

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії
та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Камінчук Максим Сергійович

УДК 664.642.1

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА РОЗРОБЛЕННЯ
ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА
ШТУЧНОГО ПРОДОВОЛЬЧОГО БІЛКУ

208 „Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістра

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Керівник роботи

І.Г. Грабар

д.т.н., професор

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Камінчук М.С. **Обґрунтування параметрів та розроблення принципової схеми технологічної лінії виробництва штучного продовольчого білку.** – Кваліфікаційна робота на правах рукопису. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В роботі розглянуто аспекти виробництва і особливості споживання штучного м'яса, яке виготовляється за допомогою біореакторів з ствольових клітин тварин та є заміником справжнього м'яса. В деяких країнах така продукція вже офіційно ліцензована для споживання. Вона є актуальною з точки зору зменшення навантаження на довкілля від сільськогосподарської діяльності і в майбутньому тренді зменшення викидів парникових газів в світі буде розвиватися.

SUMMARY

Kaminchuk M.S. **Justification of the parameters and development of the principle scheme of the technological line for the production of artificial food protein.** - Qualification work on the rights of the manuscript. Qualifying work for a master's degree in specialty 208 - agroengineering. - Polissia National University, Zhytomyr, 2023.

The paper considers aspects of production and consumption of artificial meat, which is made using bioreactors from animal stem cells and is a substitute for real meat. In some countries, such products are already officially licensed for consumption. It is relevant in terms of reducing the burden on the environment from agricultural activities and in the future the trend of reducing greenhouse gas emissions in the world will develop.

ЗМІСТ

Анотація	2
Вступ	4
РОЗДІЛ I Аналіз впливу викидів тваринництва на зміни клімату	6
1.1 Актуальність питань зменшення викидів в контексті сучасних подій...	6
1.2. Вплив тваринництва на сучасні екосистеми	8
1.3. Проблеми споживання м'ясної продукції	11
РОЗДІЛ II Особливості технології вирощування штучного м'яса	14
2.1. Сучасний стан виробництва штучного м'яса	14
2.2. Особливості технологій при виробництві штучного м'яса	19
2.3. Основні переваги виробництва штучного продукту	22
РОЗДІЛ III Технологічні лінії для виробництва штучного м'яса	24
3.1. Основні етапи виробництва	24
3.2. Види і будова біореакторів	27
3.3. Особливості і проблеми розвитку виробництва	30
Висновки	33
Список використаних джерел	34

ВСТУП

Україна однією з перших в Європі ратифікувала 14 липня 2016 року Паризьку угоду. Однією з причин приєднання стали питання істотних кліматичних змін на території України. Такі зміни значно підвищують ризики для здоров'я і життєдіяльності населення, природних і штучних екосистем та аграрних секторів економіки. Це важливі питання забезпечення національної, економічної, енергетичної і екологічної безпеки України.

Світове тваринництво істотно впливає на викиди парникових газів в атмосферу. На останній зустрічі світових лідерів в Глазго чітко окреслені перспективи заходів по різкому обмеженню викидів, в тому числі і в сільському господарстві. Обмежувальні заходи призведуть до зменшення поголів'я, зростання акцизів і податків, скорочення об'ємів та значного подорожчання продукції тваринництва.

Одним з шляхів забезпечення екологічних вимог та утримання рівня виробництва продовольства або навіть його збільшення в зв'язку з ростом чисельності населення планети є створення і виробництво заміників м'яса, які не потребують класичних затратних технологій. Окрім рослинних заміників, останнім часом почала розвиватися галузь по вирощуванню штучного м'яса з клітин тварин.

Актуальність роботи: в роботі розглянуті аспекти по розвитку і сучасному стану галузі по вирощуванню штучного м'яса. Проаналізовано технології та обладнання для початку такого виробництва, а також правові, етичні, екологічні особливості та перепони на шляху розвитку даної галузі. Запропоновано комплект обладнання для побудови підприємства.

Мета роботи: Обґрунтувати можливості виробництва штучного м'яса в сучасних умовах в Україні. Проаналізувати проблеми, які можуть виникнути при реалізації даної продукції.

Завдання досліджень:

1. Проаналізувати сучасний стан розвитку технологій по виробництву штучного м'яса та можливі проблеми реалізації продукції.

2. Обґрунтувати особливості використання певного обладнання та сировини, запропонувати комплект обладнання для виробництва.

Предмет і об'єкт дослідження: процеси та технології, які використовують при вирощуванні культивованого м'яса, як замітника натурального в умовах зменшення впливу на довкілля.

Публікації:

1. Камінчук М. Штучне м'ясо як один з напрямків вирішення екологічних проблем тваринництва: Матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики «Студентські читання – 2023», Житомир, ЖНАЕУ, с.28-29.

2. Камінчук М. Чинники впливу тваринництва на природне середовище: Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні Системи», Житомир 2023, ЖНАЕУ, с.13-14.

3. Камінчук М. Особливості культивування штучної м'ясної продукції: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Інженерні процеси та системи», Житомир, ЖНАЕУ, с.16-19.

Практичне значення отриманих результатів: запропоновані технології та обладнання покажуть шляхи для початку виробництва даної продукції в Україні, що є актуальним в умовах зростання цін на енергетичні ресурси та екологічні обмеження.

Структура та обсяг роботи. Робота виконана на 36 сторінках друкованого тексту, містить вступ, 3 розділи, висновки, список використаної літератури із 27 джерел.

РОЗДІЛ I

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВИКИДІВ ТВАРИННИЦТВА НА ЗМІНИ КЛІМАТУ

1.1 Актуальність питань зменшення викидів в контексті сучасних подій.

Одним з можливих викликів для людства сьогодні є боротьба зі зміною клімату. Для досягнення успіхів необхідна глобальна міжнародна співпраця, результати якої знайшли відображення у великій кількості важливих міжнародних угод. До найважливіших можна віднести Кіотський протокол, Паризькі угоди, Рамкова Конвенція ООН про зміну клімату (РКЗК ООН). Важливою світовою подією останнього часу була зустріч світових лідерів в жовтні 2021 року в Глазго. Україна приймає активну участь у міжнародній боротьбі зі зміною клімату і ратифікувала усі зазначені угоди [2].

Дії України обумовлені питаннями суттєвих кліматичних змін на території країни, тому ми стали однією з перших європейських країн, що ратифікувала 14 липня 2016 року Паризьку угоду. Зміни клімату як аргумент того, що зумовлює підвищення ризиків для здоров'я і життєдіяльності людини, стійкості різноманітних природних екосистем та важливих секторів економіки. Все це є питаннями забезпечення національної, енергетичної, економічної і екологічної безпеки України [3].

До основних негативних наслідків зміни клімату в Україні, про які турбуються українські вчені, є [6]:

- посилення ризиків для здоров'я людей, які пов'язані практично з усіма негативними проявами гідрометеорологічних явищ;
- критичне зменшення врожаїв різних сільськогосподарських культур;
- загострення проблем з забезпеченням водою для сільського господарства не тільки південних і південно-східних регіонів;
- посилення опустелювання і деградації земель;
- зменшення площі, життєздатності, продуктивності і стійкості лісу;

- збільшення швидкості деградації екосистем;
- посилення кількості аварій та нестабільного функціонування критичної інфраструктури: електричних мереж та систем теплопостачання, важливих об'єктів інфраструктури.

Наша країна це аграрна економіка, в якій на протязі останніх років сектор сільського господарства демонструє стійкий економічний приріст. Сільськогосподарська продукція склала понад 40 % об'єму у загальній структурі експорту країни за кілька років. Цей сектор приваблює інвесторів, які сприяють розвитку с/г та створенню сприятливого бізнес-клімату в країні. Однак більшість виробництва контролюють декілька крупних гравців, які отримують інвестиції та державну підтримку. Важливість діяльності крупних виробників та їх економічні показники сьогодні відкладають на другий план вирішення екологічних проблем та їх наслідків для довкілля і суспільства. З технологічної точки зору великомасштабне сільськогосподарське виробництво та всі його види призводять до специфічних забруднень довкілля. При оцінюванні всього спектру виробництва та транспортування, найбільш проблематичним є промислове (інтенсивне) тваринництво [4].

