторонь стали H&M і Zara, які впровадили в свої корпоративні стратегії різні стійкі бізнес-моделі етичного споживання, тим самим подаючи приклад для всього ринку моди. Згодом все більше компаній почали експериментувати в даному напрямку створюючи різноманітні капсульні колекції з використанням екологічних матеріалів.

Яскравим прикладом сировини в цьому сегменті є Pinatex®, який з успіхом використовується для виробництва взуття брендами Hugo Boss, Paul Smith, Nike, Saucony і багатьма іншими в якості альтернативної шкіри на рослинній основі, який має не тільки естетичний зовнішній вигляд, але і підвищений інтерес у суспільства.

Мета дослідження. Не зважаючи на те, що Pinatex® досить популярний на ринку до сих пір немає повної інформації про відповідність альтернативної рослинної шкіри вимогам споживачів і нормативним показникам натуральної

шкіри, яка до сих пір є матеріалом номер один для взуття. Тому перед нами стояло завдання дослідити здатність експлуатаційних властивостей даного матеріалу конкурувати з натуральною шкірою в справжніх умовах життєдіяльності, визначити його якісну придатність у виробництві взуття, а також чи має цей матеріал перспективи у виробництві взуття.

Завдання дослідження. Зумовлене необхідністю вирішення наступних питань:

- дослідити і проаналізувати питання екологічності виготовлення взуття в контексті використання натуральної шкіри і свідоме ставлення людей до проблем планети і її майбутнього;
- проаналізувати сегмент науково-технічної літератури за напрямком досліджень;
- провести аналіз виробників альтернативної сировини для виробів індустрії моди;
- дослідити теоретико-аналітичним шляхом і класифікувати матеріали, що придатні для виготовлення взуття;
- дослідити вимоги до альтернативних шкір;
- провести експериментальні дослідження щодо визначення властивостей і характеристик матеріалів;
- провести аналіз результатів експериментальних досліджень;
- розробити модель чоловічого повсякденного взуття;
- розробити конструкторсько-технологічну документацію на виріб;
- виготовити дослідні зразки взуття (макети взуття) з шкіри на рослинній основі.

Об'єктом дослідження є процес виготовлення чоловічого повсякденного взуття із інноваційної альтернативної шкіри на рослинній основі.

Предметом дослідження є взуття чоловічого асортименту, вироблене з матеріалу Pinatex.

Методи дослідження. При вирішенні задач, поставлених у роботі, використано теоретико-аналітичний і експериментальний методи дослідження

придатності матеріалу Pinatex для виробництва взуття та їх фізико-механічні властивості.

Елементи наукової новизни. Полягають у виявленні і висвітленні проблеми збереження планети шляхом повного чи часткового вживання альтернативних шкір для виготовлення з них сучасних дизайнерських виробів.

Практичне значення результатів роботи. Дослідження матеріалу Pinatex щодо питань якості і надійності. Розробка конструкції та технологічних етапів виробництва взуття чоловічого асортименту з матеріалу Pinatex.

Апробація результатів роботи. Апробація результатів роботи здійснена на науково-практичних конференціях шляхом доповідей і оприлюднення результатів дослідження та друку тезисів, а саме:

- Nataliia Pervaia, Tymofii Lypskyi, Vasyl Brovchenko Prospects of using bio-based alternative leather for shoe manufacturing, 15th Joint International Conference on Innovation in Clothing "CLOTECH 2024", 5th - 6th September 2024, Dresden.

Публікації. За результатами дослідження подано до друку статтю у фаховий науково-виробничий журнал «Індустрія моди. Fashion Industry» за темою магістерської роботи і результатами експериментального дослідження.

Структура роботи. Дипломна магістерська робота за структурою складається зі вступу, трьох розділів, узагальнених висновків по роботі, списку використаних періодичних літературних та технічних інформаційних джерел, що складається з 98 найменувань. Текстова частина налічує 82 сторінки машинописного тексту, містить 6 таблиць і 22 рисунка.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ПИТАНЬ ЕКОЛОГІЇ В ЛЕГКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

1.1. Вплив шкіряної індустрії на забруднення навколишнього середовища

Використання шкур тварин походить з епохи палеоліту, яка почалася близько 3,3 мільйона років тому і закінчилася приблизно 11 650 років тому. Зазначалося, що коли ці шкури залишалися вологими, швидко наставало гниття. Залишати ці шкури висихати також не було ідеальним, оскільки це призводило до дуже твердого та жорсткого матеріалу [1]. Шляхом експериментів було виявлено, що жирні матеріали можна втирати в шкіру, щоб вона залишалася більш гнучкою, і поступово область дублення шкіри розвинулася до процесів, які зазвичай використовуються сьогодні.

Після того як худобу забивають, тварина облущують, а шкіру виліковують. Ця фаза затвердіння необхідна для запобігання гниття через мікробну активність шкіри [1]. Найбільш поширеним методом лікування є нанесення солей на облущену сторону шкіри. Коли шкурки потрапляють на фабрику, їх замочують у воді, щоб видалити солі, додані на етапі затвердіння. Згодом сильні лужні хімічні речовини, такі як вапно ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), додаються для розчинення волосся, залишків плоті, наприклад, верхнього шару шкіри – так званого епідермісу – і білків у колагеновому матриці [2]. Розчинення волосків залишає волосні канали відкритими для проникнення подальших дубильних речовин. Стічні води, що утворюються в результаті цього етапу вапнування, є основним компонентом забруднення шкіряної промисловості. Далі ці лужні сполуки видаляються зі шкірок шляхом девапнування сульфатами амонію та хлоридами амонію. Наступний етап називається травленням, коли до шкур додають сірчану кислоту, соляну кислоту та сіль для кращого проникнення хімікатів, які будуть додані пізніше. Нарешті, додають детергенти і розчинники для видалення жиру з матриці шкурок і для подання їм більшої гнучкості.

Згадані вище процеси, від замочування до знежирення, називаються балковими операціями. Після цих операцій починається процес засмаги.

Дублення шкіри проводиться для перетворення шкур тварин в міцний матеріал шляхом зшивання колагенової матриці з дубильними речовинами, тим самим запобігаючи гниттю. Більшість шкіряних заводів працюють із засобами для засмаги, які містять хром. Шкіра, яка була хромована дубленням, але ще не висušена, називається мокрою синьою шкірою. Зшивання хромом робить шкіряний виріб більш стійким до термічних змін і ферментативного контакту. Далі фаза, яка називається постзасмагою, гарантує, що фізичні властивості шкіри, а також її органолептичні характеристики, такі як відчуття та запах, відповідають вимогам кінцевого продукту.

Приблизно з 1910 року відбувається зародження так званого масового виробництва, що характеризується стандартизованим виробництвом і некваліфікованою робочою силою, яка повинна виконувати основні і монотонні дії. Утвердженню цього виробництва сприяють в основному два фактори: перший пов'язаний зі зростанням економічного добробуту населення. Другий - це інтуїція галузей про те, що кількість проданої продукції і собівартість одиниці товару обернено пропорційні, а до збільшення перших зменшуються витрати на одиницю продукції. Тому неминуче, що ми намагаємося, наскільки це можливо, вивести продукцію на ринок, щоб ми могли знизити витрати на виробництво і отримати прибуток.

Всьому цьому сприяють технологічні інновації, які призводять продукцію до старіння за менший час, щоб стимулювати споживачів до повторної покупки. Модель економічного зростання, таким чином, характеризується думкою про виробництво і споживання, завдяки в тому числі і за допомогою реклами, що дозволяє не знижувати попит за рахунок створення нових бажань у споживачів.

У цей період відбулося зниження цін на ресурси, що сприяло економічному розвитку країн, що розвиваються. Коштуючи невеликі ресурси, не маючи великих перешкод у їх пошуку, маючи обмежені витрати на утилізацію відходів і маючи підхід, орієнтований на максимізацію прибутку,

вона прийшла до створення того, що є нинішньою системою відходів сировини.

Ця ринкова економіка, що характеризується безперервним використанням матеріалів і створенням відходів кінцевої продукції, є однією з основних причин забруднення і подальшого глобального потепління, також вкрай неефективна і дорога. Лінійну модель також називають моделлю «бери-роби-утилізуй», яка характеризується тим, що процес йде в єдиному напрямку: матеріал витягується, обробляється для створення продукту, його продають і, нарешті, створюють відходи, які потрібно утилізувати, коли об'єкт більше не працює.

У кожного, кого я знаю, є хоча б одна, а часто і більше пар взуття, виготовлених з натуральної шкіри. Це не дивно, враховуючи той факт, що лише у 2014 році було вироблено близько 24 мільярдів пар взуття [3] і 41% усієї шкіри виготовленої у Європі використовується у взутті [4]. Всього 68% шкіри використовується в індустрії моди в цілому. Традиційна шкіра виготовляється з сирих шкур тварин, які поставляються м'ясною промисловістю. Це створює враження, що шкіра є побічним продуктом, який може прослужити все життя залежно від використання.

Однак у 2013 році м'ясна промисловість викинула 14,5% усіх викидів парникових газів у світі [5]. Крім того, більшість шкіри, що виробляється у всьому світі, походить із сирих шкур великої рогатої [6], а на велику рогату худобу припадає 65% усіх викидів тваринництва [5], що призводить до того, що профіль викидів парникових газів у всьому світі становить приблизно 9,5%. Крім того, виробництво шкіри з необроблених шкур дуже забруднює навколишнє середовище, головним чином через використання токсичних хімікатів у процесі дублення. Беручи до уваги ці викиди та той факт, що ринок шкіри становить близько 400 мільярдів доларів на рік [7], вплив шкіри не можна ігнорувати на тій підставі, що вона є побічним продуктом.

Через великий вплив шкіри тварин на навколишнє середовище було докладено багато зусиль для розробки шкіряних альтернатив. Однією з груп альтернатив, що з'явилися, є шкіра на основі пластику, яка зазвичай

виробляється з полівінілхлориду (ПВХ) або поліуретану (ПУ). Виробництво цих синтетичних шкір менше сприяє глобальному потеплінню та дефіциту води, ніж виробництво шкіри великої рогатої худоби, але вплив хімікатів і викопного палива, що використовуються для їх виробництва, схожий. Крім того, ці синтетичні альтернативи не піддаються біологічному розкладанню та можуть виділяти мікропластик. Тим часом винаходять нові альтернативи шкірі, які піддаються біологічному розкладанню і не засновані на викопному паливі. «Біорозкладаний» означає, що матеріал може розкладатися в навколишньому середовищі під дією мікроорганізмів і фізико-хімічного впливу.

Останнім часом у суспільствах розвинених країн відбулися сильні зміни у менталітеті через дискусії про зміну клімату, обмеженість ресурсів, надмірне використання екосистем та забруднення довкілля речовинами, що не розкладаються або шкідливими речовинами. Це особливо впливає на індустрію споживчих товарів, і розробники нових матеріалів прагнуть замінити полімери на основі викопних корисних копалин біогенними та повністю біорозкладаними матеріалами, не містячи при цьому тварин і не використовуючи жодних шкідливих речовин. В ідеалі нові матеріали виготовляються з побутових відходів, тирси або органічного сміття.

Повторне використання відходів, що утворюються вздовж усього ланцюга промисловості, та перетворення їх на можливість для виробництва модних речей дає нове життя самим відходам. У цьому полягає принцип циркулярної економіки. Для того, щоб бути конкурентоспроможними, компанії сьогодні стикаються з необхідністю змінити всю модель виробництва, намагаючись витягти максимальну користь, яку кожен ресурс має в своєму розпорядженні, уникаючи створення відходів.

Перехід від лінійної моделі до циркулярної потребує соціальних та економічних інструментів, що регулюють її функціонування, а також сенсibilізацію всієї соціальної системи. Перехід до цієї циркулярної моделі набув принципового значення, і людина більше не може дозволити собі зволікати. Їжа і мода, здавалося б, настільки далекі один від одного, сьогодні

все більше і більше співпрацюють у створенні нової цінності, допомагаючи нашій планеті досягати стійких довгострокових цілей. У той же час вони сприяють фундаментальному переходу від традиційної моди до стійкої моди, здатної застосовувати принципи скорочення, повторного використання та переробки, щоб запропонувати споживачам нові можливості для сталого підходу до модного попиту.

1.2. Принципи циклічної економіки в легкій промисловості

Циркулярна економіка (рис 1.1) є альтернативною концепцією лінійної моделі виробництво / споживання / відходи і спрямована на мислення категоріями життєвого циклу [8]. Циркулярна економіка, запропонована Фондом Еллен Макартур [9], не тільки виявилася важливою для боротьби зі зміною клімату [10], але й пропонує нові можливості для бізнесу [11].

Цикли в циркулярній економіці можна розділити на технічні та цикли біологічного матеріалу [12]. У той час як багато галузей промисловості можуть бути чітко віднесені до кругообігу технічних матеріалів, текстильні матеріали можуть бути віднесені частково до технічного, а частково до біологічного циклу, так що тут необхідно враховувати обидві частини циркулярної економіки.

Для технічного циклу були досліджені механічні та хімічні процеси переробки текстилю з урахуванням можливостей зменшення екологічних проблем, викликаних швидкою модою [13], переробкою відходів волокна [14], переробкою одягу [15] або хімічним розчиненням целюлозних текстильних виробів [16]. Однак цей підхід мало вивчений.

Так звані принципи R (укр. - Р) включають ідеї зменшення, повторного використання, переробки та відновлення, які розглядаються в рамках 4R [17]. Вони також можуть бути поширені на рамки 9R, яка складається з відмови, переосмислення, зменшення, повторного використання, ремонту, відновлення, переробки та відновлення [18]. В обох рамках перший принцип є сприятливим у порівнянні з другим [19], і тому слід віддавати перевагу уникненню спаду, наскільки це можливо [20].

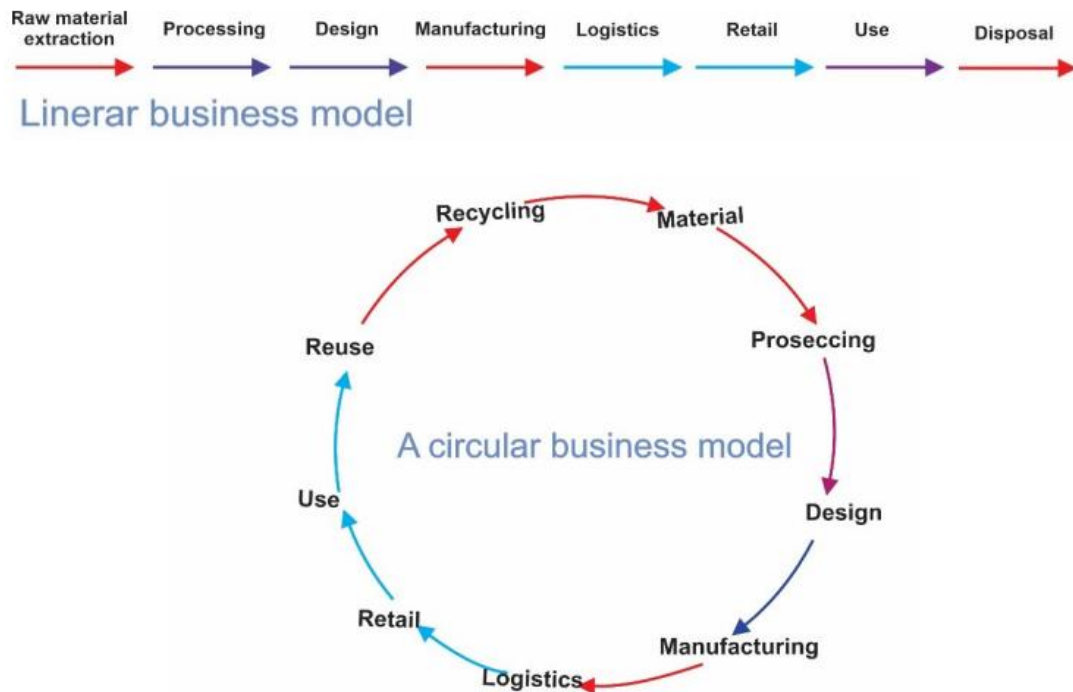


Рис 1.1 Лінійна бізнес-модель «від колиски до могили» та циклічна бізнес-модель «від колиски до колиски»

У багатьох галузях порівняння лінійних і кругових ланцюгів поставок наочно показує переваги останніх [21]. Загалом циркулярна економіка може підтримувати економічні, екологічні та соціальні аспекти сталого розвитку [22]. Очевидно, що мотивація компаній та інвесторів до впровадження концепцій циркулярної економіки вимагає економічної рентабельності [23].

У текстильній та швейній промисловості добре відомий негативний вплив виробництва та процесів на навколишнє середовище [24,25]. Тому багато дослідницьких проектів вивчали вплив на навколишнє середовище різних аспектів текстильного ланцюга. Згідно з дослідженнями, до основних недоліків традиційних лінійних конструкцій в текстильній промисловості можна віднести велику кількість текстильних відходів, які не переробляються і не використовуються повторно [26], а також токсичних барвників та інших небезпечних хімічних речовин [27-29]. Однак існують і інші екологічні наслідки текстильної промисловості, такі як виснаження водних об'єктів,

евтрофікація прісної води, використання сільськогосподарських угідь або скорочення різноманітності екосистем і доступності ресурсів [30].

Численні методи інтеграції принципів циркулярної економіки в текстильну промисловість були детально описані в науковій літературі, з вивченням різних стратегій для досягнення цієї мети.

Зокрема, зменшення утворення відходів можна визначити як сукупність заходів, які можуть бути реалізовані у превентивний спосіб до утворення відходів після використання матеріалу або продукту. Проблема надмірного виробництва побутових та непобутових відходів вже багато років стала надзвичайною ситуацією, яку Європейський Союз прагне вирішити шляхом впровадження цільових дій. Як видно з графіка нижче (рис. 1.2) за 10 років практично у всіх країнах, крім Норвегії та Німеччини, відсоток відходів, що утворюються щорічно, знизився. На загальному рівні ми можемо побачити, як Європейський Союз пройшов шлях від щорічного виробництва 518 кг відходів на душу населення у 2008 році до виробництва 492 кг на душу населення у 2018 році. Утворення таких кількостей відходів є наслідком років виробництва та подальшого несталого споживання (Євростат, 2020).

