

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра механіки та інженерії  
агроекосистем

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису  
Волинець Андрій Олександрович

УДК 664.642.1

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИНЦИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ  
КОМПЛЕКТУ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА  
РОСЛИННОЇ БІЛКОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

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  
Б.А. Шелудченко  
К.т.н., професор

Житомир – 2021

## ЗМІСТ

Анотація .....	3
Вступ .....	4
РОЗДІЛ I. Аналіз впливу сільськогосподарського тваринництва на стан навколишнього середовища .....	6
1.1.Негативний вплив виробництва м'яса на довкілля.....	6
1.2. Структура небезпечних викидів при виробництві м'яса.....	10
1.3. Небезпечні аспекти вживання м'ясної продукції людиною.....	11
РОЗДІЛ II Рослинне м'ясо як замітник в раціоні харчування .....	14
2.1.Перспективи виробництва рослинних заміників м'яса.....	14
2.2. Технологічні аспекти виробництва рослинного м'яса.....	16
РОЗДІЛ III Обґрунтування технології та необхідного обладнання для виробництва рослинного м'яса .....	21
Висновки .....	26
Список використаних джерел .....	27

## АНОТАЦІЯ

Волинець А.О. **Обґрунтування принципової технологічної схеми комплексу обладнання для виробництва рослинної білкової продукції** – Кваліфікаційна робота на правах рукопису. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

В роботі обґрунтовано використання комплексу обладнання для виробництва замінників м'ясної продукції з рослинного білку. Збільшення населення Землі призводить до розширення сільськогосподарського тваринництва, і як наслідок викидів парникових газів та зміни клімату. Промисловий випуск білкових замінників можна розглядати як один з багатьох шляхів зеленого переходу в енергетиці майбутнього.

## SUMMARY

Volynets A.O. **Substantiation of the basic technological scheme of a set of equipment for the production of plant protein products** - Qualification work on the rights of the manuscript. Qualifying work for a master's degree in specialty 208 - agroengineering. - Zhytomyr National Agroecological University, Zhytomyr, 2021.

The paper substantiates the use of a set of equipment for the production of meat protein substitutes from vegetable protein. The increase in the world's population leads to the expansion of agricultural livestock, and as a consequence of greenhouse gas emissions and climate change. Industrial production of protein substitutes can be considered as one of the many ways of green transition in the energy of the future.

## ВСТУП

Головна небезпека для довкілля при утриманні худоби та виробництві м'яса це викиди в атмосферу парникових газів. За вище наведеними оцінками приблизно чверть усіх викидів парникових газів походить від тваринництва.

Всі останні роки в Європейських країнах розробляють нове законодавство відносно клімату. В ньому будуть оновлені цілі щодо зміни клімату та окреслена сільськогосподарська політика ЄС на майбутнє. В Єврокомісії розробляють плани щодо скорочення викидів парникових газів на 55% до 2030 року.

Окрім викидів парникових газів при виробництві м'ясної продукції є інші негативні впливи.

На тваринництво припадає майже 50 відсотків усіх антибіотиків, які виробляють у світі. Їхнє використання призводить до появи й поширення антибіотико-резистентних вірусів та бактерій, які можуть передаватися людині.

Одна промислова ферма за рік виробляє приблизно 7 тисяч тон відходів, які зберігаються у відкритих лагунах, а звідти потрапляють у підземні поверхневі води й забруднюють їх.

Отже, інтенсифікація виробництва та утворення великих підприємств та ферм по вирощуванню і переробці тварин з однієї сторони сприяє здешевшанню продукції та збільшенні прибутку, а з іншої — має величезні негативні наслідки для довкілля.

Альтернативою споживанню натурального м'яса є продукти з рослинних білків, які можуть мати вигляд і смак м'яса. Виробництво такої продукції корелюється з тенденціями здорового харчування та моральними аспектами утримання на фермах тварин

*Мета роботи:* Оцінка споживчих характеристик та технологічних особливостей виробництва заміни м'яса на основі рослинних білків.

*Завдання досліджень:*

1.Провести аналіз характеристик, властивостей, технологічних процесів для виробництва рослинного м'яса.

2. Обґрунтувати набір технологічного обладнання та необхідної сировини для побудови підприємств для випуску даної продукції.

*Предмет і об'єкт дослідження:* процеси переробки та збагачення сировини з рослинних білків для отримання якісних та безпечних замінників натурального м'яса.

*Публікації:*

1. Матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики «Студентські читання – 2021», Житомир, ЖНАЕУ, с.109-111.

2. <http://www.intellectualarchive.com/?link=find#PNU>

*Volynets Andriy.* Production of vegetable protein as a substitute for meat nutrition.