Тваринницьке виробництво призводить до 14.5% викидів усіх парникових газів – на сучасний момент це більше, ніж викидає весь транспортний сектор. Крім того, тваринництво викидає в атмосферу 39% всіх викидів метану в світі.

За даними Принстонського університету, метан має щонайменше в 30 разів більший згубний парниковий вплив, ніж CO₂. Найбільші виділення метану відбуваються при процесі травлення у жуйних тварин (у нежуйних виділення відбуваються в меншій мірі).

Якщо дивитись дані по викидах на виробництві сільськогосподарської продукції в Європі, то 83% всіх викидів припадає саме на метан при виробництві м'яса, молочних продуктів та яєць. Тому, наша основна їжа впливає на еко-слід на поверхні планети [2].

Як згадувалося вище, зменшення площ лісів за рахунок нових пасовищ – одна з причин зміни клімату. На сучасний час тваринництво використовує 83% сільськогосподарських земель що складає 40% всієї суші.

Для утримування мільярдів домашніх тварин використовуються величезні території. Це відноситься як до поголів'я, яке перебуває на вільному випасі, так і до поголів'я, яке годують кормами на фермах.

Окрім того для вільного випасу потрібні значно більші території, використання яких додатково приводить до сильної деградації ґрунту, а саме – за рахунок виїдання тваринами рослинної біомаси та витоштування.

Щоб задовольнити потреби тваринництва і вирубуються ліси. Загалом за даними організації FERN, саме вирощування великої рогатої худоби є головною причиною зменшення площ лісів у всьому світі.

Так, саме тваринництво призвело до значного зменшення площ лісів Амазонського басейну, який відіграє роль "легенів" нашої планети. Його вирубують, щоб звільнити місце під випас корів та вирощування корму для них.

1.2. Вплив тваринництва на сучасні екосистеми

Викиди в атмосферу:

В процесі виробництва тваринницької продукції виробляється три основних парникових газів: вуглекислий газ, метан, діоксид азоту. За даними досліджень Chatham House, тваринництво призводить до викидів 39% загальної кількості метану та 65% загальних викидів діоксиду азоту серед світових викидів в атмосферу. Основними джерелами утворення метану є травлення у тварин та велика кількість гною, що накопичується на підприємствах.

Тваринництво є також причиною збільшення викидів вуглекислого газу, оскільки для створення пасовищ вирубуються тропічні ліси в Бразилії та Південно-Східної Азії. Вирубка лісів також відбувається під поля для вирощування кормових культур [6].

Кількість викидів цих газів надзвичайно велика. Як приклад: 20 найбільших світових м'ясо-молочних компаній продукують більше парникових газів, чим Німеччина, яка є одним з лідерів європейської та світової промисловості (Рис 1.1).

Виробничі об'єкти тваринництва наносять довкіллю небезпечну шкоду. Їх викиди провокують утворення атмосферного аерозолі та кислотних дощів, з усіма наслідками для екосистем.



Рис1.1. Діаграма викидів для різних видів сільськогосподарської продукції.

Отже виробництво м'яса призводить до неприйнятних викидів парникових газів та є одним з найбільших чинників для актуального сьогодні питання зміни клімату.

Забруднення води:

Виробництва м'ясо-молочної продукції призводить до використання чверті ресурсів промислової води щороку. АПК є найбільшим споживачем води у світі та її забруднювачем. Переважна більшість використаної води через недостатність або відсутність очисних споруд повертається у природні екосистеми у вигляді рідкого гною, забруднених стічних вод і суспензій.

У звіті ФАО сказано, що використання води в тваринництві забруднює навколишнє середовище нітратами, речовинами та збудниками, що зменшують вміст кисню, антибіотиками, гормонами, залишками важких металів, залишками різних медичних препаратів [5].

Найбільш небезпечний вплив завдають фосфор, нітрати, азот. Ці елементи викликають цвітіння води та значно зменшують вміст кисню, що призводить до загибелі риби. Надмірний вміст цих речовин призводить до складних екологічних проблем через цвітіння водоростей на багатьох територіях.

Кількість води на 1 кг продукту (літрів)

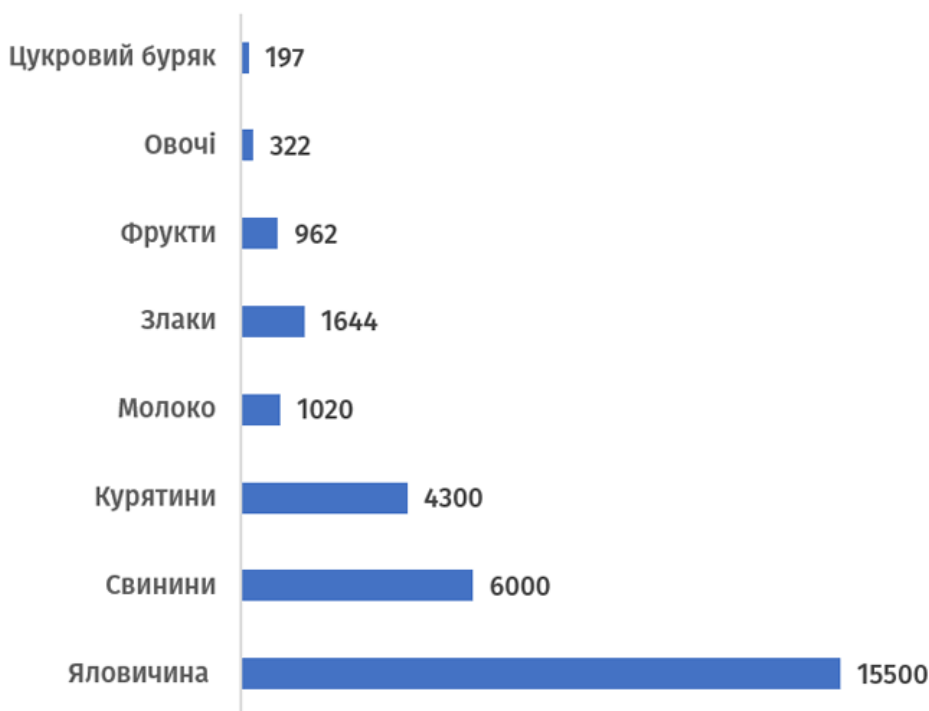


Рис 1.2. Діаграма впливу на водні об'єкти для різних видів сільськогосподарської продукції.

Значне забруднення води відбувається при використанні пестицидів для збільшення вирощування кормів. По даних ФАО, у різних країнах, і в Україні, фіксується дуже велике, на 50% і більше зростання використання пестицидів.

Тваринництво призводить і до забруднення і підземних вод. У США серед свердловин, розташованих поблизу ферм 34% були забруднені нітратами з перевищенням норми. Однією з причин забруднення води є антибіотики, половина світового виробництва яких використовується у тваринництві.

Тверді відходи:

Окрім традиційних видів забруднення тваринництво продукує у великій кількості небезпечні тверді відходи у вигляді гною та посліду. Якщо брати великі ферми та підприємства, то щороку кожне з них виробляє не менше 70 тис тон посліду чи гною, що становить 7 тис великих вантажівок. Частково ці відходи після компостування можливо використовувати як органічні добрива, але їх зберігання є досить небезпечним для оточуючого середовища [5].

1.3. Проблеми споживання м'ясної продукції.

З наведених вище факторів впливу можна зробити висновок, що споживання традиційного виробленого м'яса призводить до значної зміни клімату на планеті. Сьогодні існує глобальна тенденція до збільшення споживання продукції тваринництва в світі, що лише посилюватиме негативний вплив аграрного сектору на клімат.