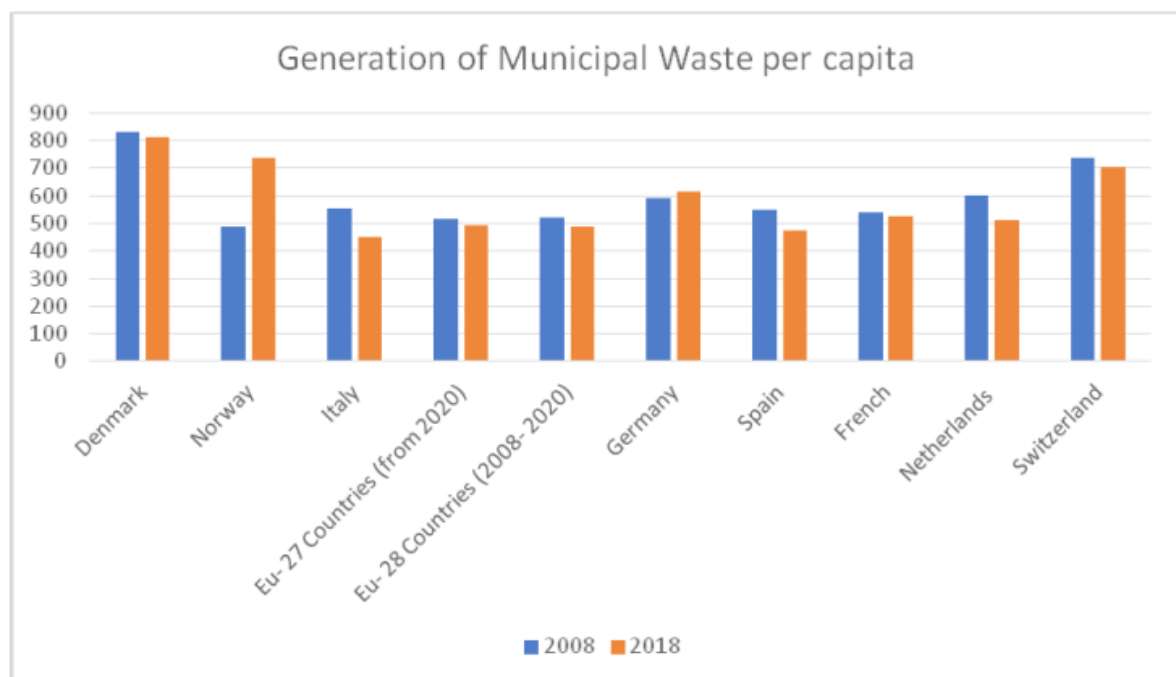


Рис 1.2 Щорічна кількість утворених відходів, кілограмів на душу населення

1.3. Аналіз інноваційних альтернативних матеріалів на рослинній основі

В останні десятиліття у світі моди різко зростає глобальний інтерес до сталого розвитку, тому текстильна та модна індустрія стикається з серйозними змінами та реформами, які планується впровадити до 2030 року. Велике споживання одягу породжує велике зростання споживання ресурсів і утворення відходів, що ставить індустрію моди в список галузей з найбільшою економікою, але також з великим негативним впливом на суспільство і навколишнє середовище [31,32]. Величезний вплив текстильної промисловості на навколишнє середовище, проведений Європейською комісією, показує, що [33]:

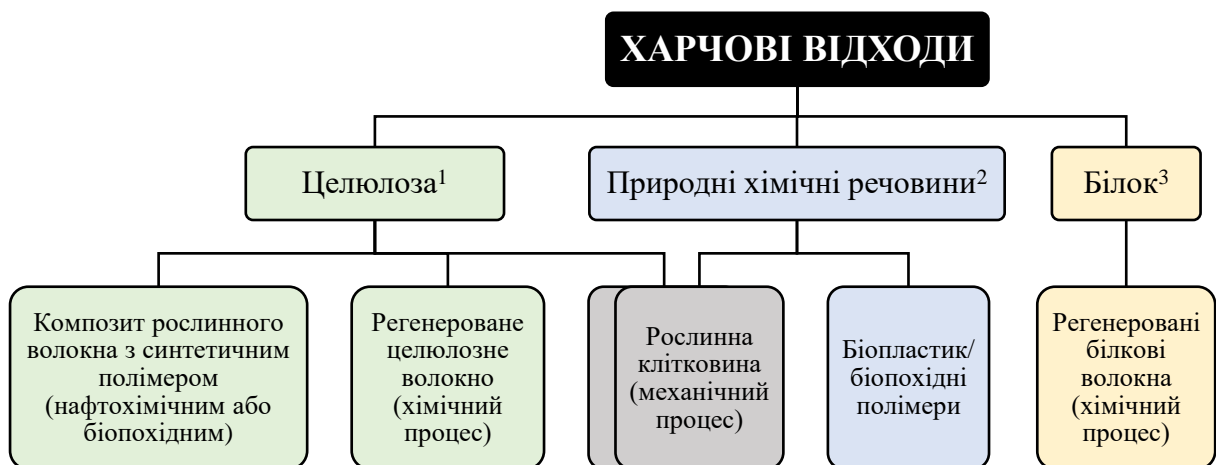
- Текстильне виробництво подвоїлося в період з 2000 по 2015 рік у всьому світі.
- Щороку викидається близько 5,8 мільйона тонн текстилю, що еквівалентно 11,3 кг на людину.
- Європейське споживання текстилю має четверте місце за впливом на навколишнє середовище та зміни клімату після продуктів харчування, житла та мобільності.
- Одна повна вантажівка текстилю щосекунди відправляється на звалище або спалювання.

Текстильна промисловість також була визначена як галузь, яка робить великий внесок у забруднення океанів. Прання білизни щорічно вивільняє в океан півмільйона тонн пластику з синтетичних текстильних виробів, що еквівалентно приблизно 50 мільярдам пластикових пляшок [31].

Споживачі значною мірою формують індустрію моди, і останнім часом їхній інтерес до сталого розвитку зростає. Сучасні споживачі все частіше шукають інформацію про те, хто, де і як виготовляється їх одяг. Ці вимоги все більше спонукають самі бренди до розробки нових бізнес-моделей, заснованих на інтеграції етики, естетики та інновацій [31,34]. Під інноваціями можна

віднести нові біорозкладні текстильні матеріали, отримані з фруктів. Натуральні волокна, такі як бавовна, вовна, шовк і льон, давно відомі текстильній промисловості, але використання таких фруктів, як апельсин, ананас, цукрова тростина і банан для створення екологічно чистих і стійких тканин є відносно новим трендом.

Біологічна основа – означає використання біогенної сировини для виробництва різних видів продукції замість викопного газу, вугілля або нафти як частини біоекономіки. Біорозкладні матеріали означають, що матеріали можуть розкладатися в навколишньому середовищі під впливом мікроорганізмів і фізико-хімічного впливу. А матеріали на основі фруктів піддаються біологічному розкладанню [35,36]. Рисунок 1.3 Показує різні типи волокон, які можуть бути створені з різних джерел харчових і фруктових



відходів [37].

Рис 1.3 Види текстильних матеріалів з харчових відходів

- Текстильний матеріал з апельсинового волокна

Щорічно в Італії 700 000 побічних продуктів цитрусових доводиться утилізувати, але вони можуть бути перетворені на високоякісну тканину, здатну відповісти на потребу сталого розвитку та інновацій модних брендів [38]. Текстильний матеріал з помаранчевого кольору розроблений компанією The Orange Fiber Company, що базується в Катанії (Італія). Його отримують з

м'якоті citrusових фруктів, і як такий він біологічно розкладається і здатний розкладатися без утворення нових відходів [39].

Перетворюючи фрукти на соки, джеми та інші продукти, місцеві галузі промисловості генерують велику кількість відходів, які необхідно правильно утилізувати, з витратами як для переробної промисловості, так і для навколишнього середовища. Ці відходи часто експлуатуються шляхом отримання енергії за допомогою біогазових установок. Продуктивний процес, запатентований Orange Fiber, дає нове життя залишкам citrusових після вичавлювання. Відходи апельсинової кірки обробляються за запатентованою технологією «Pastazzo», яка відокремлює целюлозу від решти шкірки. Цей же

про
цес
мо
же
бут
и
вик
ори
ста
ний
для
обр
обк



и відходів апельсинів, лимонів, мандаринів і грейпфрутів [38,40].

Рис 1.4 Текстильний матеріал, отриманий з апельсина

Тканини Orange Fiber формуються з тонкої целюлозної пряжі, яку можна змішувати з іншими матеріалами. Текстильний матеріал, виготовлений із 100% помаранчевого волокна, м'який і має шовковисте відчуття в руці, він характеризується легкістю і може бути непрозорим або блискучим відповідно

до потреб продукту. Враховуючи, що помаранчевий текстильний матеріал має схожі характеристики, як віскоза або віскоза, і він підходить для виробництва одягу високої моди. Клітковина, що видобувається з цитрусових, має білий колір і може бути пофарбована натуральними барвниками. Помаранчеве волокно можна змішувати з бавовною або шовком для отримання попліну або атласного матеріалу, а також можна змішувати з волокнами еластану або ананаса. Текстильні матеріали з помаранчевого волокна можна фарбувати і прати, як і будь-який інший звичайний текстильний матеріал [38-40]. Помаранчева тканина використовується такими дизайнерами і брендами, як Salvatore Ferragamo, E. Marrinela і H&M [39].

- Текстильний матеріал з банану – Bananatex

Bananatex – це тканий текстильний матеріал, який виготовляється на Філіппінах у формі бананового заводу Абака. Бананова рослина абака росте без пестицидів. Компанія Bananatex була розроблена швейцарським брендом сумок і новаторами в області матеріалів QWSTION [1]. Його можна збирати один раз на рік і повністю відновлювати протягом одного року. Перший етап - «пасинкування»: зрізання листя, потім «перевертання» стебел. Натуральне добриво створюється шляхом природного розкладання листя. Зачистка обробляється в місці збирання, а волокна «розчісують», щоб відокремити їх один від одного. Волокна сушаться на повітрі, а потім сортуються за кольором і нюансом, що робить цей процес стійким. Висушені волокна варяться і пресуються в листи, що нагадують картон. Потім листи Абаса замочують у воді, щоб зробити волокна, після чого листи розрізають на смуги та скручують, щоб створити волокно. Отриману пряжу потім вплітають в тканину [41].

Текстильний матеріал з рослини банана дуже міцний, довговічний і легкий, з хорошою повітропроникністю і водопоглинанням. Він має гладке та характерне відчуття в руці. Хімічний склад бананів багатий на целюлозу та лігнін, але нижчий вміст волокон у бананах порівняно з коноплями призводить до зниження м'якості, а високий вміст лігніну призводить до гіршої прядильності [41].

Bananatex використовується для виробництва аксесуарів, таких як сумки, гаманці, сумки, взуття, меблів. Дизайнери та бренди використовують цей екологічний матеріал, і деякі з них: H&M, Stella McCartney, Inuikii, Charlota Aman та інші [41].



Рис 1.5 Вироби з текстильного матеріал Bananatex

- Текстильний матеріал з ананасу – Pinatex

Нетканий текстильний матеріал Pinatex з листя ананаса був створений з метою замінити сировину на основі викопних решток і тварин. Pinatex виготовляють з відходів сільського господарства, з волокна листя ананаса [42].

Після збору плодів ананаса, листя ананаса піддаються сортуванню і вилученню з нього волокон за допомогою напівавтоматичних машин. Сушіння проводиться природним шляхом на сонці або під час сезону дощів у сушильних шафах. Сухі волокна проходять процес очищення, щоб видалити будь-які забруднення. Волокно листя ананаса змішується з полімолочною кислотою на основі кукурудзи (PLA) і піддається механічному процесу для створення Pinafelt, нетканої сітки, яка є основою матеріалів Pinatex. Залежно від кінцевого продукту, Pinafelt фарбується з використанням сертифікованих пігментів і

смоли верхнього покриття GOTS з метою досягнення додаткової міцності, довговічності та водостійкості. Для металевого зовнішнього вигляду використовується PU трансферне покриття [42].

Це дає можливість для побудови масштабованої комерційної галузі для розвитку фермерських громад з мінімальним впливом на навколишнє середовище [42].

Екологічність текстильного матеріалу Pinatex відображається в тому, що сировина для його виробництва отримується з відходів виробництва, а це означає, що для виробництва йому не потрібна додаткова земля, вода або пестициди. Використання листя для виробництва текстильного матеріалу запобігає їх спалюванню, що знижує викиди CO₂ в атмосферу [42].

За результатами експериментів, проведених М. Майером, С. Дітріхом, Х. Шу і А. Мондшеном, ми можемо побачити, що шкіра Pinatex має більш низьку міцність на розрив і стійкість до розриву, але поглинання водяної пари і паропроникність аналогічні шкірі [43].

Текстильний матеріал Pinatex знаходить своє застосування для взуття, сумок, пальто, аксесуарів. Все більше дизайнерів і брендів використовують цей екологічний матеріал, і деякі з них: H&M, Hugo Boss, Mariam Al Sabai, Esere Vegano, Altiir, Guo Pei. Пінекс знаходить застосування і в меблюванні [43].

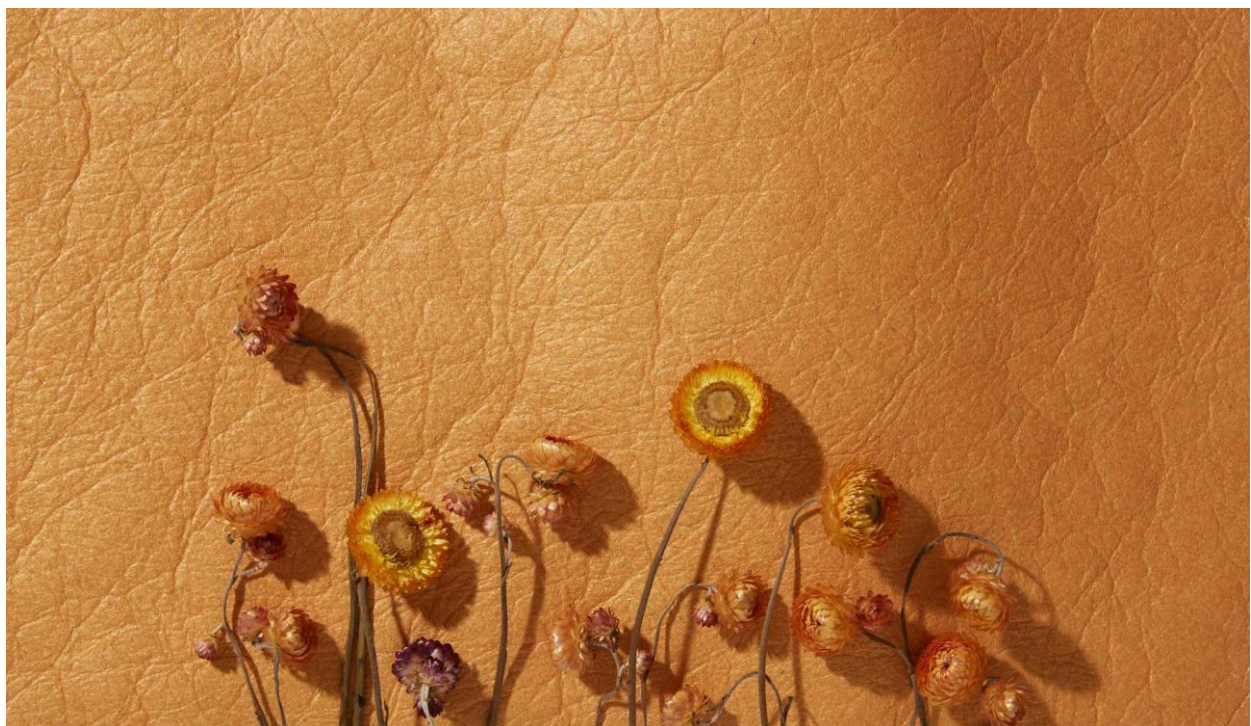


Рис 1.6 Нетканый матеріал Pinatex, отриманий з листя ананасу

- Текстильний матеріал з яблука – AppleSkin

Apple Leather або AppleSkin - це шкіра на основі фруктів, отримана з відходів яблук і розроблена італійською компанією Frumat. Враховуючи, що виробники фруктів залишають близько 40% свого врожаю на полях, оскільки він не відповідає косметичним стандартам для супермаркетів, шкіра яблука є екологічним рішенням для екології, текстильної та харчової промисловості. Щоб виробляти свою продукцію, Frumat щомісяця вивозить приблизно 30 тонн яблучних відходів від місцевих компаній, які таким чином звільняються від витрат на утилізацію і навіть отримують оплату за відходи [44].

— це текстиль з покриттям з тонкими компактними шарами (PUR), спіненим шаром (PUR), наповненим органічними частинками, і текстильним носієм, просоченим PUR, матеріалом, виготовленим шляхом коагуляції. Після приготування яблучного соку м'якоть зазвичай викидають. Для виготовлення шкіри яблучні відходи з яблук, вирощених в Італії, висушують і подрібнюють в порошок. Цей порошок перетворюється на гнучке шкіряне полотно, яке потім поєднується з поліуретаном для створення веганської шкіри, яка схвалена PETA. Матеріал містить мінімум 50% яблучного волокна. Дублення веганської шкіри набагато чистіше і не так забруднює навколишнє середовище, як те, що використовується у звичайному виробництві шкіри, тому токсини, що використовуються в процесі дублення, зменшуються [44].

За результатами експериментів М. Майєра, С. Дітріха, Х. Шу і А. Мондшена ми бачимо, що AppleSkin має задовільну міцність на розрив і опір розриву, але поглинання водяної пари і паропроникність нижчі [43].

В даний час яблучна шкіра Frumat використовується в індустрії моди та меблів завдяки здатності продукту обробляти різні текстури. Більш м'яке волокно ідеально підходить для текстилю з безпосереднім застосуванням у швейній та швейній промисловості. Більш міцна і товста версія альтернативи штучної шкіри, виготовлена на 50% з переробленого волокна яблука і на 50% з

поліуретану (звідси і назва PU), в даний час використовується для взуття і предметів багажу, а також для меблів і оббивки [44]. Бренди, які



використовують шкіру яблука, тобто шкіру яблука, це Happy Genie, Verrah, Luxtra London та ін [44].

а)

б)

Рис 1.7 а) Рюкзак виготовлений із матеріалу AppleSkin б) Текстильний матеріал AppleSkin, отриманий зі шкірки яблук

- Текстильний матеріал виготовлений з манго

Манго росте практично у всіх тропічних і субтропічних регіонах світу і щорічно виробляється близько 27 мільйонів тонн цього фрукта. Тільки Бразилія виробляє близько 5% споживаного манго, будучи одним з восьми найбільших виробників у світі. Плід манго, який не можна продати на ринку, можна перетворити на шкіру манго. Харчові відходи манго часто виникають, коли споживач купує занадто багато або тому, що роздрібні торговці відмовляються від їжі через її непривабливий зовнішній вигляд. Переробкою манго в шкірку манго займається компанія Fruit leather з Роттердама [45].

Шкіра манго виготовляється з м'якоті манго. Першим етапом обробки шкіри є виготовлення м'якоті з плодів манго з додаванням добавок. Після етапу

натирання і покриття смолами шкіру манго можна використовувати для виготовлення модних виробів. Тип манго впливає на колір шкіри. Пальмер манго дає коричневий колір, тоді як манго Кейтт дає більш чорний колір. При машинному тисненні шкіра манго може мати різну текстуру на своїй поверхні [45].