3. <http://www.intellectualarchive.com/?link=find#PNU>

*Volynets Andriy, Furtsov Sviatoslav.* negative impact of animal husbandry on the environment.

*Практичне значення отриманих результатів:* запропоновані замінники натурального м'яса вписуються в обрану світовими лідерами політику глобального зниження викидів парникових газів. Виробництво даної продукції дозволить значно скоротити негативні впливи тваринництва на довкілля, частково вирішити продуктову кризу, а також буде цікавим для людей, які зовсім не вживають м'яса або відмовляються від цього з тих чи інших причин.

*Структура та обсяг роботи.* Робота виконана на 30 сторінках друкованого тексту, містить вступ, 3 розділи, висновки, список використаної літератури із 25 джерел.

## РОЗДІЛ I

### АНАЛІЗ ВПЛИВУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ТВАРИННИЦТВА НА СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

#### 1.1. Негативний вплив виробництва м'яса на довкілля

Остання зустріч світових лідерів в Глазго в жовтні 2021 року підкреслила загострення проблеми зміни клімату та вплив цієї проблеми на подальший розвиток людства. Як один з шляхів вирішення проблеми зміни клімату назване поступове скорочення викидів в атмосферу, які на думку провідних світових вчених і приводять до глобального потепління та негативних змін клімату.

Всі викиди, які продукує людська діяльність, можна розділити на дві групи. До першої відносяться викиди від спалювання вуглецевого палива (вугілля, нафта, газ), які утворюються енергетичними підприємствами та транспортом. Для зменшення кількості даних викидів запропоновано подальший розвиток альтернативної енергетики та технологій енергозаощадження, що призведе до зменшення використання органічного палива [1].

До другої групи відносять викиди, які утворюються при сільськогосподарському виробництві. Чисельність людей на планеті постійно збільшується, і це призводить до нестачі та постійного збільшення виробництва їжі. Структура викидів наведена на Рис1.1. На сільськогосподарське виробництво припадає більше 40% всіх викидів парникових газів, і ця частка постійно збільшується.

Велику частину викидів при сільськогосподарському виробництві становить викиди від діяльності тваринництва, яке на сьогоднішній день забезпечує людство м'ясною продукцією. Загалом структура викидів від сільськогосподарського виробництва наведена на рис 1.2.

Споживання м'яса в світі постійно зростає. Сьогодні це призводить до щорічного вбивства більше 60 млрд курей, 1.5 млрд свиней, 1 млрд вівець, 3.5 млрд індиків, 300 млн корів та ін [3].



Рис 1.1. Загальна структура викидів

Розвиток сільського господарства і тваринництва зокрема йде небезпечним шляхом інтенсифікації. Це такий корпоративний тип розвитку, коли дуже укрупнюється підприємство і на максимально обмеженій території утримують максимально велике поголів'я тварин. Звісно з цим пов'язані дуже великі проблеми, перш за все по збільшенню тиску на природне середовище.

Перш за все це значне збільшення викидів парникових газів. По розрахункам викиди парникових газів, які утворюються тваринництвом в Європейському Союзі становлять 17% від загального обсягу викидів парникових газів в ЄС і впливають на клімат значніше, ніж автотранспорт [10].

В останні роки збільшення викидів від тваринництва збільшились на 39 мільйонів тон. Це все одно, що прибавити на дороги 8,4 млн автомобілів. дорогах.