На Рис 1.3. наведені кількості споживання тварин людством за рік. Судячи з динаміки в найближчі 30-50 років, для підтримання рівнів споживання, цю цифру потрібно буде збільшувати вдвічі, оскільки необхідно задовольняти апетити країн, що розвиваються, де спостерігається демографічний вибух. В Китаї за часів Мао Цзедуна будували світле майбутнє, споживання в середньому за рік складало 4 кілограми м'яса на людину (приблизно 11 грамів на добу). Сьогодні кожен з 1 мільярда 379 мільйонів жителів Піднебесної смажить, варить та тушкує в

середньому вже 55 кілограмів м'яса на рік. Але ж є ще й населення Індії, яке за чисельністю практично наздогнало Китай. І всі вони мріють наздогнати по споживанню делікатесів Америку (американці в середньому поглинають 120 кг м'яса на рік) та інші розвинені країни [2].

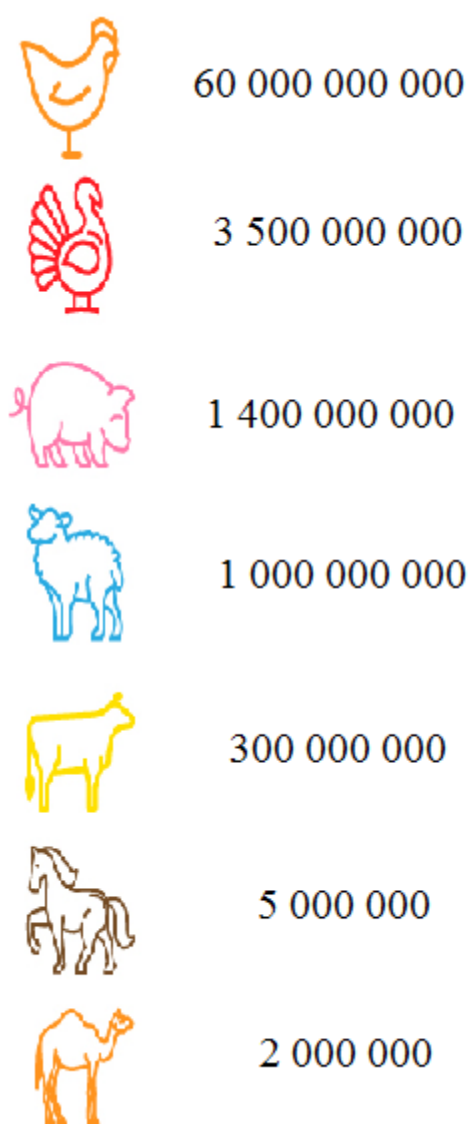


Рис 1.3. Світове споживання м'яса за рік

Однак комусь на планеті все одно доведеться недоїдати. За підрахунками вчених, якщо ділити на все населення планети, то ресурсів Землі вистачить лише для виробництва 40 кілограм м'яса на кожного з 7 мільярдів людей, що населяють Землю. А вже до 2060 року очікується що населення планети зросте на чверть - до 9,5 мільярдів людей.

Математичні розрахунки і статистика показують, що при подальшому зростанні споживання м'яса всі заходи на зменшення викидів CO₂ та метану будуть нівельовані і збільшення глобальної температури мінімум на 2 градуси не уникнути.

В сучасних умовах стає зрозумілим увага експертів і учасників ринку до так званого культивованого м'яса, яке вирощують в лабораторних умовах з клітин тварини. Технології отримання такої продукції відносяться до напрямку тканинного інжинірингу, яке займається також вирощуванням органів для трансплантацій. Потенційно м'язову тканину будь-якого живої істоти можна вирощувати в пробірці. На виході виходить зрозумілий споживачеві продукт, що копіює натуральне м'ясо. Ось його вже можна продавати не просто під соусом вирішення екологічних завдань або етичних проблем, пов'язаних з забоєм тварин, але і як спосіб справитися з ветеринарними проблемами, проблемами застосування антибіотиків у виробництві, зберігання і дистрибуції товару, використання відходів або побічної продукції [16]. Крім того, кожен виробник м'яса мріє, щоб з туші тварини або птиці був максимальний вихід найбільш дорогих частин (грудки курки або яловичої вирізки) і мінімальний - відходів (субпродуктів, крові, кісток). І технологія вирощування м'яса дозволить, наприклад, влітку робити тільки стейки, а взимку - м'ясо на кісточці для холодцю на Новий рік.

РОЗДІЛ II

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ШТУЧНОГО М'ЯСА

2.1. Сучасний стан виробництва штучного м'яса.

З біологічної точки зору м'ясо є тваринними м'язами. Для штучного виробництва м'яса в пробірці необхідно отримання стовбурових клітин з м'язів тварин для застосування білка, який має властивість зростання в великі шматки м'яса [15]. Стовбурові клітини від тварин потрібно використати тільки один раз, в подальшому вони вже не потрібні, як процеси наприклад при виробництві йогуртових культур [20].

В сучасному виробництві використовують два підходи при виробництві м'яса в лабораторії: або шляхом формування маси нез'язаних м'язових клітин(безформна маса), або шляхом формування певним чином структурованих волокон. Другий спосіб набагато більш складний технологічно. Будова м'язів складається з різних м'язових волокон - довгих клітин з певною кількістю ядер. Вони не ростуть самі по собі, а виникають лише тоді, коли зливаються попередні клітини.

Для клітин-попередників можуть бути використані ембріональні стовбурові клітини або клітини-супутники - спеціалізовані стовбурові клітини в м'язових тканинах. З технологічної точки зору досить просто помістити культуру в біореактор з необхідними умовами, а потім постійно перемішувати. Однак, в природніх умовах для зростання реальних м'язових клітин вони розвиваються «за місцем», де існує перфузія системи або кровопостачання для доставки поживних речовин та кисню зростаючим клітинам, і також відведення або видалення відходів. Крім того, паралельно до основного процесу потрібно вирощувати інші типи клітин, як в реальних умовах, наприклад адипоцити, які є хімічними маркерами для надання зростаючим м'язам даних про їх структуру. Нарешті, зростаючу м'язову тканину необхідно деформувати (розтягувати або стискати), імітуючи фізичні навантаження для її правильного розвитку [15].

Перші кроки в спробах виробництва штучного клітинного м'яса були зроблені ще в кінці минулого століття, коли Національне аерокосмічне агентство США шукало більш досконалі способи забезпечення харчування для астронавтів на космічній орбітальній станції. Згодом ця ідея використання штучного м'яса стала популярною і на Землі. Вже є поширеною технологія його виробництва - з заміників на рослинній основі: соєвого або горохового білку (це «рослинне» м'ясо доступно і в Україні).

Але виробники клітинного м'яса запевняють, що за ним майбутнє, тому що воно ближче до традиційного м'яса за смаком і поживністю. У той же час воно допоможе досягти тих же цілей: приносити менше страждань тваринам, знизити загрозу інфекцій, що передаються від тварин людині, уникнути негативного впливу тваринництва на навколишнє середовище, перемогти голод в усьому світі [21].

На початку грудня 2020р вперше в Сінгапурі Агентство з продовольства країни видало компанії Eat Just дозвіл на продаж м'яса, яке вирощене в штучних умовах з окремих клітин. Цим продуктом є штучна курятина, яка буде використовуватись ресторанами для виробництва нагетсів під брендом GOOD Meat. Таке особливе м'ясо спочатку буде дорожче звичайного, але в компанії обіцяють його здешевити, як тільки воно піде в широкий продаж і з'явиться на полицях магазинів.

Як сподіваються в Eat Just, це повинно стимулювати розвиток індустрії і прискорити відмову від природнього м'яса. Велике питання вдасться цього досягти в близькому майбутньому, а також в чому особливість саме цієї технології (адже про штучне м'ясо відомо вже досить давно).