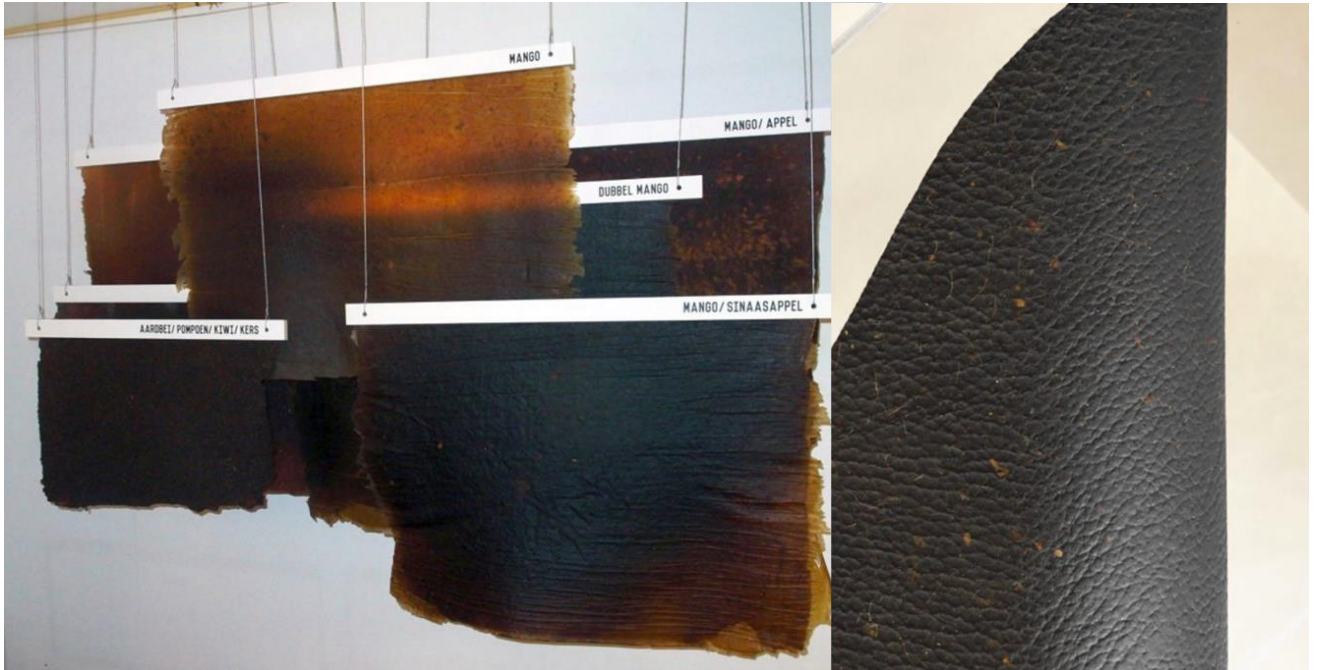


Рис 1.7 Шкіра манго від компанії Fruithleather

Екологічність шкіри манго відображається в тому, що сировина для її виробництва отримується з відходів виробництва, а це означає, що для виробництва не потрібна додаткова земля, вода або пестициди [45]. Крім того, шкіра – це матеріал, з якого можна виготовляти взуття, модні аксесуари, оббивку, меблі тощо [45].

- Текстильний матеріал з винограду – Vegea

Vegea є інноваційним матеріалом, що характеризується високим вмістом рослинної, відновлюваної та переробленої сировини: залишків винограду від виноробства, рослинних олій та натуральних волокон із сільського господарства [46].

Його також називають «винною шкірою» або «виноградною шкірою», при його виготовленні не витрачається вода і використовується модифіковане існуюче обладнання для перетворення того, що в іншому випадку створило б вуглекислий газ при спалюванні. Враховуючи, що щороку у світі виробляється 26 мільярдів літрів вина, потенціал для перетворення відходів у великих кількостях величезний. Її сталість відображається у використанні відновлюваних ресурсів як альтернативи синтетичним текстильним матеріалам. Він може бути виготовлений в різних рішеннях, з різними технічними та естетичними властивостями, такими як товщина, обробка, текстура і колір [46].

За результатами експериментів, проведених М. Майєром, С. Дітріхом, Х. Шу і А. Мондшеном, ми можемо побачити, що виноградна шкіра має задовільну міцність на розрив і стійкість до розриву, але поглинання водяної пари і проникність водяної пари трохи нижче, ніж у випадку зі шкіркою яблук [46].



Рис 1.8 Матеріал Vegea, отриманий з винограду

1.4. Висновки до розділу

Останнім часом зростаючі потреби споживачів у споживанні без вина та питань проблеми екології призвели до того, що етичне споживання позиціонує себе як соціальний тренд, що підвищує інтерес до веганської моди разом зі збільшенням вегетаріанського населення.

Вже існує багато брендів, які розробляють альтернативні матеріали без тварин, а також все частіше використовують екологічно чисті органічні матеріали, щоб мінімізувати ресурси, що витрачаються в процесі виробництва, і зменшити забруднення навколишнього середовища. Вони представляють і випускають веганські модні продукти у співпраці з веганськими модельєрами або відомими дизайнерами модних брендів високого класу, а також розробляють і виробляють продукти з переробленим дизайном, збираючи відходи одягу. Також виготовлення етичних продуктів сприяє побудові стійкого ланцюжка поставок моди з організаціями, постачальниками та виробниками, які дотримуються стійких цінностей. Проводяться кампанії про поводження з тваринами у співпраці з групами захисту тварин та зоозахисними організаціями та намагаються виконувати свої обов'язки щодо забруднення довкілля.

Соціальні цінності веганської моди полягають в наступному. По-перше, бренди реалізують економіку замкненого циклу за допомогою циркуляційної структури, що включає переробку, щоб мінімізувати вплив на навколишнє середовище протягом усього процесу, від вибору ресурсів і виробництва до утилізації відходів. По-друге, вони створюють спільні цінності, які сприяють суспільним інтересам, поєднуючи свою економічну діяльність, наголошуючи на тому, що споживання продукту передбачає участь у етичному та сталому споживанні. По-третє, вони не лише просувають веганську моду, співпрацюючи з люксовими брендами або веганськими модельєрами та створюючи ефект хвилі серед громадськості, але й проводячи кампанії, які залучають споживачів шляхом співпраці з музикантами та художниками, тим самим створюючи спільну екосистему.

Загальна веганська мода зосереджена на розробці модних продуктів з підробленого хутра або штучної шкіри, і існує низький рівень розуміння веганських модних продуктів через невелику кількість вегетаріанського населення та недостатню обізнаність про добробут тварин. Однак, зі зростанням інтересу до етичного споживання, веганська мода може бути представлена та розширена як нова альтернатива в індустрії моди, а не лише як тимчасовий тренд.

Незважаючи на всі плюси, збір даних з літератури про інноваційні альтернативи шкірі є складним через відсутність інформації в академічних колах і секретність компаній, що працюють над цими матеріалами. Використання різних методів випробувань також ускладнює порівняння знайдених механічних властивостей.

Крім того, знайдені джерела не завжди дають абсолютно неупереджену точку зору. На веб-сайтах брендів механічні властивості матеріалу порівнюються з властивостями шкіри великої рогатої худоби. Однак значення, наведені для шкіри великої рогатої худоби, значно нижчі, ніж значення шкіри великої рогатої худоби, що зустрічаються в літературі.

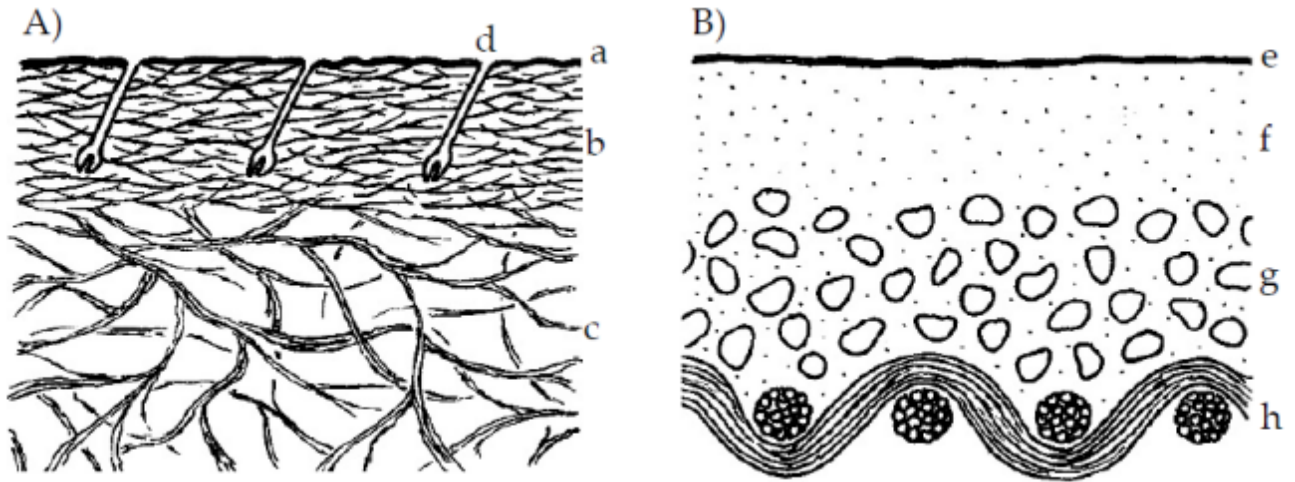
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИКОПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ З ПИТАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНОВАЦІЙНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВЗУТТЯ

2.1. Класифікація матеріалів на рослинній основі придатних для використання у виробництві взуття

Економіка замкнутого циклу спрямована на повторне використання спожитих матеріалів, і в ідеалі цикли виробництва замикаються за принципом «від колиски до колиски» [47,48]. «На біологічній основі» означає використання біогенної сировини для виробництва різноманітних продуктів замість викопного газу, вугілля або нафти як частина біоекономіки. Нарешті, «біорозкладаний» означає, що матеріал може розкладатися в навколишньому середовищі під дією мікроорганізмів і фізико-хімічного впливу. Останнім часом у суспільствах країн Глобальної Півночі відбулися сильні зміни у менталітеті через дискусії про зміну клімату, обмеженість ресурсів, надмірне використання екосистем та забруднення довкілля речовинами, що не розкладаються або шкідливими речовинами. Це особливо впливає на індустрію споживчих товарів, і розробники нових матеріалів прагнуть замінити полімери на основі викопних корисних копалин біогенними та повністю біорозкладаними матеріалами, не містячи при цьому тварин і не використовуючи жодних шкідливих речовин. В ідеалі нові матеріали виготовляються з побутових відходів, тирси або органічного сміття [49–51].

Шкіра – це матеріал на біологічній основі, традиція якого майже така ж давня, як і людство. Протягом століть він використовувався як міцний і довговічний матеріал з широким спектром властивостей матеріалів. Шкіру використовували як захисний і декоративний одяг для спортивних товарів і як технічний матеріал, наприклад, для трансмісійних ременів, ковшів або як бурдюк. До середини 19 століття шкіра займала проміжок у властивостях гнучкого матеріалу, крім каменю, металу і дерева як твердих матеріалів і різних текстильних виробів, які не були водонепроникними. Обробка дозволила налаштувати властивості шкіри від вигляду, схожого на тверду дошку, наприклад, як підошва шкіри, до дуже м'якої на дотик текстильної шкіри,

схожої на рукавички. Для виготовлення взуття шкіру роблять гідрофобною, а так як відмивають шкіру, вона вбирає багато рідини. Основною структурою є шкіра тварини, яку можна охарактеризувати як нетканий матеріал з різними



градієнтами щільності в зерновому, сосочковому і сітчастому шарі (рис. 2.1 А).

Рис 2.1 А) Структура натуральної шкіри; 2) Структура штучної шкіри

В ході індустріалізації були винайдені альтернативні матеріали, перш за все масляний одяг з текстилю (льону, бавовни), який вимочували або покривали вареною лляною олією і додавали наповнювачі, сикативні речовини і пігменти [52]. Наступний рівень покриття текстильних виробів був досягнутий за рахунок використання натурального каучуку, але тільки відкриття вулканізації призвело до появи не липких плівок [53]. Все більше і більше нових матеріалів з'являлося з винаходом додаткових синтетичних полімерів, що дозволило замінити шкіру в багатьох сферах застосування. Синтетичні полімери дозволили отримати індивідуальні та високоефективні рішення, які значно перевершили шкіру для технічного застосування в зубчастих колесах, конвеєрних стрічках або суднах. Альтернативи також були розроблені в дизайнерських додатках, таких як оббивка, взуття та одяг. Найчастіше, він спрямований на імітацію шкіри цими матеріалами.

Шкіра демонструє ряд унікальних властивостей, які високо цінуються для таких цілей, як міцність і еластичність, паропроникність, стійкість до стирання,

довговічність і довговічність. У минулому синтетичні матеріали, що конкурують зі шкірою, тріумфували завдяки нижчим цінам, вони часто легше піддаються обробці і можуть бути виготовлені як безперервний матеріал відповідно до промислових потреб на виробничих лініях від рулону до рулону. Однак шкіра як і раніше популярна завдяки своїм корисним властивостям, натуральному зовнішньому вигляду і нотці благородного матеріалу.

Синтетичні альтернативи зазвичай складаються з текстильної основи, покритої двома або більше синтетичними полімерними шарами (рис. 2.1 В). В даний час часто використовуються поліефірні тканини з покриттям з ПВХ або поліуретанових плівок, що робить їх повністю викопним матеріалом. Поверхнева оптика може бути виконана під шкіру шляхом тиснення зернистої структури. Для опису цих матеріалів на ринку використовується багато різних термінів, наприклад, штучна шкіра, синтетична шкіра, шкірозамінник, штучна шкіра, штучна шкіра, штучна шкіра, штучна шкіра, склеєна шкіра, шкіра, текстильна шкіра або поліуретанова (PU)-шкіра. Між тим, використання цих термінів обмежене європейським стандартом EN 15987. Тут ми будемо використовувати термін «штучна шкіра» для опису синтетичних матеріалів, що імітують оптичний вигляд шкіри.

Останніми роками занепокоєння щодо сталого розвитку в будь-якій галузі промислового виробництва призвело до термінового обґрунтування використання природних матеріалів та заміни невідновлюваної сировини на основі викопного палива. Незважаючи на те, що шкіра має біоічну основу та відновлювальну енергію, ці міркування не призвели до відродження шкіри. Натомість шкіра опинилася під ще більшим тиском через триваючі дискусії щодо викидів парникових газів у тваринництві, сталості виробництва шкіри та добробуту тварин. У той же час все більша кількість людей хоче свідомо харчуватися без м'яса або обходитися без нього продукти тваринного походження цілком. Всі ці потреби ставлять нові виклики в культурі та матеріальному розвитку [49].

Одна зі стратегій спрямована на розробку альтернативних природних волокнистих матеріалів, вільних від тварин. Цим матеріалом є трама, сипучий

матеріал деяких плодових тіл грибів (наприклад, *Fomes fomentarius*, *Phellinus ellipsoideus*). Надзвичайна м'якість сухого міцелію робить його цінним матеріалом для чашок і аксесуарів ручної роботи, і вже Крижана людина використовувала його як матеріал у поєднанні зі шкірою [54,55]. Мускін® є прикладом цього матеріалу. У зв'язку зі складним урожаєм, обмеженою доступністю згаданих грибів та обмеженими площами, які можна отримати, здається, що вони далеко не в змозі замінити шкіру.

Подальші нові шляхи прокладаються завдяки використанню біотехнологічних процесів для виробництва матеріалів на основі волокон. А саме, гриби та симбіоз бактерій та дріжджів використовуються для отримання волокнистих сіток, спрямованих на імітацію волокнистої структури, схожої на шкіру тварини, як окремі матеріали або як опора для шару покриття. Мережі мікроцелюлозних волокон утворюються бактеріями (наприклад, *Acetobacter xylinum*), мережі волокон міцелію гіф грибів складаються з хітину, целюлози та протеогліканів [51,56,57]. Ці міцелії ростуть на органічних відходах [57,58].

У другій стратегії намагаються зменшити невідновлюваний вміст штучної шкіри шляхом заміни частин синтетичного компонента полівінілхлориду (ПВХ) або поліуретану (PUR) синтетичних покриттів продуктами, отриманими з сільськогосподарських відходів, як наповнювачем, такими як зерно, яблучні вичавки (Vegea®, Appleskin®) або подрібнене листя кактуса (Desserto®).

Третій спосіб заміни всієї сировини на основі викопного палива в текстилі з покриттям був досліджений в Pinatex®. Поновлювані волокна листя ананаса переробляють в неткану основу, покриту полімолочною кислотою (PLA), виробленою з кукурудзяного крохмалю [59].

Незалежно від типу матеріалу, це може бути шкіра, штучна шкіра або модна альтернатива, зазвичай визначається пара фізико-механічних меж, яких потрібно досягти. Ці межі повинні бути оцінені щодо напружень, пов'язаних з виробництвом, обробкою та використанням матеріалів. Як правило, іспити для кваліфікації матеріалів та кількісної оцінки їх властивостей повинні проводитися відповідно до стандартизованих процедур випробувань.

Тут ми представляємо порівняльне дослідження шкіри та альтернативних матеріалів, які використовуються для подібних кінцевих застосувань, зосереджене на структурі матеріалу, фізичних та механічних характеристиках. Крім того, матеріали були перевірені на наявність небезпечних речовин за допомогою встановлених стандартизованих методів випробувань щодо застосування взуття, рукавичок та одягу. Матеріали, призначені для автомобілів і оббивки, явно не включені в це дослідження, оскільки вони повинні відповідати багатьом кращим специфікаціям.

Ми зосередилися на матеріальних показниках. Інші важливі аспекти, такі як походження сировини (відновлюваної або на нафтовій основі), вуглецевий слід, вплив на навколишнє середовище, простежуваність та здатність до біологічного розкладання, не розглядаються в цьому дослідженні. Альтернативні матеріали різних джерел були протестовані в порівнянні зі звичайною шкірою верху взуття як еталоном і звичайним текстилем з поліуретановим покриттям (штучна шкіра), що використовується для взуття як другий еталон. Всі матеріали є у продажу і вже були застосовані в різних видах кінцевої продукції. Матеріали були випробувані відповідно до відповідних гармонізованих та прийнятих на міжнародному рівні специфікацій для взуття, рукавичок та швейних виробів [60-62].