У випадку з Eat Just діє подібна ж схема, тільки клітини беруть у курей і культивують в біореакторах в суміші білків, амінокислот, мінералів, солей і інших необхідних поживних речовин, які мають рослинне походження. Правда, поки в біореактори по виробництву штучної курятини в кампанії необхідно додавати ембріональну сироватку телят, яка отримана з крові плоду. Однак компанія працює над тим, що в подальшому цього можна буде уникнути, замінивши сироватку аналогом на рослинній основі.

Компанія Eat Just, що була заснована в Сан-Франциско, вже десяток років продає рослинні замінники яєць та інших продуктів тваринного походження. Перед тим, як отримати сертифікацію від сінгапурських влади, вона провела багато тестів, щоб довести, що таке м'ясо дійсно безпечне і корисне. Якщо технологія виявиться вигідною і популярною, це мотивує і інших виробників штучного м'яса з клітин, таких як Memphis Meats, Mosa Meat і Aleph Farms, вийти на міжнародний рівень, і зробити цей сектор виробництва привабливим для інвестицій.

У Eat Just стверджують, що за своєю поживністю їх штучна курятина нітрохи не поступається традиційному м'ясу - тільки її виробляють не ціною життя птахів. Вона має високий вміст білка, різних амінокислот, мононенасичених жирів і є багатим джерелом мінералів. Крім того, серед її особливостей називають те, що в процесі виробництва не використовуються антибіотики та гормони для прискорення росту.

Важливою перевагою використання штучного м'яса, яке вирощене з клітин, полягає в тому, що таким продуктом можна замінити окремі специфічні продукти, які зараз пробують замінити м'ясом рослинного походження. Наприклад, виробництво кормів для домашніх тварин або використання технології при вирощуванні штучного рибного м'яса. Один із наявних прикладів це компанія Gourmeu з Франції, яка виробляє штучну альтернативу страві фуа-гра - делікатесу з гусячої або качинової печінки, яку значно збільшують, при цьому насильно годуючи птахів. Подалі Gourmeu зі стовбурових качиних клітин буде намагатися вирощувати не тільки печінку, але і інші «частини» птахів.

Прихильники ідеї використання вирощеного в лабораторії м'яса допускають, що в разі вдалого застосування таких технологій цілком реально повністю (хоча і звучить дещо фантастично) відмовитися від м'ясної промисловості протягом найближчих 50-70 років. У прогнозах споживання м'яса до 2050-го буде зростати вдвічі в порівнянні з 2000 роком - перш за все через зростання загальної чисельності населення планети. Зауважимо: щорічно заради м'яса в світі зараз вбивають мінімум 50 мільярдів курей.

Здається, все звучить добре, проте впровадження технологій виробництва такого м'яса точно не буде простим і швидким процесом. Щоб дійсно вирішити проблему голоду в світі і масово замінити традиційне м'ясо, штучні замінники повинні бути досить дешевими. Звичайно, здешевлення відбувається поступово: скажімо, коли в 2008-му в США виростили в біореакторі аналог яловичини, її собівартість була просто захмарною: фунт (400 г) коштували більше 1 млн доларів, але вже в 2017-му вартість бургера з штучним м'ясом становила близько 11 доларів.

Зараз штучне м'ясо є досить дорогим задоволенням (тому впроваджувати його і починають з ресторанів), але вже існує ряд технологій, як здешевити живильний розчин для культивування клітин - параметр, що найбільше впливає на ціну кінцевого продукту - в ідеалі паприклад 0,24 долара за літр буде означати зниження собівартості м'яса до 6 доларів за кілограм (приблизно стільки ж або трохи дорожче зараз в середньому коштує традиційний яловичий фарш або куряча грудка (Рис2.1). Знову ж таки, ці цифри досить приблизні: по-перше, щоб виростити м'ясо для делікатесів, наприклад, того ж фуа-гра, знадобиться більш дорогий живильний розчин. А Eat Just вартість своєї продукції поки не розголошує.



Рис2.1. Лінія по культивуванню м'ясних клітин

Але ціна далеко не єдиний фактор, що гальмує перехід на штучне м'ясо. Велике значення грає ще й сила звички: людям потрібен час для того, щоб позбутися від упередженості до «штучного» смаку такого м'яса і від недовіри до його виробникам. Правда, цей момент може прискорити підтримка використання штучного м'яса на рослинній основі великими світовими брендами типу Nestlé, Tyson Foods і Perdue Farms, які тепер можуть задавати тренд на підтримку клітинного м'яса. окрім того виробники цієї продукції стверджують, що чітке інформування населення про подібні новинки теж має відіграти свою роль.

До того ж, хоча ЄС в цілому схвально ставиться до впровадження цієї альтернативи і розглядає її як спосіб досягнення продовольчої стабільності в майбутньому, на рівні окремих урядів може відчуватися деяка ворожість. Так, наприклад, міністр сільського господарства уряду Франції досить негативно відгукувався про легалізацію штучного м'яса владою Сінгапуру. До того ж, швидше за все, одночасно з попитом на такий продукт буде рости і опір з сторони виробників традиційного тваринництва.

Окрім того, хоча виробництво штучного м'яса не суперечить вимогам захисників прав тварин (адже тварин не вбивають заради їжі, а тільки беруть їх клітини), у еко-активістів все ж існують питання.

Перш за все виробництво штучного м'яса повинно сприяти скороченню кількості використаних ресурсів - тієї ж землі і води, необхідних на розведення тварин, і зменшення викидів парникових газів. Це довело дослідження 2011 року: тоді вчені розрахували, що викиди дійсно скоротяться на 78-96%, енерговитрати - до 45%, а води буде потрібно на 82-96% менше [20].

Але в довгостроковій перспективі ці суттєві переваги можуть не мати такого значного позитивного ефекту. Наприклад, точно зростуть витрати енергії на інфраструктуру для виробництва штучного м'яса. А специфіка лабораторних умов, де повинна бути дотримана ідеальна стерильність, теж буде мати певні наслідки для навколишнього середовища. Адже стерилізація зазвичай проводиться парою

або хімічними речовинами, які є небезпечними для природи. Крім того виробництво в основному передбачає взаємодію з одноразовими пластиковими засобами, які теж будуть означати забруднення навколишнього середовища, хоча воно і буде мати інший характер.

Крім того, тваринництво - це не тільки класичне виробництво м'яса. Це ще і переробка великої кількості рослинних відходів і удобрення ґрунту: ці важливі функції доведеться теж замінювати іншими, «штучними» процесами.

Деякі країни вже цілком серйозно вважають, що так. Правда, при цьому мається на увазі будь-яке штучне м'ясо, не тільки вирощене з клітин. Прогноз американського аналітичного центру RethinkX каже: приблизно до 2035 року м'ясна індустрія США може збанкрутувати, і яловичину та свинину майже повністю замінить штучне м'ясо. При цьому попит на продукцію великої рогатої худоби зменшиться на 70%, а виробництво молока і м'яса може впасти більш ніж на 50% [16].

В результаті відмирання м'ясної індустрії до 2035 року може вийти з використання 60% земель, що використовуються для вирощування домашніх тварин, - а це до чверті континентальної території США. При цьому викиди парникових газів зменшиться на 45% відсотків до 2030 року і на 65% до 2035 року – і це навіть з урахуванням викидів від виробництва замінників м'яса. Заміна використання продуктів тваринництва також змінить ситуацію з вирубкою лісів, зникненням видів, забрудненням води і тому подібним.

2.2. Особливості технологій при виробництві штучного м'яса.

Найбільш відпрацьованою до сих пір (хоча поки не сертифікованої офіційно, як, наприклад, сінгапурська) являється технологія вирощування м'яса в біореакторах зі стовбурових клітин рогатої худоби. З використанням біопсії, яка, як запевняють лікарі, абсолютно безболісна для тварин, клітини відбирають у великої рогатої худоби, подалі відділяють м'язові клітини та жирові окремо. В подальшому з м'язових культивують м'ясо в спеціально створених штучних умовах, з забезпеченням всіх необхідних компонентів для росту.

Деякі цифри (для масштабу): з однієї стовбурової клітини можна виростити до трильйона (1000000000000) нових клітин. Всі виготовлені клітини потім з'єднуються в щось на зразок м'язових волокон, які нагадують консистенцію звичного м'яса [15].

Більшість виробників вважають за краще вирощувати штучне м'ясо зі стовбурових клітин тварин. Це, звичайно, більш гуманний спосіб виробництва білка, ніж традиційне м'ясне виробництво. Але, як мінімум, однією твариною доведеться пожертвувати. В ідеалі виглядає це так: корову або поросю вирощують на екологічно чистих пасовищах, дають добірні корми. Це робиться для того, щоб отримати елітне і чисте на клітинному рівні м'ясо, потім його стовбурові клітини стануть матеріалом для вирощування сотень тонн м'язової маси в спеціальних біореакторах (Рис2.2). Клітини помістять в теплий живильний розчин, де вони будуть дуже швидко розмножуватися, поки не перетворяться на якусь подобу грудочок фаршу [20].



Рис 2.2. Біореактор для вирощування клітин

Технології різних компаній відрізняються тільки в нюансах. Наприклад американська фірма Memphis Meats створює в біореакторах м'ясо качки і курки, культивуючи клітини з ембріональної сироватки пташенят. Ізраїльський стартап SuperMeat зробив ставку на вирощування курячої печінки. До речі, SuperMeat, поряд з двома іншими ізраїльськими лабораторіями, отримав серйозний контракт від уряду Китаю. Влада Китаю настільки «розсмакувала на смак» розробки

біохіміків, що вклали 300 мільйонів у розвиток ізраїльських технологій виробництва штучного м'яса.

Переможці «м'ясної» гонки будуть отримують приз в 729 мільярдів доларів - в цю суму оцінюється обсяг світового ринку виробництва м'яса. Але білкова їжа, яка виходить на виході, за смаком дуже віддалено нагадує натуральне м'ясо. Справа в тому, що, хоча в біореакторах імітуються такі ж умови, як усередині тіла живої істоти, культивована м'ясо виходить пористим і еластичним.

Як змусити людей, що знаходяться в здоровому розумі й твердій пам'яті, переплачувати за бургер удвічі? Система аргументів виробників виглядає досить струнко. Вони апелюють до людських почуттів - купуючи гамбургер з синтетичного білка, людина робить шляхетний вчинок - він допомагає суспільству. Щоб створити кілограм м'яса, нам потрібно в 20 разів менше сільгоспугідь і в 4 рази менше води. При цьому в 8 разів скорочуються викиди парникових газів.

З 2016 штучна яловичина почала свій тріумфальний хід по закладам американського громадського харчування. Його можна спробувати в Нью-Йорку, Лас-Вегасі, Сан-Франциско, Лос-Анджелесі і Техасі. На початку цього року Impossible Foods відкрила лабораторію з виробництва своєї «яловичини» в промислових масштабах. Підприємство здатне синтезувати 454 000 кг штучного м'яса в місяць. За словами Патріка Брауна, цього достатньо, щоб забезпечити штучними бургерами 1000 ресторанів. Він упевнений, що від бажаючих спробувати дивину НЕ буде відбою. Як стверджують гурмани, відмінність тільки в тому, що бургери від Impossible Foods стоять 12 доларів - в два рази дорожче звичайних [21].

Можливо через 10-15 років уряди змусять виробників традиційного м'яса платити екологічний податок. Приблизно те ж саме відбувається і в автомобільній промисловості. Наприклад, Німеччина оголосила про заборону виробництва машин з двигунами внутрішнього згоряння з 2030 року. Так розчищається шлях більш екологічним електромобілів. Цілком вірогідно, що нинішні діти доживуть до того дня, коли буде заборонено вирощувати тварин на забій. Відбудеться це через

50-60 років. Але вже зараз традиційне м'ясо можна продавати з написом на упаковці: «При виробництві цього продукту страждало і було вбито тварину».

2.3. Основні переваги виробництва штучного продукту.

До таких переваг можна віднести:

1. Безпека. М'ясо з реактору не може бути зараженим. Це значно зменшує ризики небезпеки зараження людей пташиним і свинячим грипом, сказом, сальмонельозом. У складі продукту буде регульована жирність, що значно знизить вірогідність серцевих захворювань.

2. Економія. Для виробництва 1 кг класичного м'яса (птиці, свинини чи яловичини) потрібно від 2 до 7 кг зерна чи комбікорму відповідно. Не враховуючі час, що витрачений на вирощування худоби. Класичне вирощування не передбачає економії і про економічність мова в цьому випадку не ведеться.

У промислових умовах м'яса будуть вирощувати стільки, скільки необхідно для споживання, без перевищення виробництва. Це дозволить значно зекономити природні ресурси і виробництво кормів, що зараз використовуються для вирощування тварин та птахів.

Проведені в 2011 році розрахунки вчених з Оксфордського і Амстердамського університетів Ханни Л. Туомісто і М. Йоста Гейшейра ді Маттуш показують, що в майбутньому технологія вирощування м'яса «in vitro» забезпечить зниження витрат енергії на одиницю виробленої продукції на 30-60% і зменшить площу земель, необхідних для виробництва, на 90% [20].

3. Екологія. Зараз є багато критики великої вартості традиційних сільськогосподарських методів, що використовуються для вирощування сільськогосподарських тварин.

Традиційне тваринництво це один з основних чинників впливу на процеси глобального потепління. Дослідження ще 2011 року, опубліковане в журналі «Environmental Science and Technology», показує, як виробництво штучно культивованого м'яса значно скорочує витрати орної землі, енергії і води, викиди парникових газів, зокрема метану в порівнянні зі звичайними методами

виращування худоби. В цілому, за розрахунками, виробництво синтетичного м'яса може знизити тиск на навколишнє середовище до 60%.

В найближчій перспективі екологічні фактори будуть лише зростати - з ростом середнього класу в Китаї та інших країнах попит на м'ясо постійно зростає.

4. Гуманність. Різні групи захисту тварин, наприклад організація PETA, підтримали ідею створення м'яса з клітин, тому що таке виробництво не допускає експлуатацію та вбивство худоби і птиці.

Замість вбивства мільярдів тварин, як це відбувається зараз, можна просто клонувати кілька клітин, щоб зробити гамбургери або відбивні.

5. Комерційна виробнича вигода. Однією з переваг штучного м'яса буде перевага в порівнянні зі звичайним, за вартістю продукції. Як і при будь-якій іншій технології, в стадії масового виробництва собівартість поступово з часом знизиться до комерційно вигідної. Якщо цей процес вибудувати ефективно, то немає ніяких причин не зменшити вартість - це можна зробити за допомогою здешевлення матеріалів, автоматизації виробництва та збільшення його об'єму.

РОЗДІЛ III

ТЕХНОЛОГІЧНІ ЛІНІЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ШТУЧНОГО М'ЯСА

3.1. Основні етапи виробництва

Технологію вирощування синтетичного м'яса можна розділити на наступні етапи (Рис 3.1):

- забір стовбурових клітин;
- створення умов для їх вирощування і ділення.
- формування готової продукції