2.2. Порівняння технічних характеристик альтернативної та натуральної шкіри

За допомогою світлової мікроскопії було досліджено дев'ять матеріалів, які пропонуються як альтернатива шкірі та представляють різні основні структури; виміряно їх фізичні властивості та проаналізовано хімічний склад (табл. 2.1). Зареєстровані торгові марки вказані в таблиці. Крім того, було протестовано верх взуття та текстиль з поліуретановим покриттям як штучну шкіру. Зразок Ноані® був отриманий у вигляді пояса, що складається з декількох матеріалів, які були об'єднані шляхом пошиття.

Фізична характеристика включала стандартизовані вимірювання товщини, міцності на розрив, міцності на розрив, опору згинанню, поглинання водяної пари та водяної пари проникність [63-68]. Поперечні зрізи, поверхні та

зворотна сторона матеріалів зображувалися за допомогою світлової мікроскопії з різним збільшенням. Хімічну структуру та добавки досліджували за допомогою FTIR (інфрачервона спектроскопія з перетворенням Фур'є) та термічної десорбції GC/MS (газова хроматографія/мас-спектроскопія). Спектри FTIR були виміряні за допомогою методу алмазного ATR (attenuated total reflection) за допомогою 16 сканувань у діапазоні 4000–650 см⁻¹. Оцінка спектрів проводилася на основі власних і різних комерційних баз даних. Леткі та шкідливі речовини вимірювали відповідно до VDA 278 [69] (VDA — Verband der Automobilindustrie, Німеччина). Всього від 5 мг до 10 мг матеріалу нагрівали до 120 °C протягом 60 хв, а всі леткі сполуки збирали з випаровування шляхом охолодження рідким азотом до мінус 100 °C. Речовини випаровували з пастки протягом 5 хв при 280 °C, розділяли і характеризували ГХ/МС (ГХ: 50 °C протягом 2 хв, 25 К/хв до 160 °C, 10 К/хв до 280, 10 хв при 280 °C, колонка Ultra 2 (5% феніл-метилсилоксану), 50 м × 320 мкм × 0,52 мкм, витрата 1,3 мл/хв постійний тиск, МС: 29–450 м/з).

Таблиця 2.1

Зразки інноваційних альтернативних матеріалів та їх склад

Name	Color	Composition (from Top to Backside)
Shoe-upper leather	brown	Full-grain bovine leather; typical leather structure; finished with a very thin topcoat
Muskin [®]	brown	Finely fibrous, porous, and naturally grown material in a single layer; natural fibers based on polysaccharides; without any coating or textile backing
Kombucha	brown	Dense compact material based on polysaccharides, contains talcum, some heterogeneous inclusions of unclear origin
PUR coated textile	grey	Coated textile with thin compact topcoat (PUR), a layer underneath (PUR) filled with heterogeneous particles made of modified cellulose and a textile carrier based on polyester, material made by coagulation process
Desserto [®]	beige	Coated textile with a compact layer (PUR) and partially foamed layer (PUR) filled with heterogeneous particles of organic origin, textile carrier based on polyester, material made by a reverse coating process
Appleskin [®]	black	Coated textile with thin compact layers (PUR), a foamed layer (PUR) filled with organic particles and a PUR impregnated textile carrier, material made by coagulation process
Vegea [®]	black	Coated textile with a compact layer (PUR), a partially foamed layer (PUR) filled with some particles, and a cellulose-based textile carrier
Teak Leaf [®]	russet	Coated and laminated leaves, topcoat: a transparent film based on polyolefin wax, leaves, lamination on back of leaves with two non-woven textile layers (light brown–cellulose-based fibers with acrylate-based binder and white-polypropylene fibers)
Pinatex [®]	black	Non-woven material made of cellulose-based natural fibers, coated with a thin polymeric layer (similar to polyurethane acrylate)
SnapPap [®]	brown	Dense single layer material with a non-woven structure made of cellulosic fibers and impregnated with acrylate-based polymer
Noani [®]	mixed	Composite material made up of three individual main layers: Upper layer polyester microfiber material, core layer leather fiberboard, backside layer coated textile with a compact layer (PUR), a foamed layer PVC, and a textile carrier

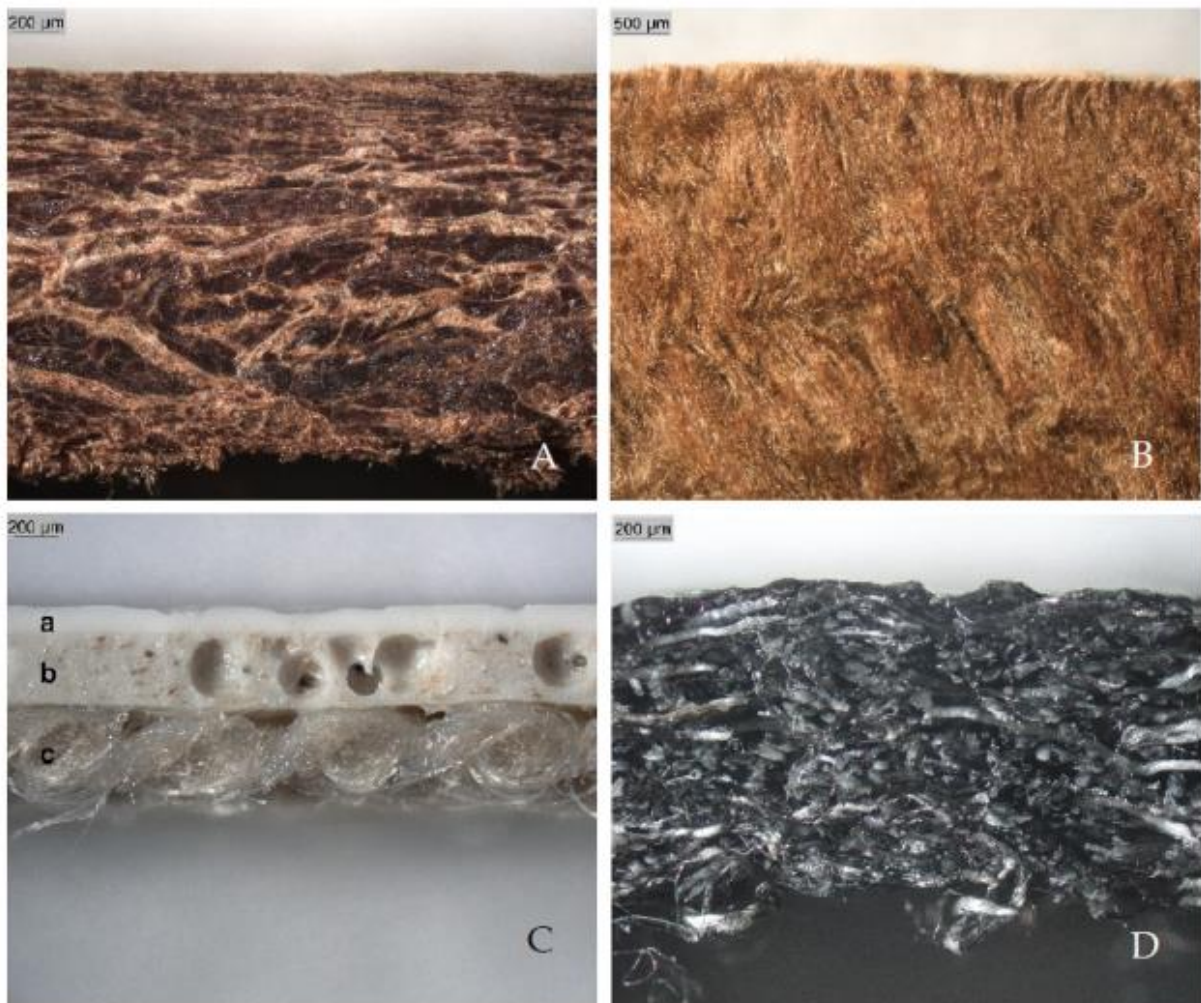
Для оцінювання 10 добре навчених учасників дискусії оцінювали матеріали, щоб оцінити дотик і відчуття. Жодна суттєва інформація, пов'язана з цим, не була надана їм заздалегідь під час оцінювання. Матеріали були представлені учасникам дискусії завжди в одному і тому ж порядку, або шляхом укладання безпосередньо на дошку столу, або розміщення на м'якій пінополіуретановій піні товщиною 4 мм. Поверхні матеріалів торкалися наосліп без будь-якого розтягування або складання. На дотик і відчуття всіх матеріалів були пов'язані зі шкірою — відчуття температури (тепліше або холодніше), деформація в z-напрямку (м'якше або твердіше), шорсткість, ковзання/блокування, приємне або неприємне, природне або штучне торкання, відчуття високої або низької якості.

Всі матеріали складаються з волокон. Однак хімічна конституція, розташування, розмір волокон і покриття підкоряються різним основним поняттям. Результати світломікроскопічних досліджень, термічного десорбційного аналізу та спектрів FTIR дозволяють ідентифікувати склад матеріалів (табл. 2.1).

Добірка мікроскопічних зображень поперечних перерізів, що представляють різні основні структури, показана на рисунку 2.2, а різні конструкції поверхні представлені на рисунку 2.3. Всі мікроскопічні зображення додаються у високій роздільній здатності в додатках, а також є прикладом спектра FTIR Desserto®, матеріалу з поліуретановим покриттям (див. Додаткові матеріали).

Структури Desserto® (рис. 2.2 А), Vegea® та Appleskin® відображають типовий склад штучної шкіри з поліуретановим покриттям, яка використовується, наприклад, для взуття або оббивки. Опорою досліджених зразків служили в'язані або ткані тканини з поліестеру, за винятком текстилю Vegea®, який був виготовлений з целюлози. Текстиль був покритий середніми шарами на основі спіненого поліуретану, що містять органічні наповнювачі на основі целюлози. Матеріали оброблені фінішними покриттями на полімерній основі. Поверхні матеріалів були частково тиснені для досягнення оптики,

схожої на шкіру, і для коригування тактильного ритму (рис. 2.3 Е–Н). Навіть® лист тика відноситься до категорії структурного текстилю з покриттям. Тут текстильна опора зі зворотного боку побудована двома нетканими шарами. Середній шар виготовлений на основі целюлози, волокна склеєні між собою полімерним сполучною речовиною на основі акрилової кислоти, а основна опора зі зворотного боку – на основі поліестеру. Зверху матеріал Teak Leaf® покритий прозорою восковою поліолефіновою плівкою. Лист тика в основному



задовольняє бажані оптичні потреби (рис. 2.3 D).

Рис 2.2 А) Натуральної шкіра; В) Матеріал із структурою природного волокна (Muskin®); С) текстилю з покриттям (приклад Desserto®); D) матеріал із натуральних волокон (приклад Pinatex®)

Pinatex® (рис. 2.2 D) і SnapPap® складаються з волокнистого нетканого матеріалу на основі целюлози. Волокна SnapPap® скріплені полімерним

сполучною речовиною на основі акрилової кислоти. На противагу цьому, досліджуваний зразок Пінатекса® покритий тонким полімерним шаром. Волокнисті структури нетканого полотна обох матеріалів видно на поверхні за рахунок тонкого шару покриття (рис 2.3 I, K).

Мускін® (рис 2.2 B) і чайний гриб - це одношарові матеріали без будь-якої текстильної підтримки і без фінішного покриття. Обидва складаються з полісахаридів. Мускін® виглядає дуже пористим, складається з тонких коричневих волокон з орієнтацією волокон, перпендикулярних поверхні. Ці волокна виглядають на поверхні у вигляді тонкої галявини без чіткої структури (рис 2.3 B). На відміну від неї, чайний гриб складається з одного компактного шару, який містить деякі включення і тальк і має глянсову коричневу поверхню (рис. 2.3 C).



Рис 2.3 Поверхні досліджуваних матеріалів: A) Природний матеріал (шкіра); B), Muskin®; C) чайний гриб; D) Teak Leaf®; E) рельєфні поверхні текстилю з покриттям; F) Desserto®; G) Appleskin®; H) Vegea®; I) волокнисті структури з нетканих натуральних волокон (Pinatex®); K) SnapPap®; L) матеріал з мікрОВОлокна (Noani®)

З'ясувалося, що Ноані® не був єдиним матеріалом, а був створений з трьох окремих шарів. Верх утворений тисненим матеріалом з мікрофібри, середній шар складається зі шкіряного картонного матеріалу, а тильна сторона – текстиль з поліуретановим / ПВХ-покриттям, який складається з трьох шарів, характерних для звичайної штучної шкіри. Використання матеріалу шкіряної дошки викликає подив, адже Ноані® називають веганським продуктом, а на матеріалі вибита етикетка «PETA approved». У зв'язку з цим, а також з огляду на те, що зразок Ноані® не представляє жодного матеріалу, він не буде додатково обговорюватися щодо структурних категорій. Незалежно від фактичного складу, всі інженерні матеріали намагаються імітувати природний вигляд (рис 2.3).

Поверхня Musskin® і верхній матеріал Ноані® приємні на дотик. Завдяки наявності дуже тонких волокон обидва матеріали створюють оксамитове відчуття, схоже на замшеву шкіру. Матеріали з синтетичними поверхнями, як у штучних шкірах (Desserto®, Appleskin®, Vegea®, текстиль з PUR-покриттям), виявляють м'якість на дотик і можуть деформуватися в z-напрямку. Однак на дотик ці матеріали з'являється штучно з липкою тенденцією. Поверхня Pinatex® і Teak Leaf® також здається синтетичною. Крім того, Desserto®, Pinatex® і SnapPap® оцінюються як грубі на дотик. Поверхня чайного гриба виявилася липкою.

Товщину матеріалів визначали шляхом обстеження підготовлених мікроскопічних перерізів. Встановлено, що загальна товщина всіх матеріалів коливається від 0,29 мм до 6,22 мм, що також показує різноманітність типів матеріалів (табл. 2.2). Товщина шкіри, текстиль з поліуретановим покриттям і модні альтернативи Desserto®, Appleskin®, Vegea® і Pinatex® знаходяться в типовому діапазоні матеріалів, що використовуються для взуття, рукавичок і одягу. Матеріали Kombucha, SnapPap® і Teak Leaf® виглядають дуже тонкими і, навпаки, Muskin® дуже товстий для згаданих застосувань. Як наслідок, вже за результатами вимірювань товщини можна було очікувати значних відмінностей у властивостях матеріалу, наприклад, у деформаційних властивостях.

Фізичні властивості

Physical Properties		Thickness	Tensile Strength	Tear Res.	WVP	WVA	Flex Res.
		ISO 17186-A	ISO 3376	ISO 3377-1	ISO 14268	ISO 17229	ISO 32100
		(mm)	(N/mm ²)	(N/mm)	(mg/(cm ² × h))	mg/cm ²	Flex Cycles to Grade ≥ 2
Naturally grown material	Leather	1.93	39.5	82.9	4.6	8.4	>200,000
	Muskin®	6.22	0.2	0.5	10.4	6.0	10,000
	Kombucha	0.29	9.7	5.1	0.1	9.2	10,000
Coated textile	PUR coat text.	1.37	10.2	17	1.1	1.4	200,000
	Desserto®	0.88	20.8	37.2	0.5	2.5	30,000
	Appleskin®	1.14	14	18.4	0.4	1.7	50,000
	Vegea®	0.95	9.4	16.6	0.6	3.0	50,000
	Teak Leaf®	0.57	12.2	30.7	0.1	0.1	100
Non-wovens of plant fibers	Pinatex®	1.43	4.5	31	2.5	3.8	150,000
	SnapPap®	0.57	24.9	7.5	10.3	3.7	5,000

(WVP: water vapor permeability; WVA: water vapor absorption; Tear Res: tear resistance).

Найважливішими механічними властивостями матеріалів, що використовуються для взуття, рукавичок і швейних виробів, є міцність на розрив і міцність на розрив [63,64]. Результати за обома параметрами варіюються в дуже широкому діапазоні, тоді як категорія природно вирощених тканин показує найширший діапазон.

Шкіра як вирощена тканина шкіри демонструє дуже високу механічну стабільність (міцність на розрив, міцність на розрив), що є найвищим значенням міцності на розрив і міцності на розрив у цьому дослідженні. Міцність на розрив перевищує специфікацію >15 Н/мм² для хромованої дубленої верхньої шкіри для взуття (ISO 20942) [60]. На противагу цьому, значення проби Мускіна® вкрай низькі.

Текстиль з покриттям демонструє міцність на розрив від 9 до 20 Н/мм². Міцність текстилю з покриттям залежить в основному від властивостей підтримуючої тканини. Результати свідчать про розумний вибір тканини для передбачуваного використання цих інженерних матеріалів, незалежно від природного або штучного походження волокон тканини.

Міцність на розрив нетканих матеріалів з натуральних рослинних волокон коливається від 4 до 25 Н/мм². Міцність залежить від властивостей волокон і їх з'єднання. Незважаючи на задовільну міцність на розрив, стійкість

SnapPap® до розриву низька через коротку довжину волокна, яку не може використовувати полімерне сполучна речовина. За винятком нетканих матеріалів, міцність на розрив слідує тій же тенденції, що і міцність на розрив.

Матеріали для взуття повинні чинити опір інтенсивному згинанню і опуклої і увігнутої деформації в процесі використання. Тест на флексометрії використовується для оцінки тривалого опору згинанню. Клас 0 є найкращим рейтингом, який вказує на те, що сам матеріал і шари покриття не мають тріщин при згинанні. Для проходження цього тесту зазвичай приймається оцінка ≤ 2 (лише дуже маленькі тріщини у верхньому шарі покриття). При дотриманні ступеня >2 згинання доводиться припинити і відзначити кількість циклів згинання. Шкіра, пінатекс® і текстиль з поліуретановим покриттям відповідають специфікації $>80\ 000$ циклів згинання відповідно до ISO 20942. Стійкість до згинання матеріалу Teak Leaf®, SnapPap® і Muskin® виявилася недостатньою для цільового застосування.

Приємний комфорт при носінні взуття, рукавичок або одягу пов'язаний з паропроникністю (WVP) матеріалу, що дозволяє транспортувати вологість тіла через матеріал одягу на його поверхню. Комфорт також підвищується за рахунок здатності матеріалів поглинати водяну пару. Комфортні межі паропроникності вказані в ISO 20942 як $\gg 0,8$ мг/(см² × год). Шкіра, мускін® і SnapPap® значно перевищують паропроникність, а Pinatex® і текстиль з поліуретановим покриттям все ще відповідають вимогам ISO 20942. WVP всіх інших матеріалів є недостатнім.

Поглинання водяної пари (WVA) чайного гриба, шкіри та мускіну® високе, ймовірно, через їх полярну природу природних полімерів. Інші матеріали, особливо ті, які містять значну кількість синтетичного полімеру з меншою полярністю, демонструють набагато нижчий поглинання водяної пари.

Матеріали досліджували на наявність потенційно небезпечних речовин за допомогою термічного десорбційного аналізу. У декількох зразках (Appleskin®, Pinatex®, Desserto®, Vegea®, SnapPap®, Teak Leaf®) було об'єднано синтетичну та біогенну сировину. Однак обробка сировини на основі вичокних

корисних копалин часто вимагає застосування розчинників, зшивачів або пластифікаторів для досягнення відповідних властивостей матеріалу.