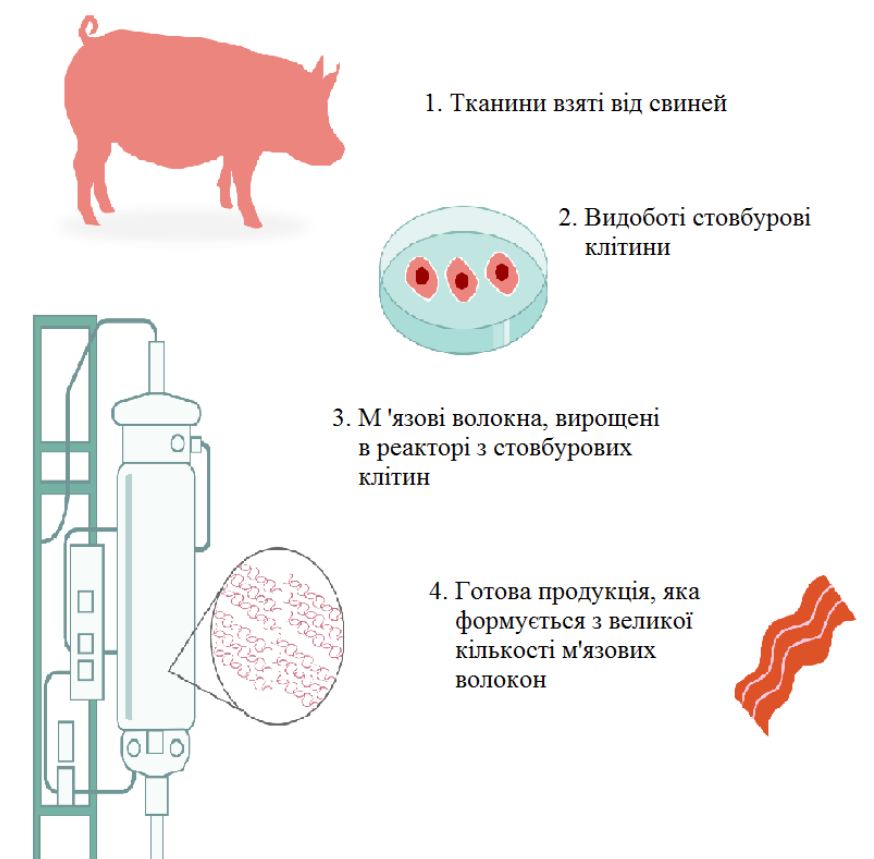


Рис3.1. Етапи виробництва штучного м'яса.

Після забору стовбурові клітини поміщаються в біореактор, де створюється спеціальна губка-матриця, в якій росте майбутнє м'ясо. В процесі вирощування клітини рясно забезпечуються киснем і живильними речовинами, необхідними для

швидкого зростання. Так як штучно вирощене м'ясо є м'язову тканину, біотехнологи створюють особливі умови для тренування клітин і утворених з них волокон.

В даний час вчені навчилися виробляти два види м'яса:

- Незв'язані між собою м'язові клітини (своєрідна м'ясна жижа);
- клітини, з'єднані в пов'язані між собою волокна (більш складна технологія, що забезпечує звичну структуру м'яса).

Тільки в США, за даними екологічної організації EWG, до 70% випущених антибіотиків йде на утримання тварин. Велика частина з них потрапляє в наші шлунки разом з м'ясом, яке ми їмо. М'ясо з пробірки позбавлене подібних недоліків, так як проводиться в стерильних умовах. Разом з лікарської загрозою багаторазово знижуються ризики зараження небезпечними захворюваннями, збудники яких, незважаючи на всі перевірки, можуть міститися в будь-якому шматку м'яса. Крім того, фахівці вже зараз говорять про можливість регулювати жирність кінцевого продукту, що дозволить створювати «здорове» м'ясо [19].

Таким кінцевим продуктом буде маса м'язових волокон - субстрат, що нагадує пісний свинячий фарш, який для додання смаку треба буде змішувати з жировими клітинами і клітинами сполучної тканини.

Потужності по виробництву штучного м'яса включають в себе:

- Лабораторію забору клітин та культивування;
- Один або декілька біореакторів для вирощування маси;
- Лінія збагачення клітинної маси;
- Преси та текстуровочні машини для готової продукції.

Схема наведена на рис3.2.

Сучасні технології передбачають два способи отримання штучного м'яса:

1) Формування сукупності м'язових клітин, які спочатку не пов'язані одна з одною. Тварини клітини витягують лише один раз, оскільки надалі відбувається синтез біологічного матеріалу;

2) Формування цілої структури м'язів, які вже пов'язані та перебувають у певній залежності. Клітини м'язового волокна -довгі, усередині них онцентрується

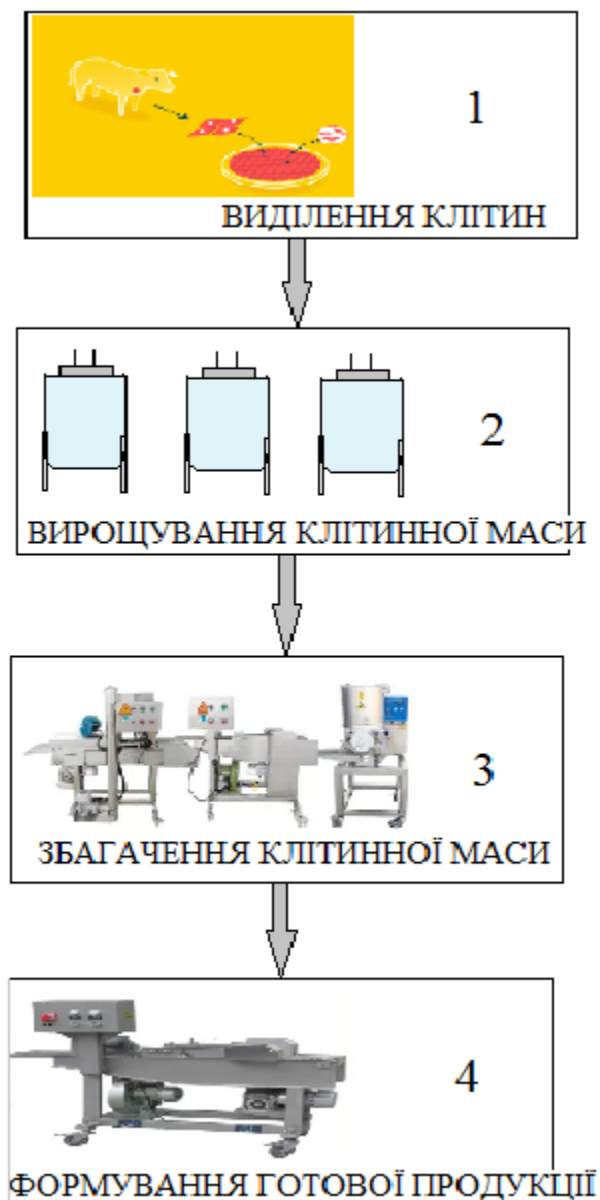


Рис 3.2. Схема виробничого процесу

кілька ядер. Ці клітини що неспроможні ділитися самостійно. М'язові волокна формуються тільки тоді, коли клітини попередники зливаються один з одним для формування нової структури. Щоб фрагмент м'яза збільшився у розмірах, необхідно прорахувати розташування м'яза, кровопостачання, одержання кисню, видалення відходів тощо. М'язові волокна не можна просто так розтягнути або

змусити розвинутись до потрібного розміру та стану, тому процес вимагає колосальних зусиль, часу та матеріальних засобів [13].

3.2. Види і будова біореакторів

Розглянемо будову та принципи роботи біореактора (ферментатора) як апарату для вирощування рослинних і тваринних клітин та мікроорганізмів, в якому проходять складні біохімічні реакції. Біореактори можуть виготовлятися зі скла (лабораторні) та нержавіючої сталі або спеціальних сплавів (пілотні та промислові). Біореактори можна підрозділити на установки для культивування клітин і тканин рослин, клітин і тканин тварин, бактерій і грибів. Це герметично закриті ємності об'ємом 0,05–200 м³, як правило циліндричної форми (Рис3.3). Розміри реакторів визначаються співвідношенням зовнішнього діаметра до висоти циліндра, яке може змінюватись у межах від 1:2 до 1:6. У Біореакторах для забезпечення процесу використовують мішалки турбінного, пропелерного або міксерного типів. Для підтримки постійної технологічної температури використовують подвійний кожух і теплообмінник (як правило змійовик). Крім того установка має трубопроводи для підводу рідин поживного середовища,



Рис 3.3. Приклад біореактора

повітря, пари, води, піногасників та інших компонентів. Для управління, контролю і регулювання процесів біосинтезу установки обладнані вимірювальними та регулюючими системами і пристроями: вимірювання і управління концентрації біомаси, рН, температури середовища, обертів мішалки, рівня піни та ін. В установках відбуваються анаеробні та аеробні процеси ферментації. В процесі аерації та перемішування поживного середовища при ферментації утворюється велика кількість піни, що може впливати на стерильність процесу та привести до втрати культуральної рідини. У зв'язку з цим робочий об'єм рідини в циліндрі не повинно перевищувати $7/10$ загального об'єму установки. Для піногасіння всередині можна використовувати хімічні речовини або механічні методи (Рис 3.4).

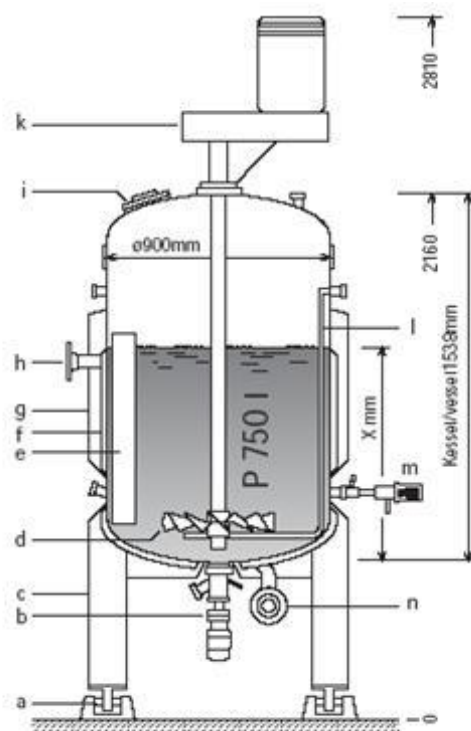


Рис 3.4. Схематична будова біореактора (а-тензодатчик, б-зливний клапан, с-опори, d-лопать мішалки, е-відбійник, f- сорочка термостату, g-ізоляція, h-вихідний отвір, і-скло, k-привід мішалки, l-вхід повітря, m-пробовідбирник, n-отвір сорочки).

За технологічними процесами установки поділяють на системи поверхневого і системи глибинного культивування. При використанні схеми поверхневого культивування клітин або мікроорганізмів на поверхні твердих поживних середовищ використовують установки різних конструкцій для росту. Апарати циклічної дії як правило мають конструкцію горизонтальних барабанів, а апарати безперервної дії ролять у формі колон, розділених на певну кількість секцій залежно від потужності виробництва та технології культивування.

Системи для глибинного культивування, у свою чергу, поділяють на 3 типи:

- 1) з використанням газової фази;
- 2) з використанням рідкої фази;
- 3) з використанням і газової і рідкої фаз.

Установки зазначених типів використовують велику кількість загальних для всіх елементів. Різниця полягає в принципах змішувальних пристроїв і пристроїв для здійснення аерації. До ферментаторів першого типу належать барботажні, барботажно-аероліфтні, колонні та інші пристрої. Серед апаратів другого типу можна виділити три групи за способом змішування: ферментатори із самовсмоктуючими, струменевими та ежекційними перемішувачами. У біореакторах третього типу змішування під час рідкої фази відбувається за допомогою механічного пристрою, а під час газової фази — шляхом примусової подачі повітря [19].

Одним з способів класифікації, запропонованим К. Шюгерль у 1982 році є поділ біореакторів на основні типи за методом використання енергії для перемішування та диспергування стерильного повітря для процесу:

- 1) з використанням механічного руху внутрішніх елементів (міксери);
- 2) з використанням зовнішнього насоса, який забезпечує рециркуляцію рідини і газу;
- 3) використовується метод подачі стисненого газу в культуральну рідину.

Необхідною умовою успіху під час процесу культивації клітин, є збереження стерильності культури, тому реактори повинні бути герметичними. Як правило

стерилізацію і реактора, і системи трубопроводів здійснюють термічним шляхом: зовнішньою парою, або парою, що генерується у самому реакторі за допомогою нагрівачів [13]. У деяких випадках необхідна попередня обробка біореактора хімічними речовинами.

Призначенням будь-якого біореактора є створення оптимальних умов для життєдіяльності культивованих в ньому клітин і мікроорганізмів, а саме забезпечувати дихання, підведення харчування і відведення метаболітів шляхом рівномірного перемішування газової і рідкої складових вмісту біореактора. При цьому небажано піддавати клітини тепловому або механічному впливу [14]. Тому реактори розрізняють за принципами змішування:

1) В механічних біореакторах перемішування здійснюється механічним міксером, що може призвести до недостатньо рівномірного перемішування з однієї сторони, та до випадкової загибелі мікроорганізмів з іншої.

2) В аероліфтних біореакторах змішування здійснюється під час продувки газової фази (повітря) через рідку фазу (барботаже перемішування), що не тільки може не забезпечити необхідної інтенсивності перемішування а і призводить до небажаного піноутворення на поверхні.

3) В біореакторах повітряно-вихрового типу перемішування здійснюється квазістаціонарним потоком газів одночасно з осьовим противотоком інших газів, який створюється за рахунок перепаду тиску над поверхнею і сили тертя повітряного потоку об поверхню суспензії в реакторі.

3.3. Особливості і проблеми розвитку виробництва.

Культивування м'ясних інгредієнтів розвивається в рамках тканевого інжинірингу та паралельно в інших галузях, пов'язаних з біотехнологією. Головна проблема, з якою зіткнулися вчені, – необхідність зниження ціни готового продукту. Виробництво м'яса в лабораторних умовах у нинішній час дуже дороге (перші зразки коштували близько 1 млн доларів за 250 г яловичини), потрібні значні інвестиції, щоб перейти до масового виробництва. Тим не менш, у консорціумі «М'ясо з пробірки» підрахували, що вдосконалення існуючих технологій може

значно скоротити витрати на виробництво лабораторного м'яса. Згідно з затвердженням спеціалістів компанії, це може коштувати 3500 євро за тонну продукції, що в два рази вище вартості несубсидованого європейського виробництва звичайного курячого м'яса. Групи захисту тварин голосують за виробництво м'яса в пробірці, оскільки це виключає експлуатацію та вбивство тварин.

Крім того, особливо гостро стоять питання, пов'язані зі швидкістю розмноження м'язових клітин. Вчені давно навчилися розділяти ствольні клітини, але для промислового виробництва м'яса необхідно збільшити швидкість їх розмноження в кілька разів.

Існує ймовірність того, що синтетичне м'ясо стане агресивним алергеном для деяких детермінованих груп населення.

Відкритим залишається питання харчової цінності штучного м'яса. У натуральному відрубі високе вміст жирів, що містяться в організмі, що сприяє підвищенню рівня холестерину, ожирінню, хворобам серця і судин. Вчені різних країн намагаються створити «здорове» м'ясо в першу чергу для обліку зниження вмісту жиру та регулювання вмісту харчових речовин. Наприклад омега-3 ненасичені жирні кислоти будуть додані в культивоване м'ясо для підвищення його біологічної ефективності. Тут теж є суперечності, оскільки змінювати ліпідну фракцію традиційного м'яса, обробляти його подібними поліненасиченими жирними кислотами, можливо, шляхом зміни складу кормів для тварин [20].

Іноді штучне м'ясо зневажливо називають «франкенмясом», що відрізняє ставлення до нього, як до чого-то не природнього, а, що не викликає довіру. Відсутність жиру і кісток у такого м'яса знижує його ринкову конкурентоспроможність, оскільки кісткова і жирова тканина вносяться в відчутний вклад у формування смаку та аромату готового продукту.