Всі протестовані матеріали виділяють леткі органічні сполуки при нанесенні на процедуру термічного десорбційного скринінгу. Речовини обмеженого використання були виявлені в зразках текстилю з поліуретановим покриттям (еталон), аналогічно побудованих матеріалах Desserto®, Appleskin® і Vegea®, а також в Pinatex®. Текстиль з поліуретановим покриттям містив значну кількість диметилформаміду (DMFa) і толуолу, а також сліди N,N-диметилацетаміду. У Appleskin® були виявлені бутанон оксим і сліди DMFa. Desserto® містив п'ять речовин бутанон оксим, толуол, вільний ізоціанат, фолпет (органічний пестицид) і сліди пластифікатора діізобутилфталату (DIBP). Толуол був виявлений у зразку Vegea® та DIBP у зразку Pinatex®.

2.3. Дослідження конкурентоспроможності альтернативних матеріалів для верху взуття

Матеріали, які були протестовані в цьому дослідженні, використовуються для виробництва модних споживчих товарів, таких як взуття, сумки, одяг та аксесуари. У зв'язку з цим необхідно обговорити аспекти (1) функціональних властивостей і (2) зовнішнього вигляду. У той час як конструкція матеріалу в основному впливає на функціональні властивості, зовнішній вигляд помітно є результатом властивостей поверхні. Обидві групи властивостей варіювалися в дуже широкому масштабі, хоча матеріали пропонуються для схожих кінцевих застосувань. Аналіз складу, конструкції, поверхонь і відчуттів дозволив нам порівняти матеріали з точки зору їх можливих характеристик. З цією метою матеріали були досліджені за допомогою стандартизованих процедур тестування шкіри, оскільки матеріали пропонуються як альтернатива шкірі.

Виходячи зі структурного дизайну та щодо функціональних властивостей, досліджені зразки можна згрупувати в три абсолютно різні матеріальні концепції, а саме: (а) вирощені матеріали, що не містять тварин, (б) багатошарові тканини з покриттям для штучної шкіри в поєднанні з

рослинними добавками, і (в) неткані матеріали з поверхневою обробкою або без неї.

Як впливає з результатів аналізу FTIR, функціональні шари тканин з покриттям в основному виготовлені на основі PUR. На противагу цьому, повністю біологічні природні матеріали, досліджені в цьому дослідженні, не майже відповідали механічним вимогам, які очікувалися, наприклад, до матеріалів верху взуття. Виникає питання, чому матеріали без тварин (а), які безпосередньо виготовляються шляхом збереження вирощеної структури в поєднанні з більш-менш інтенсивною обробкою, показують лише погану механічну стійкість в порівнянні зі шкірою.

Отримані структури вирощених природних матеріалів призначені для альтернативи волокнистій структурі шкіри тварин [57,70,71]. Типовим представником є матеріал на основі гриба Мускін,[®] взятий з *Phellinus ellipsoideus*. На мікроскопічних знімках видно, що міцелій складається з гіф, які представляють структуроутворюючий компонент. Наші вимірювання показали в основному полісахариди як хімічні структури. Тому можна припустити, що хітин утворює гіфи. Спектр FTIR точно відповідає спектру інших досліджень [72]. Останні більш детально інтерпретували спектри, а також призначили білки, ліпіди та нуклеїнові кислоти. Однак механічна стійкість міцелію обмежена. Це може бути викликано обмеженою стабільністю самих гіф і обробленого міцелію, як показано в іншому місці [57,73]. На знімках поперечного перерізу видно, що волокна орієнтовані перпендикулярно поверхні. Це також призводить до поганої механічної стійкості. Імовірно, механічні показники можна було б поліпшити, якби волокна були вирівняні по напрямку механічного навантаження.

На противагу цьому, комбуча є традиційним японським напоєм, який готується шляхом симбіозу бактерій і дріжджів, що метаболізують цукру в органічні кислоти, етанол і вуглекислий газ. Паралельно бактерії (наприклад, *Acetobacter xylinum*) виділяють високомолекулярні полісахариди, які призводять до гелеподібної консистенції. Інтенсивно вирощувані мікроорганізми можуть бути зібрані, а виділені полімери використовуються в

якості біогенного структуроутворюючого матеріалу після етапу сушіння [56]. Механічна стабільність зразка матеріалу Комбуча була набагато вищою, ніж у Мускіна®, але також не відповідала вимогам до матеріалів верху взуття. У той час як мускін® має пухку та відкриту структуру, яка дозволяє водяній парі дифундувати через матеріал, комбуча дуже щільна, але вона поглинає більшу кількість води. Обидва матеріали на основі мікроорганізмів виглядають однорідними у своїх поперечних перерізах.

Сировина шкіри, шкіра тварини, складається з колагену - структуроутворюючого білка. Шкіра виготовляється з переплетених між собою волокон і волокон, які додатково зшиваються шкіряним дубленням. Волокниста структура шкіри демонструє градієнт щільності її матеріалу від волокна до зворотного боку. Завершальний шар зверху складається з дуже тонких і щільних колагенових волокон. Вирощена тканина шкіри демонструє дуже високу механічну стабільність (міцність на розрив, міцність на розрив), яка в 100–1000 разів вища, ніж у матеріалів на основі мікроорганізмів [51,56,57,71,72,74]. Міцність шкіри може бути пов'язана зі стабільністю самих колагенових волокон, а також з переплетенням і поперечними зв'язками між волокнами.

З біологічної точки зору гіфи мікроорганізмів і шкіра тварин виконують дуже різні завдання у відповідних організмах. Виконання природних матеріалів було узагальнено в минулому в сюжетах Ешбі. На малюнку 4 представлений вражаючий огляд декількох різних природних матеріалів і їх механічних меж [75]. Природні гнучкі матеріали, що передають навантаження, мають щільність $\sim 1 \text{ Мг/м}^3$ і мають діапазон від 0,1 МПа до понад 1000 МПа (позначені червоним кольором). Міцність на розрив паренхіматозних тканин рослин низька (маркується синім кольором). Матеріали на основі колагену, такі як шкіра та сухожилля, виглядають дуже стабільними (червоний еліпс). Висока стійкість спостерігається і в структурах рослин, яким доводиться передавати навантаження (деревина, целюлозні волокна).

З цих міркувань можна зробити висновок, що вирощені природні матеріали будуть проявляти гнучкість і механічну пружність тільки при

використанні конструкцій, що передають навантаження. Шкіра тварин охоплює широкий набір цільових функцій. Він повинен захищати тіло протягом тривалого часу від механічного впливу, він гнучкий, щоб забезпечити рухливість, і часто йому доводиться регулювати температуру та водний баланс. Рослинні волокна повинні поглинати вагу рослини проти сили тяжіння і в напрямку навантаження.

На противагу цьому, тканиноподібні структури мікроорганізмів виглядають як паренхіматозні матеріали, в основі яких лежать волокнисті мережі, які в першу чергу пропонують активним клітинам матрицю для метаболізму (бактерії, гриби) і транспортування поживних речовин (гіфи). Тому вони з'являються внизу малюнка 4. Для подолання цих механічних недоліків було запропоновано стабілізувати волокнисту мережу Мускіна® за допомогою зшиваючих агентів [71,72], або регулювати м'якість матеріалів чайного гриба шляхом додавання пластифікуючих агентів [56]. Однак це суперечить багатомасштабній ідеї, варіації щільності і орієнтації волокон уздовж напрямку їх навантаження, що, мабуть, краще допомогло б подолати спостережувані обмеження.

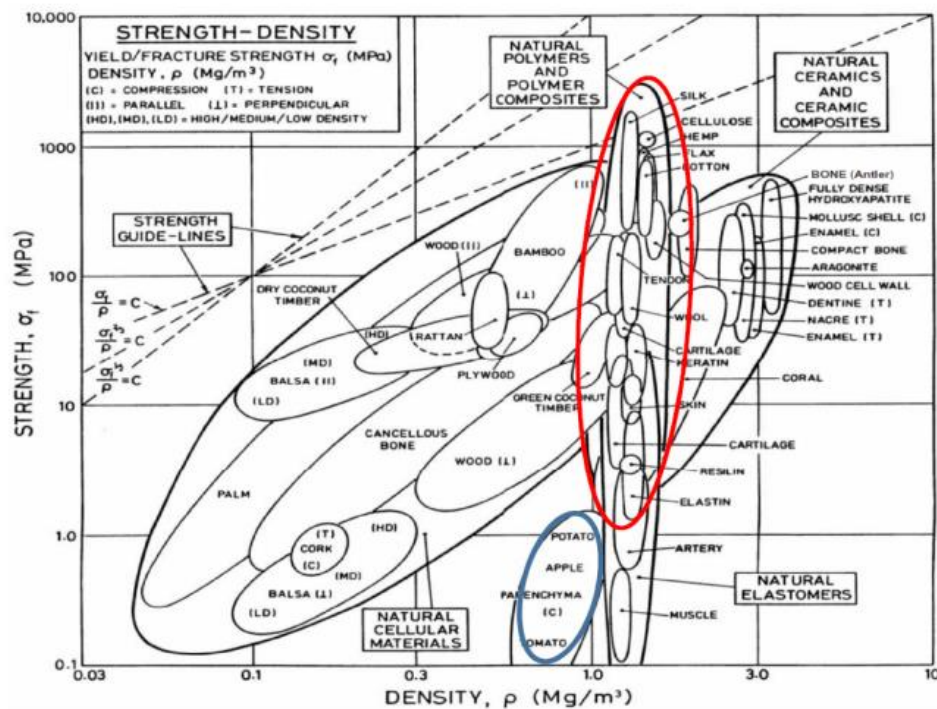


Рис 2.4 Діаграма властивостей матеріалу для природних матеріалів, графік залежності міцності від щільності

Друга концепція досягнення високофункціональних матеріалів, схожих на шкіру, з високим вмістом компонентів на біологічній основі базується на принципі штучної шкіри. Ці матеріали імітують структуру шкіри як багатошарового матеріалу. Функції можна розділити між текстильною підтримкою, яка повинна виконувати механічну функцію (міцність на розрив, міцність на розрив), середнім шаром, за допомогою якого регулюється відчуття та м'якість, і верхнім покриттям, яке набуває остаточного оптичного вигляду. Зерниста структура, схожа на структуру шкіри, в основному досягається шляхом тиснення. Тому для збільшення біогенної частини матеріалів ефективним буде заміна поліефірної опори на натуральні волокна. Як показано на рисунку 2.4, натуральні волокна можуть демонструвати відмінну механічну стабільність. Однак тільки Vegea® і Teak Leaf® використовують тканину на основі целюлози в якості підтримки. Вміст відновлюваних речовин у цих багатошарових матеріалах також може бути збільшено за рахунок заміни синтетичних полімерів у шарах покриття. Desserto® і Appleskin® дотримуються цього принципу. Частина PUR замінюється побічними продуктами сільського господарства, які використовуються в якості наповнювачів. Однак детальний аналіз походження природного компонента і його змісту по відношенню до основної маси матеріалу не представлявся можливим. Тим не менш, основна маса матеріалів залишається складатися з поліуретану. У випадку з тиковим листям® природний вигляд поверхні створюється шляхом надання природної листа, який покритий синтетичними восками. Однак через відсутність еластичного шару піни, який використовується в штучній шкірі, і його заміни листям рослини, стійкість до згинання ускладнюється і виглядає недостатньо відрегульованою з функціональної точки зору.

Третя стратегія – заміна шкіри матеріалами без тварин, для яких використовуються неткані матеріали рослинного походження. Текстильна опора з поліефіру на основі вичопного палива замінюється альтернативами натуральних волокон, такими як бавовна, льон тощо. В ідеалі тканина повинна бути оброблена полімером на біологічній основі. Pinatex®, наприклад,

виготовляється з волокон листя ананаса, які ретельно обробляються, перш ніж вони покриваються тонкою полімерною плівкою, яка може бути як на основі викопного палива, так і з відновлюваних ресурсів для покращення зручності використання. Pinatex® рекламує своє полімерне покриття як полілактид, який може бути виготовлений повністю на біологічній основі [59,76-78]. Однак наш аналіз показав принаймні чудовий вміст PUR/акрилату в обробці. Однак дуже тонке поверхнєве покриття не повністю покриває волокнистий нетканий матеріал, що призводить до твердої поверхні з волокнистим виглядом, яка витримує тест на гнучкість. Матеріал виглядає більш схожим на текстильний нетканий матеріал, а низьку механічну стійкість можна безпосередньо корелювати з низьким вмістом сполучної речовини в волокнах нетканої основи. В основі SnapPap® також лежать целюлозні волокна, але на відміну від Pinatex®, матрикс пов'язаний полімерами на основі акрилової кислоти. Обидва матеріали не імітують структуру шкіри і не виглядають як шкіряна поверхня. Тому їх скоріше слід оцінювати як текстиль з покриттям або просоченням, ніж як штучну шкіру або шкіряну альтернативу.

Рисунок 2.5 вражаюче показує продуктивність різних матеріалів у порівнянні з референсами. Альтернативні матеріали мають конкретні переваги, але жоден з матеріалів не поєднує в собі високу механічну міцність і стійкість до згинання з високою паропроникністю, як у випадку зі шкірою.

Поверхні матеріалів є їх «обличчям». Це вражаюче видно на прикладі застосованого листа в Teak Leaf®, який привертає увагу. Отримані структури виглядають оптично цікавими, але не виконують ту ж функцію, що і шар пінопласту в текстилі з інженерним покриттям. Іншими рослинними матеріалами, які використовуються в подібних конструкціях для досягнення цікавих оптичних властивостей, є, наприклад, на основі пробки. Вони не були досліджені в цьому дослідженні, але для досягнення відповідних фізичних властивостей вони також повинні бути підкріплені текстилем [79-81]. Таким чином, рішення Teak Leaf® виглядає скоріше дизайнерським, ніж врахованим функціональними аспектами.

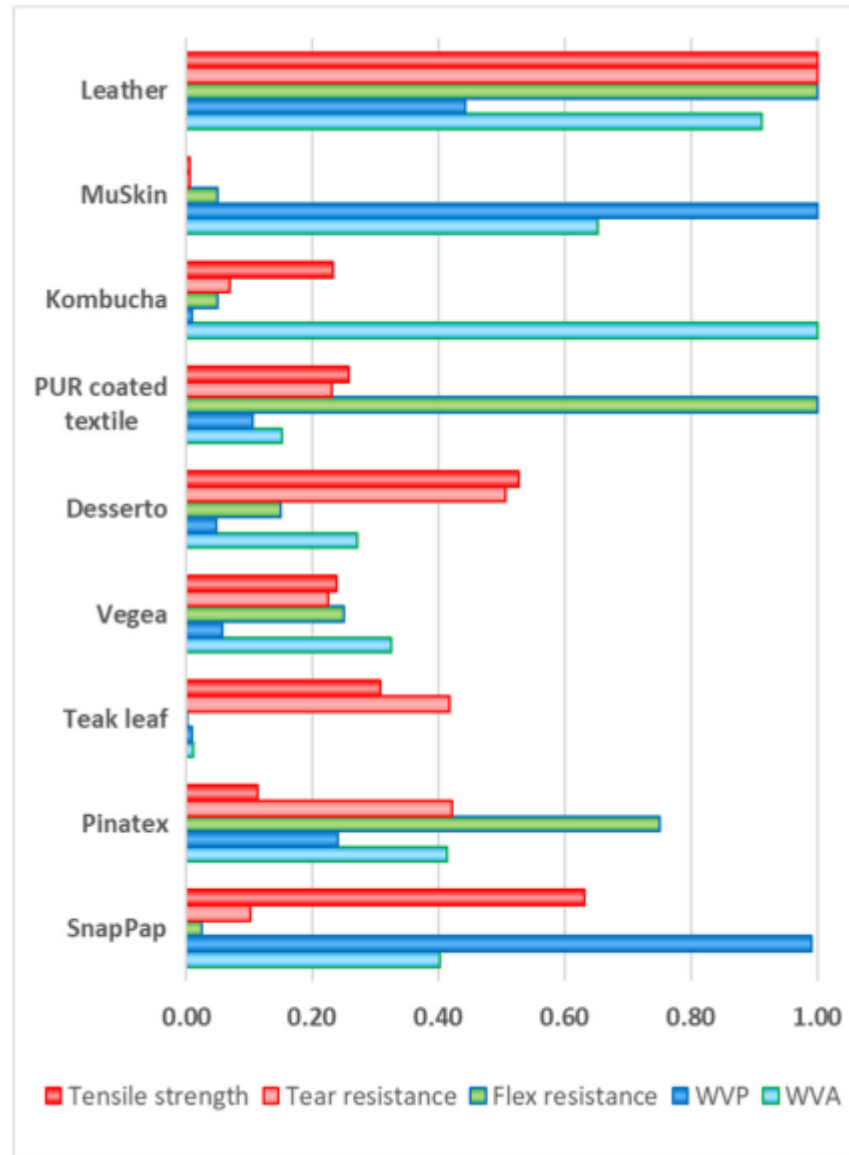


Рис 2.5 . Порівняння фізичних властивостей матеріалів, значення нормалізуються до максимального

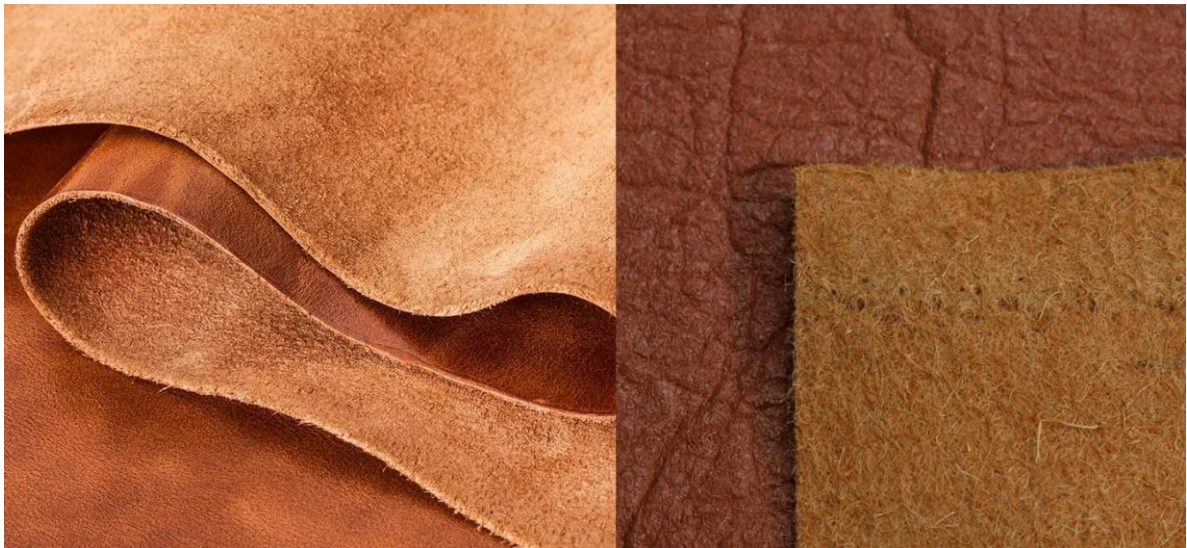
Для досягнення достатніх функціональних властивостей поверхні гнучких матеріалів часто наноситься фінішне покриття, яке потім визначає оптичні та частково тактильні та інші корисні властивості матеріалів, наприклад, стійкість до згинання, поведінку до стирання та поведінку при забрудненні. Паропроникність також залежить від герметичності верхнього шару або водонепроникних шарів між ними. Чим товщі цей шар, тим менше матеріал допускає паро- і газопроникність [82].

Досліджена шкіра зазвичай має лише дуже тонкий верхній шар, який покращує поведінку при забрудненні. Опір згинанню дуже високий. Паропроникність знаходиться у відповідному діапазоні. Muskin® і SnapPap® демонструють дуже відкриті структури, які дозволяють водяній парі відмінно дифундувати. Однак їх експлуатаційні характеристики, особливо слабкий опір згинанню, обмежують тривале використання. Всі інші досліджені матеріали дуже стійкі до проникнення водяної пари. Якщо використовувати його як матеріал для взуття, це призведе до потіння ніг і знизить комфорт [83,84], але матеріали будуть герметичними проти дощу, якщо використовувати їх, наприклад, як сумка або дощовик.

На мікроскопічній поверхні SnapPap® і Pinatex® видно волокнистий нетканый матеріал, який бере на себе механічні властивості матеріалу. SnapPap® і Pinatex® не виглядають як шкіра. На них видно тверді поверхні та відкриту волокнисту неткану структуру. Нанесення більш товстого полімерного покриття та тиснення зернистої структури, імовірно, призвело б до оптики, схожої на шкіру. У цьому випадку необхідно враховувати міркування щодо паропроникності текстилю з покриттям.

2.4. Дослідження матеріалу Pinatex, як альтернативи натуральній шкірі з великої рогатої худоби

Виробники нетканого матеріалу на текстильній основі Pinatex позиціонують його, як альтернативна натуральна шкіра тканини (рис. 2.6), але дослідження та порівняльна характеристика фізичних властивостей цих матеріалів показує різницю між цими двома матеріалами.



ис.

2.6

Ма

теріали для виготовлення взуття: А) Шкіри великої рогатої худоби; Б) Pinatex – нетканий матеріал на рослинній основі

Шкіра великої рогатої худоби для верху взуття має кращі показники фізико-механічних властивості, ніж нетканий матеріал на рослинній основі Pinatex® (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Фізичні властивості матеріалів

Фізичні властивості	Товщина (мм)	Міцність на розрив (Н/мм ²)	Стійкий до розриву (Н/мм)	Подовження при розриві (%)	Паропроникність (мг/(см ² × год))
	ISO 17186-A [85]	ISO 3376 [86]	ISO 3377-1 [87]	ISO 9073 [88]	ISO 14268 [89]
Шкіра ВРХ хромового методу дублення для верху взуття	1,7	37,5	80,0	41,5	5,0
Pinatex®	1,5	12,3	31,0	22,0	5,6
Вимоги до якості взуття [90,91,92]	1,6-2,0	> 15	> 40	> 40	5.0

Міцність на розрив і стійкість до розриву у Pinatex® досить помірні, приблизно в 3 рази менші від еталону (шкіри ВРХ хромового дублення для верху взуття), що не відповідає вимогам до якості шкіри для верху взуття [90,91,92]. Відносне подовження при розриві, яке характеризує деформаційну міцність зразка до розриву у Pinatex®, приблизно в 2 рази нижче, ніж у шкіри ВРХ для верху взуття, що також не відповідає зазначеним вимогам якості [90,91,92]. Проте дослідження [93] показують, що Pinatex®, серед інших матеріалів на рослинній основі, має високий опір до згинання, що може частково забезпечити міцність виробу з невеликою кількістю надмірного навантаження та комфортне використання при низьких навантаженнях. Також, виробники та дизайнери, які використовують Pinatex® в своїх колекціях [93], зазначають, що водонепроникне покриття матеріалу Pinatex® в процесі експлуатації тьмяніє, впливаючи на зовнішній вигляд виробу. Також респонденти [93], наголошують на низьку довговічність Pinatex® в порівнянні зі шкірою ВРХ. Доки єдиним позитивним моментом для застосування Pinatex® є зменшення відходів за рахунок відсутності дефектів в матеріалі.

Не зважаючи на свою популярність, як альтернатива натуральній шкірі, досить немає докладної інформації про відповідності матеріалу Pinatex® функціонально-споживчим вимогам до взуття. Правильно визначити якість взуття неможливо без вивчення його властивостей, визначення одиничних показників та проведення належних досліджень під час його експлуатації [94].

2.5. Висновки до розділу

Жоден з альтернативних матеріалів не досяг властивостей шкіри відповідно до застосованих еталонних значень, хоча багато хто з них пропонуються як альтернатива шкірі (рис. 2.5). На питання про те, чому важко досягти цих властивостей альтернативними природними матеріалами, відповідають різними біологічними функціями використовуваних матеріалів. Шкіра – це багатомасштабний матеріал, який створений природою для виконання функцій, що передають навантаження та обмін речовин. Він демонструє градієнт щільності структури, що складається з по-різному тонких гідрофільних білкових волокон. Кожна частина структури бере на себе певну функцію. Сітчастий шар, який складається з грубих пучків волокон, відповідає за високу механічну стійкість (міцність на розтяг і розрив). Руйнування волокнистої мережі вироста тканини призводить до зниження механічної стійкості в 10 разів [74]. Це можна лише трохи покращити, коли волокна знову зв'язуються сполучними речовинами (наприклад, шкіряна дошка середнього шару Ноані®). Більш компактні та тонкі волокна сосочкового шару шкіри та зернистої мембрани обумовлюють шкіроподібний вигляд та щільну структуру зверху. Тим не менш, паропроникність висока, якщо не наносити щільне синтетичне верхнє покриття. Гідрофільні волокна шкіри можуть вбирати багато води, що призводить до високого комфорту, якщо порівнювати з синтетичними альтернативами. Біогенний нетканый текстиль Pinatex®, SnapPap® і Kombucha демонструє такі ж показники водопоглинання, як і шкіра, але їм не вистачає механічної міцності та міцності на вигин. Тому залишається викликом і метою відтворити функцію біонічної структури шкіри за допомогою альтернативних біологічних методів, про що вже зазначалося багато років тому [75]. Коли побічні продукти сільського господарства додаються до полімерних шарів штучних шкір, вміст біологічної основи в матеріалах підвищується, але не можна виміряти фізичну перевагу над еталонним матеріалом. Тільки належний аналіз життєвого циклу дозволить оцінити пов'язану з цим перевагу.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА, ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЧОЛОВІЧОГО ВЗУТТЯ ВИГОТОВЛЕНОГО ЗІ ШКІРИ НА РОСЛИННІЙ ОСНОВІ

3.1. Розробка моделі взуття

Для розробки асортименту виробів будь-якого виду і призначення, створення лінійки модних виробів та пакету конструкторсько-технологічної документації на виріб необхідно створити дизайнеру уявне джерело натхнення, опрацювати ескізи, луки, визначитись із напрямом в дизайні, з концепцією, віковою групою споживачів для яких розробляється виріб тощо.

За основу в даній магістерській роботі було обрано у якості джерела натхнення сучасні кеди і розроблялось на основі існуючих зразків взуття різних конструкцій для повсякденного носіння.

Для здійснення даної розробки було опрацьовано джерела різного спрямування та інтернет-ресурс щодо дослідження тенденцій моди на вироби та матеріали для взуття актуальні сьогодні, дослідити питання моди, екологічності, дизайну, новацій.

В результаті сміливих спроб було створено пробні ескізи олівцем, фото-калажі композиційного листа проєкту та виконана підбірка готових варіантів існуючого взуття з матеріалу Pinatex для пошуку натхнення і мотивації ідеї щодо конструкції виробів (рис 3.1).

На основі ідеї використання альтернативних матеріалів розроблена концепція виробу задля збереження екології планети Земля і зменшення об'ємів виробництва матеріалів, розроблено ескізний проєкт сучасного чоловічого взуття.

Оскільки повсякденне взуття розробляється в даному проєкті на сезон весна-літо, оскільки його може носити будь-яка категорія споживачів чоловіків за віком, а також оскільки умови експлуатації взуття можуть бути різними, прийнято рішення виготовити макет саме для кед на шнурівці. Для підошви може бути обрано варіанти: чепрак підошовний, шкіроподібна гума, або формована підошва з гуми ЕВА, проміжні деталі підносики і задники з термопластичних матеріалів, підкладка з НШ підкладкової. Конструкція взуття

виконана в стилі мінімалізм, а побудова деталей моделі взуття виконана за допомогою програмного продукту USM (плоска побудова).



Рис 3.1 Підбірка готових варіантів взуття з матеріалу Pinatex

Таким чином можна зазначити, що формування асортименту взуття потребує вагомих обґрунтувань і чіткого визначення стратегії підприємства на ринку з міркувань комерції, екології, безпеки тощо. Виробникам і модельерам необхідно постійно моніторити потреби ринку і споживачів, спостерігати і досліджувати зміни в суспільстві в умовах реального розуміння перспектив, можливостей і ресурсів, як особистих так і глобальних світових. Тому розробка

- дизайну і конструкції моделі чоловічого взуття з альтернативних матеріалів з метою зменшення кількості відходів і збереження екології планети, а також створення ексклюзивних виробів, визначила напрям розширення модельного ряду взуття.

Впровадження нових чи модернізованих ідей в рамках технологій інноваційних матеріалів у широкі маси зараз можливо і реально зробити усім аматорам і фахівцям за допомогою соціальних мереж, де можна в умовах реального часу показувати вироби, ідеї, етапи виготовлення і повної реалізації проекту, а також соцмережі дають можливість презентувати і реалізувати виріб чи проект, зацікавити і залучити до проекту більшу аудиторію, адже кожна людина прагне щось добре зробити для планети і майбутніх поколінь.

Дослідивши і проаналізувавши питання виготовлення взуття з альтернативної шкіри на рослинній основі було розроблено перспективну модель взуття з матеріалу Pinatex із збереженням початкового зовнішнього вигляду сировини цільних елементів попередніх виробів та без зайвих відрізних деталей, виконані креслення в програмі USM і виготовлено дослідний зразок-макет чоловічого взуття на підкладці з штучної шкіри.

3.2. Розробка конструкції та технологічних етапів виготовлення моделі чоловічого взуття

У виготовленні взуття традиційним є комплекс послідовно виконуваних етапів, операцій і процесів пов'язаних з розробкою конструкторсько-технологічної документації на виріб, а саме: композиційний лист, ескізи, карта матеріалів, паспорт моделі, технічний опис моделі, технологічний процес виготовлення виробу, технологічні карти виконання операцій, розрахунки собівартості моделі та її економічності та інші складові документації.

Якісне і послідовне виконання кожного з етапів конструкторсько-технологічної підготовки дозволяє досягти необхідних властивостей виробу і підтвердити його відповідність до вимог сучасних стандартів якості і надійності виробів. Найбільш важливими етапами є проектний і технологічний етапи виробництва.

Важливі корегуючі етапи при виробництві взуття – це дизайн і ескізний проект – проектування й конструювання колодок і взуття; розробка деталей верху й низу; підбір матеріалів; розкрій деталей; складання заготовки верху взуття; кріплення заготовки верху до деталей низу.

Проектування взуття розробляемого в магістерській роботі проводиться на основі класичної технології складання заготовки з урахуванням вимог нормативної документації на взуття, сучасних досягнень науки, техніки і практичних навичок виробників взуття. Початково проектування взуття складається з ескізу, конструкторських креслень і технологічного процесу складання заготовки і взуття. Складання деталей у заготовку здійснюється по-вузловим методом, а потім окремі вузли і деталі збирають в заготовку.

В процесі по-етапної роботи над виготовленням авторського виробу мають місце ручні операції у більшості випадків, спочатку необхідно обробити деталі крою, зрізавши краї ножем, потім з'єднувати плоскі деталі на швейних машинах з плоскою платформою або в ручну. Деталі, що утворюють просторову чи об'ємну форму заготовки, слід зістрочувати на машинах з циліндричним столом (колонкових або рукавних). Складання деталей та вузлів заготовки виконують по гофрах, наколках або позначках. Попереднє склеювання перед складанням деталей у заготовку рекомендується при виготовленні модельного взуття і скріпленні деталей складної конфігурації. В даному випадку операції потоншення краю деталі можна усунути, оскільки взуття з матеріалу на текстильній основі.

На сучасному виробництві потоки максимально механізовані і автоматизовані, це дозволяє зберегти час і якісно виконати операцію. Але при виготовленні авторського виробу навпаки праця переважно ручна, часу витрачається багато, всі частини виробу доводять до досконалості, а вартість виробу від цього тільки стає вищою. Етапи виробництва: отримання матеріалів і комплектуючих; після перевірки матеріалів, які поступають на склади здійснюється розфасовка і їх комплектація за видом, товщиною, призначенням, і розрахунку завдання на розруб і розкрій для кожної виробничої партії, шкіри на деталі верху і підкладки розкріюють на автоматі 2071 А фірми „Шен»

(Німеччина). Після розкрою і розрубку деталі складають у пачки за моделям і розмірам і відправляють на потоки збирання заготовки і взуття. При одиничному виробництві навпаки. Матеріалів не багато, але вони високої якості, підібрані за параметрами. Розкрій здійснюється вручну ножем з найбільш якісних частин матеріалу.

Всі деталі верху взуття перед складанням в заготовку попередньо обробляють окрім текстильних. Характер обробки деталей верху взуття залежить від багатьох чинників. Основні з них такі: складність конструкції заготовки та вид взуття, наявність цілих і розрізних деталей; вид матеріалу верху та підкладки; варіант обробки верхнього канту виробу і деталей заготовки; типи швів з'єднання деталей; вид оздоблення та спосіб закріплення оздоблення на деталях верху взуття; кріплення заготовки взуття.

Отже, операції формування заготовки належать до основних операцій технологічного процесу, від правильності виконання яких залежить зовнішній вигляд і формостійкість взуття при носінні.

Заготовка верху взуття формується на обладнанні різними способами з використанням різних виконавчих інструментів: кліщів, пластин, роликів, скоб, розсувних колодок і форм. Ручна затяжка взуття здійснюється на клей і цвяхи кліщами і молоточком.

Також, для того щоб мати більш точні розрахунки, треба враховувати і загальну залежність експлуатаційних властивостей конструкції взуття.

Особливе значення для прогнозування і формування естетичних та функціональних властивостей виробів має застосування текстильних матеріалів із високоякісним пофарбуванням, водо-брудно відштовхуючою, біостійкою, біоцидною та іншими видами спеціальних обробок.

Впроваджуються нові види обробки натуральних шкір (*Brushing, Sanding/peaching, Crinkle, Teflon* та ін.) для пом'якшення поверхні, покращення теплозахисних властивостей, еластичності, захисту від УФ-променів тощо.

Отже, за результатами теоретико-аналітичних і практичних досліджень можна зробити висновок про те, що на якість взуття впливає безпосередньо якість і безпечність взуттєвих матеріалів, технологічний процес, процес

конструювання та моделювання, які відіграють суттєву роль у виготовленні конкурентоспроможної продукції.

Вітчизняним виробникам доцільно виробляти взуття з натуральних та екологічних матеріалів, дотримуватися правильної технології виготовлення. Комплексний підхід до вирішення питань корегування технологічного процесу виробництва взуття веде до повної чи часткової економії ресурсів і збільшення прибутків, а використання альтернативних матеріалів у виробництві веде до збереження ресурсів планети.

У зв'язку з цим в магістерській роботі розроблено проект моделі чоловічого взуття зі шкіри на рослинній основі Pinatex.

Ідея проекту – взуття з екологічних матеріалів із врахуванням вимог щодо естетики і комфортності виробу. В роботі підбрано і описано групи матеріалів (карта матеріалів), а також описано поетапний технологічний процес обробки деталей крою та виготовлення взуття.

Згідно попередніх пошукових досліджень виявлено, що покупці взуття віддають перевагу комфортному та екологічному взуттю для повсякденного носіння. Цей вибір обґрунтований тим, що здоров'я людей відіграє важливу роль в їх житті і планети в цілому, оскільки в світі зараз розглядається глобально питання екології, екологічних підприємств і виробів.

Як наслідок проведених в роботі досліджень і отриманих під час навчання знань і вмінь, було проаналізовано існуючі моделі чоловічого взуття для сезону весна-літо, розроблено фор-ескізи. За італійською методикою вироблене УРК моделі (рис. 3.2) робочі креслення і лекала деталей виробу. Підбрано матеріали (рис 3.3), розроблено технологічний процес складання заготовки і виробництва низу взуття, відшито заготовку і виготовлено промисловий зразок (макет) взуття.