Культивування стовбурових клітин тварин успішно здійснюється за допомогою застосування різних технологічних рішень, одне з яких є касетними культуральними пристроями. Технологія отримання штучного м'яса використовує для здійснення параметри живого організму: температура 37°C, рН=7,0

(нейтральна), вміст вуглекислого газу CO_2 5%. Це абсолютно прості біохімічні режими, що протікають у неагресивних середовищах за практично кімнатної температури, що сприяє здешевленню вартості отриманого врожаю. Процес вирощування стовбурових клітин є періодичним, об'ємно-доливним. По суті він поділяється на два процеси змішування живильного середовища для культивування та вирощування в ній біомаси клітин. Дослідження показали, що вирощування біомаси можливе без перемішування, в культуральному середовищі до поживного виснаження. Переваги вирощування стовбурових клітин «in vitro» за допомогою касетних технологій полягають у тому, що, на відміну від системи вирощування в культуральній посудині, вони дозволяють збільшити обсяг культивування в раз, де число касет; зберегти більшу частину врожаю при невдалому заселенні клітин; розрахувати необхідні обсяги вирощування; ізолювати від контамінації та будь-якого іншого шкідливого впливу; використовувати одночасно спосіб вирощування як на мікроносіях, так і на матрицях.

Таким чином в тренді, прийнятому провідними світовими лідерами на значне зменшення викидів парникових газів виробництво і споживання штучного м'яса буде одним з напрямків розвитку сільськогосподарського виробництва.

ВИСНОВКИ

1. Світова екологічна та енергетична політика спрямована на різке зменшення кількості викидів парникових газів. Окрім енергетики, транспорту, промисловості велику частку викидів, особливо метану здійснює розведення і утримання тварин для м'ясної промисловості. Жорсткі обмеження в екології можуть привести до збільшення податків та акцизів в тваринництві, що призведе до значного подорожчання м'яса та зменшення його об'ємів в світовому масштабі.

2. Харчова галузь в даних умовах розглядає шляхи зменшення енергетичних затрат та утримання тварин. Останнім часом інтенсивно розвивається напрямок по виробництву штучного м'яса. В деяких країнах уже дозволений продаж штучної курятини, все більше фірм виходять на ринок, який в м'ясній галузі оцінюється в один трильйон доларів.

3. Вирощування штучного м'яса в лабораторних та промислових умовах включає в себе забір ствольових клітин тварин в лабораторних умовах. Потім отримані клітини розмножують і вирощують у біореакторах. На останньому етапі отриманій масі додаються смакові та фізичні властивості. Можна регулювати кількість жирів, калорійність, смак, форму.

4. Перші зразки м'яса, отримані лабораторним шляхом мали велику ціну. Але з розвитком виробництва та кількості продукції ціна значно знизилась. В перспективі виробники планують вийти на цінові показники звичайного м'яса. Планується, що споживачами такого продукту будуть люди, які в силу моральних (жорстокі умови утримання тварин) або медичних поглядів планують відмовитись від споживання натурального м'яса.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гринів Л.С. Фізична економія:нові моделі сталого розвитку: монографія / Л.С. Гринів. — Львів: Лігапрес, 2016. — 424 с.
2. Демчак І.М. Тенденції розвитку галузі тваринництва та рикнів м'ясо молочної продукції України за 2015 рік / [І.М. Демчак, Д.М. микитюк, І.В. Свиноус та ін.]. —К.: НДІ "Украгропромпродуктивність". — 2016. — 142 с.
3. Жукорський О.М. Галузь свинарства — реальна та прогнозована загроза для довкілля / О.М. Жукорський, О.В. Никифорок // Агроекологічний журнал. — 2013. — № 3. — С. 102—107.
4. Лещук І. Вплив інтенсивного тваринництва на навколишнє середовище/ І. Лещук // Екологія життя. — 2012. — Режим доступу: http://www.eco_live.com.ua/content/blogs/vpliv_intensivnogo_tvarinnitstva_nanavkolishne_seredovishche
5. Лучка І. Екологічна загроза чи зниження продуктивності тварин/ [Електронний ресурс] / І. Лучка, Є. Дзень // Аграрний тиждень. Україна. — 2013. — Режим доступу: http://a7d.com.ua/tvarinnictvo/11602ekologchnazagrozachi_znizhennya_produktyvnosttvarin.html.
6. Палапа Н.В. Промислове тваринництво: екологічно_економічні наслідки / Н.В. Палапа, Н.Б. Пронь, О.В. Устименко. // Збалансоване природокористування. — 2016. — №3. — С. 64—67.
7. Постанова Кабінету Міністрів від 28.08.2013 № 808 "Про затвердження переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку" [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/ru/08_2013_%D0%BF
8. Фурдичко О.І. Екологічні основи збалансованого розвитку агросфери в контексті європейської інтеграції України: монографія / О.І. Фурдичко. — К.: ДІА, 2014. — 432 с.
9. Ходаківська О.В. Екологізація сільськогосподарських земель: сучасний вимір та перспективи розвитку / О.В.Ходаківська // Економіка АПК. — 2011. — №10. — С. 23—30.

10. Воробьева Л.И. Промышленная микробиология: учеб.пособие / Воробьева Л.И. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 294 с.

11. Диланян З.Х. Сыроделие/ З.Х. Диланян - М.: Легкая и пищевая промсть,1984. – 280 с.

12. Егоров Н.С. Биотехнология: микробиологическое производство биологически активных веществ и препаратов: учеб. пособие для вузов / Н.С. Егоров, В.Д. Самуилов. - М.: Высшая школа, 1997. – 143 с. – (в 8 кн., кн.6).

13. Машины и аппараты пищевых производств: учебник для вузов/[Антипов С.Т., Кретов И.Т., Остриков А.Н. и др.]; под ред. В.А. Панфилова. - М.: Высшая школа, 2001. - 704 с. – (в 2 кн., кн.1).

14. Пирог Т.П. Загальна біотехнологія: підручник / Т.П. Пирог, О.А. Ігнатова. – К.: НУХТ, 2009. – 336 с.

15. Пирог Т.П. Загальна мікробіологія: підручник / Пирог Т.П. — К.: НУХТ, 2004. — 471 с.

16. Тенденції розвитку галузі тваринництва та ринків м'ясо-молочної продукції України за 2015 рік / І.М. Демчак, Д.М. Микитюк, І.В. Свиноус та ін.]. — К.: НДІ "Укрпромпродуктивність", 2016. — 142 с.

17. Тимчук В.М. Глобальні зміни клімату: парниковий ефект / В.М. Тимчук, С.М. Тимчук //Агробізнес сьогодні. — 2016. — № 1-2 (320—321) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.agrobusiness.com.ua/agrobusiness/archive.html?func=show_dition&id=142

18. Україна і політика протидії зміні клімату: економічний аспект / Аналітична доповідь; за ред. В.Р. Сіденка та О.О. Веклич. — К.: Заповіт, 2016. — 208 с.

19. Милинская, В.А. Культивирование мяса в лабораториях [Электронный ресурс] / В.А. Милинская, Д.В. Ситнов, Н.Г. Барт // Студенческий научный форум. Материалы VIII Международной студенческой электронной научной конференции. –Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru/2016/1826/20217>

20. Рогов, И.А. Мясо in vitro как перспективный источник полноценного белка /И. А. Рогов, К.Г.Лисицын, И.М. Таранова // Все о мясе. - 2013. - № 4.

21. Рогов, И.А. Способ выращивания мяса *in vitro*: обзор / И.А. Рогов, И. М. Волкова // Биозащита и биобезопасность. - 2012. - Том IV, № 3 (12). - С. 26 – 32.
22. Зеленов, Г.Н. Технология производства мясопродуктов : **учебное пособие** / Г.Н. Зеленов, Н.В. Губанова . – Ульяновск,2015.- 179с.
23. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – М.: Ин-т компьютерных исследований, 2002. – 656с.
24. Моисеев Н.И. Экология человечества глазами математика. – М.: Мол. гвардия, 1988. – 254с.
25. Некос В.Е. Основы общей экологии и неоэкологии. Харьков: Прапор, 2001. – 287с.
26. Романовский Ю.М. Процессы самоорганизации в физике, химии, биологии. – М.: Знание, 1981. – 404с.
27. Хакен Г. Синергетика. – Мир, 1980. – 404с.