Рис 3.2 Підбірка готових варіантів взуття з матеріалу Pinatex

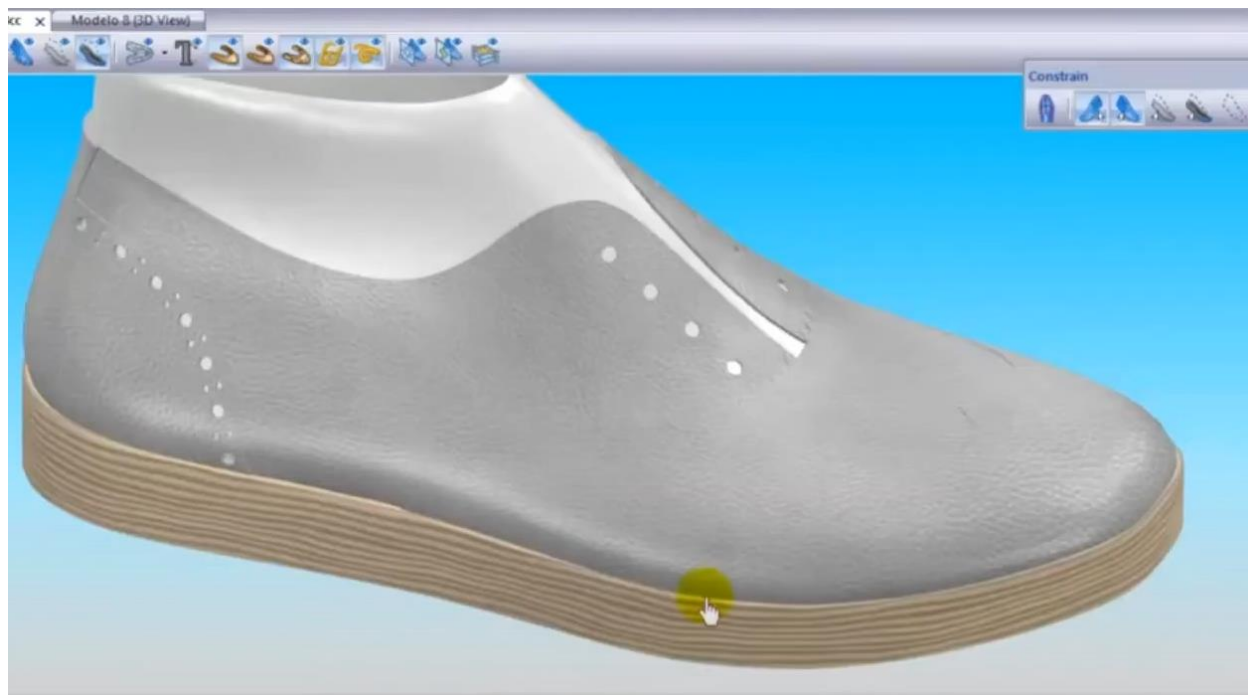


Рис 3.3 Підбірка готових варіантів взуття з матеріалу Pinatex

**Розробка технологічного процесу виробництва чоловічого повсякденного
взуття з матеріалу Pinatex**



Рис 3.4 Візуалізація моделі взуття з матеріалу Pinatex

**Карта матеріалів для виготовлення чоловічого повсякденного взуття з
матеріалу Pinatex**

Таблиця 3.1

№ п/п	Зразок матеріалу	Вид матеріалу, призначення
1	2	3
1		Pinatex
2		Підкладкова шкіра
3		Термопласт
4		Картон устілковий
5		Гума TR

**Структурна таблиця деталей верху і низу чоловічого повсякденного взуття
з матеріалу Pinatex**

Таблиця 3.2

№ п/п	Найменування деталі	К-ть на пару	Товщина, мм	Найменування матеріалу	ДСТУ на матеріал
1	2	3	4	5	6
<i>Зовнішні деталі верху</i>					
1.	Союзка	2	1,0-1,2	Шкіра на рослинні основі Pinatex	ДСТУ 7958
2.	ЗНР	2	1,0-1,2		
<i>Внутрішні деталі верху</i>					
3.	Підкладка під союзку	2	1,0-1,1	Підкладкова шкіра	ДСТУ 2726
4.	Устілка вкладна	2	1,0-1,1		
5.	Шкіряна кишеня	2	1,0-1,1	Спилок	За НТД
<i>Проміжні деталі верху</i>					
6.	Задник	2	0,8-1,2	Термопласт	ТУ 17-958
7.	Підносок	2	0,8-1,2	Термопласт	ТУ 17-958
8.	Міжпідкладка під союзку	2	0,5-0,6	Термо текстиль	ТУ 17-910
<i>Зовнішні деталі низу</i>					
9.	Формована підошва	2	25,0-30,0	Гума	ISO 20883
<i>Внутрішні деталі низу</i>					
10.	Устілка основна	2	2,0-2,2	Картон устілковий	ТУ 17-21537
<i>Проміжні деталі низу</i>					
11.	Геленок	2	--	Метал	ISO/TR 20883:2007
12.	Простилка	2	2,0-2,5	Картон простилковий	За НТД
<i>Фурнітура</i>					
13.	Блочки	20	2,0-2,2	Метал	За НТД
14.	Шнурок	2	50,0-70,0	Поліестер	За НТД

**Розгорнутий технологічний процес виготовлення чоловічого
повсякденного взуття з матеріалу Pinatex**

№ п/п	Найменування операції	Хар. Роб.	Найменування обладнання	Допоміжні матеріали	Технологічні нормативи, режими, вимоги
1	2	3	4	5	6
Ділянка оброблення деталей верху взуття					
1.	Проклеювання по краю союзи укріплювальної тасьми.	Р	Стіл СТ-Б	Тасьма паутинка на клейовій основі	Тасьму проклеюють праскою на край деталей з відступом від краю деталі на 2,0 мм
2.	Дублювання деталей верху міжпідкладкою.	М	01539/P2	Пластини	Деталі дублюють за один прохід.
Ділянка складання заготовки деталей верху взуття					

Таблиця 3.3

3.	Зістрочування п'яткового контура берець зшивним швом.	М	441 ф.Pfaff	нитки: ЛХ 65/44 голки: 0335- 3390(100)	Відстань строчки від краю 1-1.2мм.Частота строчки 5-6 стібків на 10мм шва.
4.	Прасування зшивного шва з проклеюванням тасьми.	Р	Стіл СТ-Б	Тасьма паутинка на клейовій основі	Тасьму проклеюють праскою на край деталей з відступом від краю деталі на 2,0 мм
5.	Нанесення клею на підкладку під берці та шкір кишеню. Сушка.	Р	Стіл, витяжка	Клей НК 7-10%, щіточка	Шар нанесення клею однорідний, рівний

6.	Пристрочування підкладки під союзку до шкіркишені	М	441 ф.Pfaff	нитки: ЛХ 65/44 голки: 0335- 3390(100)	Відстань строчки від краю 1-1.2мм. Частота строчки 5-6 стібків на 10мм.
7.	Настрочування пакету союзки по боковому контуру до ЗНР	М	441 ф.Pfaff	нитки: ЛХ 65/44 голки: 0335- 3390(100)	Відстань строчки від краю 1-1.2мм. Частота строчки 5-6 стібків на 10мм.
8.	Зіставлення вузла верху з вузлом підкладки.	Р	Стіл СТ-Б	Клей НК 710%, щіточка. Витяжна шафа	Шар нанесення клею однорідний, рівний
9.	Зістрочування деталей верху та підкладки по верхньому канту без обробки канту верху	М	441 ф.Pfaff	нитки: ЛХ 65/44 голки: 0335- 3390(100)	Відстань строчки від краю 1-1.2мм. Частота строчки 5-6 стібків на 10мм. Підкладка має бути нижче верха на 2,0-3,0 мм
10.	Чистка заготовки.	М	Стіл з витяжною шафою	Молоток, ножиці, щітка	Заготовку піддають чищенню від залишків клею, кінців ниток так, щоб не пошкодити верх заготовки.
Обробка деталей низу взуття					
11.	Зняття фаски устілок в носково-пучковій частині	М	ШН-2-О	Шліфувальна шкурка №63-100	Виконується з бахтармяної сторони під кутом 40-45 ⁰ . Ширина і товщина спущеного краю 1-1,5мм

12.	Спускання країв півустілки	М	АСГ-12	Товщиномір	Ширина спуска по передньому краю 12-17мм, п'ятково-геленковому краю 8-14мм, товщина спущеного краю 0,8-1мм
Ділянка складання низу взуття					
13.	Підбір і чистка колодок. Прикріплення устілок до сліду взуття	М	02015 РЗ	Дріт скобковий 1,03x0,67	Устілки накладають лицевою стороною на слід колодки. Скоба повинна виступати на 2-3мм, довжина скоби 12-15мм.
14.	Вставка задника в заготовку. Попереднє формування п'яткової частини	М	ЗФП-О	Формуючі півматриці	$T_{п/м1} = 100-110^{\circ}\text{C};$ $T_{п/м2} = \text{до } 5^{\circ}\text{C};$ Час формування 25-30 сек.
15.	Вставка підноски. Поверхнєво воложення заготовки.	Р	Стіл СТ-Б	Зволожувач	Зволожити рідиною носково-пучкову частину заготовки.
16.	Обтяжка зтяжка носковопучкової частини	М	РАПД – 9 ф. USM	Клейрозплав поліефірний	Зтягну кромку до устілки прикріплюють на клей-розплав Ширина зтягнутої кромки – 15 мм. Температура нагріву пластин 110-120 ⁰ С, час формування 6-10 сек.

17.	Затяжка п'ятково-геленкової частини.	М	Маш. №6 ф. USM	Цвях №9, Клейрозплав поліефірний	Ширина затяжної кромки 15 мм. Затяжну кромку в п'ятковій частині прикріплюють цвяхами.
18.	Волого-теплова обробка	М	Машина №8 ф. USM	Зволожувач	При ВТО відбувається послідовна дія 1. вологого теплового повітря протягом 1,5-2хв при температурі 60-70 ⁰ С і відносній вологості 100%; 2. Сухого гарячого – 2,5-7хв при 80-100 ⁰ С; 3. Холодного повітря при температурі навколишнього середовища протягом 1-2хв.
19.	Видалення з кріпителя устілки.	Р	Спецстіл	Скобовитягач	Скобки витягають з устілки не пошкоджуючи заготовки
20.	Обрізка залишків затяжної кромки.	М	14 С „Морбах”	Ніж, абразивне полотно, лінійка	Ширина затяжної кромки повинна бути не менше 14мм.
21.	Простилання сліду заготовки.	М	02015 P5	Клей наірітовий (конц1012%)	На поверхню устілки між затяжними кромками накладають простилку, яка повинна заповнювати заглиблення і не заходити на затяжну кромку.

22.	Намазування зтяжної кромки заготовки і підошви клеєм. Сушка	М,Р	Спецстіл, сушило СОХ-38	Клей НТ (конц.1025%)	На скійовджену зтяжну кромку рівним шаром наносять клей на відстані 0,5-1 мм від грані сліду. Клейову плівку вису-шують на протязі 20-30хв.
23.	Термоактивація клейових плівок	М	ТА-О	Гаряче повітря	Клейову плівку на зтяжній кромці активують при температурі 250-270 ⁰ С протягом 2-3 сек. тепловим ударом.
24.	Фіксація підошви до сліду взуття. Вистій взуття.	М	IR-24/А ф. Maint Grup	Кліщі, кусачки	Підошву накладають на слід взуття без перекоосу. Приклеювання 40-60 сек. при тиску 0,30,35 МПа. Вистій взуття - 30 хв.
25.	Зняття взуття з колодок	М	Машина №3 ф. БУСМК	молоток	Взуття знімають обережно, без пошкодження.
26.	Перевірка і чистка цвяхів всередині взуття.	Р	Спецстіл	Шорошки, кусачки	Кінці цвяхів, які виступають над поверхнею устілки видаляють. Нерів-ності на поверхні устілки усувають.

27.	Вкладання вкладних устілок	М,Р	1016 „Гестіка”	Клей ЛНТ (конц.7-9%)	Вкладну устілку склеюють з підп’ятником і вклеюють у взуття так, щоб основна устілка була повністю закрита.Недопускаються зморшки, перекоски складки
28.	Прасування складок на взутті	М	04219P5	Біметалевий термометр	Температура на поверхні праски не повинна перевищувати 100 ⁰ С
29.	Тонування і ручне опорядження взуття	Р	Спецстіл	Етилацетат, змивна рідина, фарба	Всі забруднення на взутті видаляють, Тонують.
30.	Маркування взуття.	МР	КТЗ-1-О	Клейма, фарба	Маркується взуття відповідно до вимог нормативних документів
31.	Упаковка взуття.	Р	Спецстіл	Коробка, папір	У взуття вставляється каркас, загортають у папір і складають попарно в коробки носком до п’ятки.

3.3. Оцінка якості повсякденного чоловічого взуття виготовленого з альтернативної шкіри на рослинній основі

Для характеристики якості матеріалів, призначених для виготовлення верху взуття, як і для оцінки взуття, використовуються дослідне носіння, органолептична оцінка та лабораторні випробування [96].

Технологічну відповідність матеріалу оцінюють за його фізико-механічними характеристиками, а відповідність функціонально-споживчим вимогам оцінюють під час експлуатації виробу (дослідного носіння). Оцінка відповідності функціонально-споживчим вимогам здійснювалася методом дослідного носіння в реальних умовах та органолептичним оцінюванням дефектів. Метод дослідного носіння дозволяє оцінити надійність виробу, тобто його властивість чинити опір зношенню за певних умов експлуатації чи випробувань. Потрібно зазначити, що дослідне носіння здійснюється групами споживачів, для яких призначається взуття, також дослідна експлуатація може призводити до повного руйнування зразків та повинна відбуватися виключно в тих температурних та сезонних умовах для яких взуття було розроблено [96].

Спостереження за станом взуття з фіксацією змін його зовнішнього вигляду відбувалася під час огляду зразків через встановлені проміжки часу з допомогою органолептичної оцінки дефектів. Органолептична оцінка – узагальнена оцінка якості, здійснена лише за допомогою органів чуття людини, що дозволяє швидко і просто оцінити властивості продукції. Наприклад, такі властивості шкір, як наповненість шкіри, стан її лицевого шару, гриф, грубість, ніжність, дефекти шкіри і покриття можна з'ясувати тільки органолептично [96].

Попередні дослідження визначили, що матеріал Pinatex® має значно гірші фізико-механічні властивості в порівнянні з натуральною шкірою ВРХ хромового методу дублення для верху взуття, але не мали результатів дослідного носіння виробу з матеріалу Pinatex®.

Для дослідного носіння було розроблено та виготовлено модель повсякденних чоловічих напівчеревику з суцільною союзкою та заднім зовнішнім ремнем, що кріпиться на стопі за допомогою шнурівки, клейо-прошивного методу

кріплення підошви з дотриманням вимог нормативно-технологічної документації та рекомендацій виробника матеріалу Pinatex®. Дослідне носіння відбувалося протягом 30 днів з 1 вересня по 1 жовтня.



Рис. 3.5 Фото дослідної пари взуття з матеріалу Pinatex до та після 30 днів експлуатації

Ще до завершення дослідного носіння, за час щотижневих органолептичних оцінок зовнішнього вигляду, з першого тижня щоденної експлуатації стали помітні мінімальні пошкодження лицевого шару матеріалу Pinatex®. До кінця зазначеного терміну, щотижня, дефекти ставали все більш помітними, а зовнішній вигляд взуття все менш привабливим (рис. 3.1).

Простота розробленої моделі та відсутність відрізнних деталей дала можливість спостерігати поведінку матеріалу під час експлуатації у місцях найбільшого навантаження – верхній кант в зоні п'ятки та в місцях згину стопи під час руху в зоні носково-пучкового зчленування (рис. 3.6; рис. 3.7), де

дефекти та деформація найбільші, а саме тріщини лицевого шару та невеликі розриви матеріалу.



А)

Б)

Рис. 3.6 Вигляд верхнього канту в п'ятковій частині дослідної пари взуття з матеріалу Pinatex: а) до та б) після 30 днів експлуатації



А)

Б)

Рис. 3.7 Пучкова частина заготовки дослідної пари взуття з матеріалу Pinatex®: а) до та б) після 30 днів експлуатації

Як було зазначено в попередніх дослідженнях [95], дійсно покриття матеріалу Pinatex® тьмяніє в процесі експлуатації, але зміна кольору лицевого

шару майже не помітна. Натомість помітно блиск та світловідображення по всій поверхні зразка.

Незважаючи на те, що для виготовлення дослідної пари використані підкладка та міжпідкладка формостійкість взуття була незадовільною. Також визнано факт, що дослідний зразок не витримав навіть 30 днів щоденного носіння, що за законом України «Про захист прав споживачів» [97] і за стандартом показників якості взуття [98] являється недопустимим при дотриманні навіть мінімального гарантійного терміну на взуття. Згідно цих нормативних документів протягом гарантійного терміну покупець може пред'явити претензії до продавця, якщо у взутті виявлено дефекти (наскрізний знос верху, устілки і підошов; осипання барвника; руйнування швів та ін.). При цьому покупець має право або обміняти або вимагати повернення повної вартості товару на день здійснення покупки.

3.4. Висновки до розділу

В розділі описано основні положення щодо розробки моделі взуття, підбору матеріалів та розробки етапів технологічного ланцюжка складання взуття.

На основі ескізів і робочих креслень викроєно пакет взуття і дотримуючись розробленого технологічного процесу виготовлено дослідний зразок взуття з матеріалу Pinatex, підкладка з штучної шкіри.

Отже, використання вживаного матеріалу для формування асортименту взуття невеликої серії в сезон потребує чіткого визначення комерційної стратегії виробника і вимог ринку. Для вдалого завершення проекту і успішної реалізації задуму мало виготовити виріб, його потрібно продати. Тому необхідно постійно моніторити ринок, вивчати і аналізувати потреби і можливості споживача, потрібно реально оцінювати свої можливості та ресурси, розуміти найближчих перспектив. Це дає змогу зацікавити більшу аудиторію в проекті і досягти успіху, адже кожен клієнт обирає для себе ту пару взуття, яка є естетичною, комфортною, не дорогою і зможе підкреслити індивідуальність та стиль.

На основі вивчення законів ринку, аналізу економічної ефективності та виробничої необхідності, тенденцій і напрямів в моді і стилі, різновидів матеріалів для взуття і їх характеристик, зроблено висновок про те, що майбутній і теперішній розвиток виробництва взуття не може існувати за старими класичними технологіями. Потрібні інноваційні зміни і оновлення модулів виробництва, сегментів ринку.

За результатами дослідження нетканый матеріал на рослинній основі Pinatex® абсолютно не відповідає функціонально-споживчим вимогам до взуття та поступається якісними показниками натуральній шкірі ВРХ для верху взуття. Результати цього дослідження не зменшують значущості матеріалів на рослинній основі для взуттєвого виробництва, а лише показує напрям їх удосконалення. Це початок розвитку даного напрямку, який є багатообіцяючим кроком на зустріч інноваційним матеріалам у легкій промисловості, що потребують подальшого вивчення та удосконалення.

ВИСНОВКИ

Монополістські переваги індустрії шкіри тварин, через велике споживання м'яса та молока, вже являється проблемою для навколишнього середовища через велику кількість рогатої худоби та викидів CO₂ в атмосферу, але це не остання екологічна проблема, яка супроводжує шкіряну промисловість. Найбільшими забруднюючими етапами виробництва є процеси дублення та вапнування – це перетворенні шкур тварин в міцний матеріал, який проходить головним чином завдяки використанню токсичних хімікатів.

Ці процеси своїм забрудненням призвели до конкретних змін в легкій промисловості, які відбуваються вже зараз. Вихід на ринок більш екологічних, інноваційних альтернатив, таких як Pinatex®, не залишилися без уваги та були тепло підтримані суспільством.

Хоч екологічність індустрії моди все ще перебуває на початковій стадії розвитку, велика кількість брендів вже почала експериментувати розробляючи капсульні колекції з використанням стійких матеріалами при виробництві взуття, як альтернативну шкіру на рослинній-основі, що демонструє не тільки естетичний зовнішній вигляд, а і цікавість аудиторії до розвитку цієї галузі.

Властивості шкір на рослинній основі поки не повністю ідентичні тваринній сировині, але їх достатньо для використання у виробництві верху взуття та шкіргалантерейних виробів, що вже являється великим досягненням на початковому етапі розвитку.

Наступним кроком залишається подальше удосконалення технологій виробництва шкіряних альтернатив, що в майбутньому допоможе поліпшити механічні властивості, стати більш дешевими, екологічними та призведе до конкуруючих позицій відносно тваринних шкір, виробники яких будуть мотивовані створювати менш шкідливий для екології продукт.

Ми можемо зробити висновок, що це не просто одноденний тренд, а свідомий, еволюційний етап людства, в якому є колосальний потенціал та можливість для розвитку в усіх сферах виробництва, який змінює відношення

до навколишнього середовища з допомогою креативних рішень та сучасних технологій, які перевернуть індустрію моди назавжди.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Lakshmipathy Muthukrishnan Nanotechnology for cleaner leather production: a review, 2021. DOI:10.1007/s10311-020-01172-w
2. Dima Wadi' Nazer; Rashed M.Y. Al-Sa`ed; Maarten A. Siebel Reducing the environmental impact of the unhairing–liming process in the leather tanning industry, 2006. DOI:10.1016/j.jclepro.2005.04.002
3. <https://thegoodshoppingguide.com/>
4. https://state-of-the-union.ec.europa.eu/state-union-2022_en
5. <https://www.fao.org/4/i3107e/i3107e00.htm>
6. Kurian Joseph; N. Nithya Material flows in the life cycle of leather, 2009. DOI:10.1016/j.jclepro.2008.11.018
7. <https://www.grandviewresearch.com/>
8. Lacy, P.; Rutqvist, J. Waste to Wealth – The Circular Economy Advantage. Palgrave MacMillan, London, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1057/9781137530707>.
9. The Ellen MacArthur Foundation. Growth within: A circular economy vision for a competitive Europe. 2015.
10. Ellen MacArthur Foundation. Completing the picture: How the circular economy tackles climate change. 2021.
11. Ellen MacArthur Foundation. The Business Opportunity of a Circular Economy. In An Introduction to Circular Economy; Liu, L.; Ramakrishna, S. (Eds.); Springer Nature, Singapore, 2021; pp. 397-417. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-15-8510-4_20.
12. Ellen MacArthur Foundation. Towards the Circular economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition. Cowes, 2013.
13. Niinimäki, K.; Peters, G.; Dahlbo, H.; Perry, P.; Rissanen, T.; Gwilt, A. The environmental price of fast fashion. Nature Reviews Earth & Environment 2020, 1, 189-200. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0039-9>.

14. Hamouda, H.; Lu, J. Current status of fiber waste recycling and its future. *Adv. Mater. Res.* 2014, 878, 122-131. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.878.122>
15. Roos, S.; Sandin, G.; Peters, G.; Bjorn, S.; Bour, G. S.; Perzon, E.; Jonson, C. White paper on textile recycling. *Mistra Futura Fashion*, report No. 2019:09. Available online: <http://mistrafuturefashion.com/wpcontent/uploads/2019/10/S.-Roos.-White-paper-on-textile-recycling.-Mistra-Future-Fashion.pdf> (accessed Dec. 09, 2023).
16. Määttänen, M.; Vehvilainen, M.; Hummel, M.; Haslinger, S.; Wedin, H. Comparison of the Cellulose Dissolution Technologies. Sodium hydroxide and ionic liquid based technologies. *Trash2cash Paper 9*, 2018. Available online: https://issuu.com/trash2cash/docs/d2.22_comparison_of_the_cellulose_d (accessed Dec. 09, 2023).
17. Kirchherr, J.; Reike, D.; Hekkert, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling* 2017, 127, 221-232. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>.
18. Potting, J.; Hekkert, M.; Worrell, E.; Hanemaaijer, A. *Circular Economy: Measuring Innovation in the Product Chain*. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Report number 2544, The Hague, 2017. Available online: <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2016-circular-economy-measuringinnovation-in-product-chains-2544.pdf> (accessed Dec. 09, 2023).
19. Van Buren, N.; Demmers, M.; van der Heijden, R.; Witlox, F. Towards a circular economy: the role of Dutch logistics industries and governments. *Sustainability* 2016, 8, 647. DOI: <https://doi.org/10.3390/su8070647>.
20. Braungart, M.; McDonough, W. *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. North Point Press, New York, USA, 2002.
21. De Angelis, R.; Howard, M.; Miemczyk, J. Supply chain management and the circular economy: towards the circular supply chain. *Production Planning & Control* 2018, 29, 425-437. DOI: <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1449244>.

22. Korhonen, J.; Honkasalo, A.; Seppälä, J. Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics* 2018, 143, 37-46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>.
23. Ghisellini, P.; Cialani, C.; Ulgiati, S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production* 2016, 114, 11-32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>.
24. Slater, K. Environmental impact of textiles – production, processes and protection. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, England, 2003.
25. Muthu, S. S. Assessing the environmental impact of textiles and the clothing supply chain. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, England, 2020.
26. Yacout, D. M. M.; Hassouna, M. S. Identifying potential environmental impacts of waste handling strategies in textile industry. *Environmental Monitoring and Assessment* 2016, 188, 445. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5443-8>.
27. Gita, S.; Hussan, A.; Choudhury, T. G. Impact of textile dyes waste on aquatic environments and its treatment. *Environment & Ecology* 2017, 35, 2349-2353.
28. Sivaram, N. M.; Gopal, P. M.; Barik, D. Toxic waste from textile industry. In *Energy from Toxic Organic Waste for Heat and Power Generation*, Woodhead Publishing Series in Energy, 2019; pp. 43-54. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102528-4.00004-3>.
29. Szajczyk, M.; Wójcik-Augustyniak, M.; Ganczewski, G. Striving for a less toxic production of metallized textiles – Environmental impact assessment. *Journal of Cleaner Production* 2023, 394, 136265. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136265>.
30. Beton, A.; Dias, D.; Farrant, L.; Gibon, T.; Le Guem, Y.; Desaxce, M.; Perwuelz, A.; Boufath, I. Environmental improvement potential of textiles (IMPRO Textiles). JRC Scientific and Policy Reports, European Commission, 2014. Available online: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC85895/impro%20textiles_final%20report%20edited_pubsy%20web.pdf (accessed Dec. 09, 2023).

31. F. R. Rinaldi, FASHION INDUSTRY 2030: RESHAPING THE FUTURE THROUGH SUSTAINABILITY AND RESPONSABLE INNOVATION, Bocconi University Press, Milano(2019)
32. M. Pešić et al.,LASER APPLICATION IN TEXTILE AND APPAREL INDUSTRY, Conference Proceedings ICPAE 2023, , Zrenjanin, Serbia, 24th August – 26th August 2023.
33. https://commission.europa.eu/index_en
34. M. Pesic et al. THE RESEARCH OF CONSUMER AWARENESS OF SUSTAINABLE FASHION IN SERBIA, Donghua University (DHU), Shanghai China and College of Fashion and Design, Donghua University, China, 9-11 December 2020.
35. J. Hildebrandt, et al., THE CIRCULARITY OF POTENTIAL BIO-TEXTILE PRODUCTION ROUTES: COMPARING LIFE CYCLE IMPACTS OF BIO-BASED MATERIALS USED WITHIN THE MANUFACTURING OF SELECTED LEATHER SUBSTITUTES, Journal of Cleaner Production, vol287, 2021.
36. V. Rognoli, et al., MATERIALS BIOGRAPHY AS A TOOL FOR DESIGNERS EXPLORATION OF BIO-BASED AND BIO-FABRICATED MATERIALS FOR THE SUSTAINABLE FASHION INDUSTRY, Special Issue: Sustainable Redesign of the Global Fashion System, 2022.
37. M.Stenton, et al., FROM CLOTHING RATIONS FO FAST FASHION: UTILISING REGENERATED PROTEIN FIBERS TO ALLEVIATE PRESSURES ON MASS PRODUCTIONS, Energies, 2021.
38. <https://www.textileworld.com/textile-world/features/2021/04/fiber-world-sustainable-alternative-plantfibers-for-textiles/>
39. <https://orangefiber.it/>
40. Aishwariya S. TEXTILES FROM PEEL WASTE. Sci. Tech. Dev. J.; 23(2):508-516.
41. <https://www.bananatex.info/index.html>
42. <https://www.ananas-anam.com/about-us/>

43. M. Meyer, et al., COMPARISON OF THE TECHNICAL PERFORMANCES OF LEATHER, ARTIFICIAL LEATHER AND TRENDY ALTERNATIVES, *Coatings* 2021, 11, 226.
44. <https://www.technofashionworld.com/frumat-the-leather-alternative-made-from-apples/>
45. <https://fruitleather.nl/about-us/>
46. <https://www.vegeacompany.com/company/>
47. Braungart, M.; McDonough, W.; Bollinger, A. Cradle-to-cradle design: Creating healthy emissions—a strategy for eco-effective product and system design. *J. Clean. Prod.* 2007, 15, 1337–1348. [CrossRef]
48. McDonough, W.; Braungart, M.; Anastas, P.T.; Zimmerman, J.B. Applying the principles of green engineering to cradle-to-cradle design. *Environ. Sci. Technol.* 2003, 37, 434A–441A. [CrossRef]
49. Peters, S. Sustainable Multipurpose Materials for Design. In *Materials Experience: Fundamentals of Materials and Design*; Karana, E., Pedgley, O., Rognoli, V., Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2014; pp. 169–179. ISBN 978-0-08-099359-1.
50. Peters, S. *Materialrevolution II: Neue Nachhaltige Und Multifunktionale Materialien Für Design Und Architektur*; Walter de Gruyter: Berlin, Germany, 2014; ISBN 3-03821-000-5.
51. Goh, W.; Rosma, A.; Kaur, B.; Fazilah, A.; Karim, A.; Bhat, R. Microstructure and physical properties of microbial cellulose produced during fermentation of black tea broth (Kombucha). II. *Int. Food Res. J.* 2012, 19, 153–158.
52. Tuttle, F.J. The story of coated fabrics: I-development of oilcloth. *Text. Res.* 1944, 14, 228–232. [CrossRef]
53. Tuttle, F.J. The story of coated fabrics: II-rubber and pyroxylin coatings. *Text. Res.* 1944, 14, 260–269. [CrossRef]
54. Peintner, U.; Pöder, R.; Pümpel, T. The iceman's fungi. *Mycol. Res.* 1998, 102, 1153–1162. [CrossRef]

55. Papp, N.; Rudolf, K.; Bencsik, T.; Czégényi, D. Ethnomycological use of *Fomes Fomentarius* (L.) Fr. and *Piptoporus Betulinus* (Bull.) P. Karst. in Transylvania, Romania. *Genet. Resour. Crop Evol.* 2017, 64, 101–111. [CrossRef]
56. Domskiene, J.; Sederaviciute, F.; Simonaityte, J. Kombucha bacterial cellulose for sustainable fashion. *IJCST* 2019, 31, 644–652. [CrossRef]
57. Haneef, M.; Ceseracciu, L.; Canale, C.; Bayer, I.S.; Heredia-Guerrero, J.A.; Athanassiou, A. Advanced materials from fungal mycelium: Fabrication and tuning of physical properties. *Sci. Rep.* 2017, 7, 41292. [CrossRef]
58. Cerimi, K.; Akkaya, K.C.; Pohl, C.; Schmidt, B.; Neubauer, P. Fungi as source for new bio-based materials: A patent review. *Fungal Biol. Biotechnol.* 2019, 6, 17. [CrossRef] [PubMed]
59. Available online: <https://www.ananas-anam.com> (accessed on 30 December 2020).
60. ISO 20942:2019 Leather—Full Chrome Upper Leather—Specification and Test Methods; ISO: Geneva, Switzerland, 2019.
61. ISO 14930:2012 Leather—Leather for Dress Gloves—Specification; ISO: Geneva, Switzerland, 2012.
62. ISO 14931:2015-06 Leather-Guide to the Selection of Leather for Apparel (Excluding Furs); ISO: Geneva, Switzerland, 2015.
63. ISO 3376:2020 Leather-Physical and Mechanical Tests-Determination of Tensile Strength and Percentage Elongation; ISO: Geneva, Switzerland, 2020.
64. ISO 3377-1:2011 Leather-Physical and Mechanical Tests-Determination of Tear Load—Part 1: Single Edge Tear; ISO: Geneva, Switzerland, 2011.
65. ISO 17186:2011 Leather—Physical and Mechanical Tests—Determination of Surface Coating Thickness; ISO: Geneva, Switzerland, 2011.
66. ISO 32100:2018 Rubber-or Plastics-Coated Fabrics-Physical and Mechanical Tests—Determination of Flex Resistance by the Flexometer Method; ISO: Geneva, Switzerland, 2018.
67. ISO 17229:2016 Leather—Physical and Mechanical Tests—Determination of Water Vapour Absorption; ISO: Geneva, Switzerland, 2016.

68. ISO 14268:2012 Leather—Physical and Mechanical Tests—Determination of Water Vapour Permeability; ISO: Geneva, Switzerland, 2012.
69. VDA 278 Thermal Desorption Analysis of Organic Emissions for the Characterization of Non Metallic Materials for Automobiles; VDA: Berlin, Germany, 2011.
70. Jones, M.; Bhat, T.; Kandare, E.; Thomas, A.; Joseph, P.; Dekiwadia, C.; Yuen, R.; John, S.; Ma, J.; Wang, C.-H. Thermal degradation and fire properties of fungal mycelium and mycelium—Biomass composite materials. *Sci. Rep.* 2018, 8, 17583. [CrossRef]
71. Jones, M.; Gandia, A.; John, S.; Bismarck, A. Leather-like material biofabrication using fungi. *Nat. Sustain.* 2021, 4, 9–16. [CrossRef]
72. Bustillos, J.; Loganathan, A.; Agrawal, R.; Gonzalez, B.A.; Perez, M.G.; Ramaswamy, S.; Boesl, B.; Agarwal, A. Uncovering the mechanical, thermal, and chemical characteristics of biodegradable mushroom leather with intrinsic antifungal and antibacterial properties. *ACS Appl. Bio Mater.* 2020, 3, 3145–3156. [CrossRef]
73. Islam, M.R.; Tudryn, G.; Bucinell, R.; Schadler, L.; Picu, R.C. Morphology and mechanics of fungal mycelium. *Sci. Rep.* 2017, 7, 13070. [CrossRef]
74. Meyer, M. Processing of collagen based biomaterials and the resulting materials properties. *Biomed. Eng. Online* 2019, 18, 1–74. [CrossRef] [PubMed]
75. Wegst, U.G.K.; Ashby, M.F. The mechanical efficiency of natural materials. *Philos. Mag.* 2004, 84, 2167–2186. [CrossRef]
76. Sureshkumar, P.S.; Thanikaivelan, P.; Phebe, K.; Krishnaraj, K.; Jagadeeswaran, R.; Chandrasekaran, B. Investigations on structural, mechanical, and thermal properties of pineapple leaf fiber-based fabrics and cow softy leathers: An approach toward making amalgamated leather products. *J. Nat. Fibers* 2012, 9, 37–50. [CrossRef]
77. Jose, S.; Salim, R.; Ammayappan, L. An overview on production, properties, and value addition of pineapple leaf fibers (PALF). *J. Nat. Fibers* 2016, 13, 362–373. [CrossRef]

78. Kannojiya, R.; Gaurav, K.; Ranjan, R.; Tiyyer, N.; Pandey, K. Extraction of pineapple fibres for making commercial products. *J. Environ. Res. Dev.* 2013, 7, 1385.
79. Gil, L. Cork composites: A review. *Materials* 2009, 2, 776–789. [CrossRef]
80. Silva, S.P.; Sabino, M.A.; Fernandes, E.M.; Correlo, V.M.; Boesel, L.F.; Reis, R.L. Cork: Properties, Capabilities and Applications. *Int. Mater. Rev.* 2005, 50, 345–365. [CrossRef]
81. Gil, L. Cork: Sustainability and new applications. *Front. Mater.* 2015, 1, 38. [CrossRef]
82. Lomax, G.R. The Design of Waterproof, Water Vapour-Permeable Fabrics. *J. Coat. Fabr.* 1985, 15, 40–66. [CrossRef]
83. Satsumoto, Y.; Piao, S. Effects of shoe fit and moisture permeability of a leather shoe on shoe microclimate and air exchange. *J. Ergon.* 2016, 6, 1–7. [CrossRef]
84. Gulbiniene, A.; Jankauskaite, V.; Kondratas, A. Investigation of the water vapour transfer properties of textile laminates for footwear linings. *Fibres Text. East. Eur.* 2011, 19, 86.
85. ISO 17186:2011 Шкіра – Фізичні та механічні випробування – Визначення товщини поверхневого покриття ; ISO: Женева, Швейцарія, 2011.
86. ISO 3376:2020 Leather-Physical and Mechanical Tests-Determination of Tensile Strength and Percentage Elongation; ISO: Geneva, Switzerland, 2020.
87. ISO 3377-1:2011 Leather-Physical and Mechanical Tests-Determination of Tear Load—Part 1: Single Edge Tear; ISO: Geneva, Switzerland, 2011.
88. ISO 14268:2012 Leather–Physical and Mechanical Tests–Determination of Water Vapour Permeability; ISO: Geneva, Switzerland, 2012.
89. ISO 9073-3:2023 Nonwovens – Test methods – Part 3: ISO: Geneva, Switzerland, 2023.
90. BASF, Pocket Book, Test Methods, Leather Testing Methods, p.242.
91. DSTU 2726 Leather for shoe uppers. Technical specifications, Ukraine, 1994.

92. ISO 20942:2019 Leather–Full Chrome Upper Leather—Specification and Test Methods; ISO: Geneva, Switzerland, 2019.

93. Michael Meyer, Sascha Dietrich, Haiko Schul, Anke Mondschein. Comparison of the technical performance of leather, artificial leather, and trendy alternatives. *Coatings* 2021, 11(2), 226; <https://doi.org/10.3390/coatings11020226>.

94. Байдакова Л.І. Товарознавство. Непродовольчі товари: взуттєві і хутряні вироби / Людмила Іванівна Байдакова. – К.: Вища школа, 2007. – 183 с.

95. Michael Meyer, Sascha Dietrich, Haiko Schul, Anke Mondschein. Comparison of the technical performance of leather, artificial leather, and trendy alternatives. *Coatings* 2021, 11(2), 226; <https://doi.org/10.3390/coatings11020226>.

96. Байдакова Л.І. Товарознавство. Непродовольчі товари: взуттєві і хутряні вироби / Людмила Іванівна Байдакова. – К.: Вища школа, 2007. – 183 с.

97. Закон України «Про захист прав споживачів» редакція від 19.11.2022 р.

98. ДСТУ 3485-96. Взуття. Номенклатура показників якості [Чинний від 1998-01-01]. – К. : Держстандарт України, 1998. – 16 с. – (Національний стандарт України).