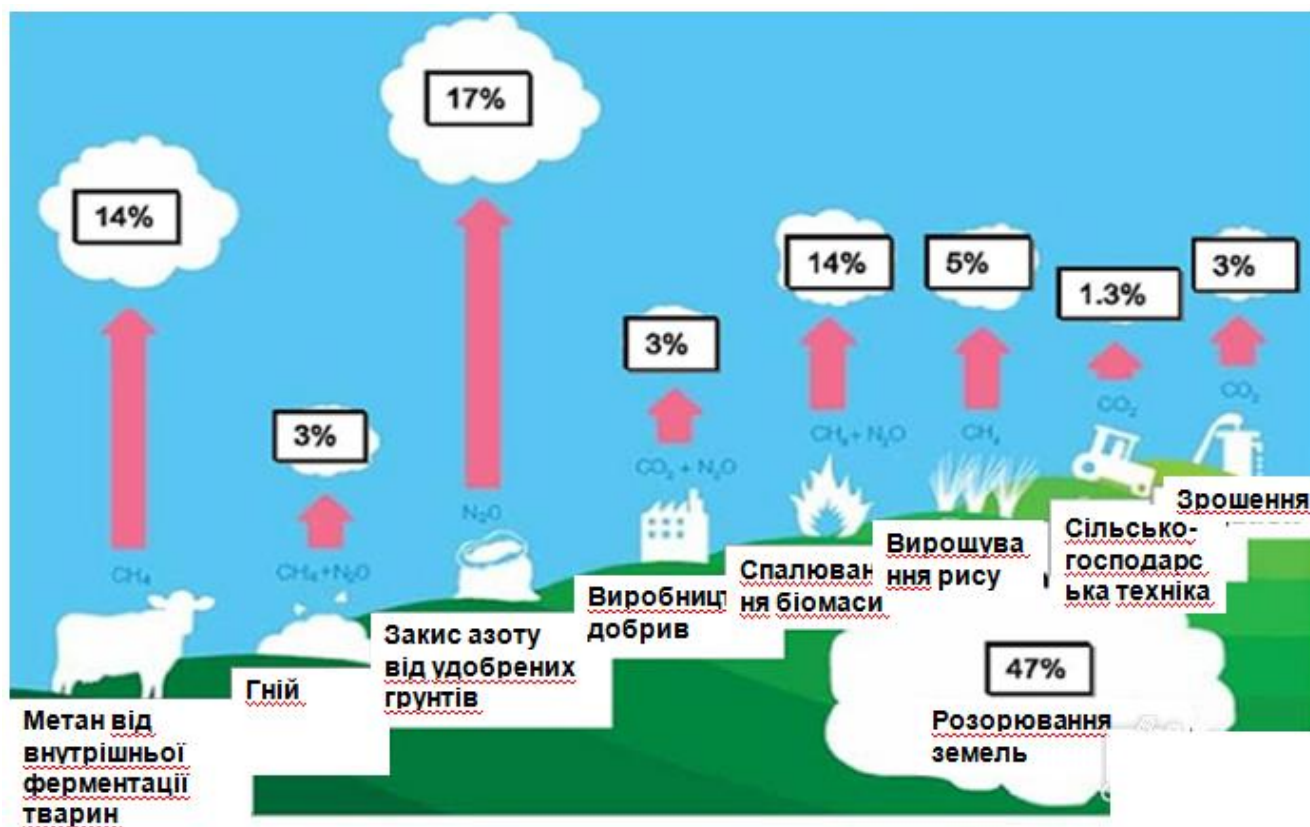


Рис1.2. Викиди сільськогосподарської діяльності

Прогнози на наступне невтішні, оскільки прогнозується подальше збільшення населення Землі та необхідне збільшення сільськогосподарського виробництва.

Всі останні роки в Європейських країнах розробляють нове законодавство відносно клімату. В ньому будуть оновлені цілі щодо зміни клімату та окреслена сільськогосподарська політика ЄС на майбутнє.

В подальшому планується скоротити поголів'я худоби і зупинити видачу субсидій для землеробства. Розрахунки стверджують, що скорочення об'ємів тваринництва на 50% дозволить скоротити викиди  $\text{CO}_2$  на 250 мільйонів тон на рік, [14].



Був зроблений висновок, що занадто довго ігнорувався негативний вплив тваринництва на середовище. Вчені дійшли висновків, що неможливо запобігти кліматичним змінам, без зміни відношення до промислового виробництва продуктів тваринництва – молока та м'яса.

Як результат, в Європейських планах запропоновано зменшити викиди парникових газів на 55% в терміні до 2030 року.

Окрім викидів парникових газів при виробництві м'ясної продукції є інші негативні впливи.

На тваринництво припадає майже 50 відсотків усіх антибіотиків, які виробляють у світі. Їхнє використання призводить до появи й поширення антибіотико-резистентних вірусів та бактерій, які можуть передаватися людині.

Одна промислова ферма за рік виробляє приблизно 7 тисяч тон відходів, які зберігаються у відкритих лагунах, а звідти потрапляють у підземні поверхневі води й забруднюють їх [10].

Отже, інтенсифікація виробництва та утворення великих підприємств та ферм по вирощуванню і переробці тварин з однієї сторони сприяє зменшенню ціни на продукцію та збільшенні прибутку, а з іншої — має величезні негативні наслідки для довкілля:

- безконтрольне збільшення використання природних ресурсів;
- забруднення довкілля;
- величезні викиди в атмосферу;
- споживання води у величезних кількостях і забруднення водних об'єктів
- забруднення ґрунтів;
- вплив на біологічне різноманіття.

## 1.2. Структура небезпечних викидів при виробництві м'яса.

Головна небезпека для довкілля при утриманні худоби та виробництві м'яса це викиди в атмосферу парникових газів. За вище наведеними оцінками приблизно чверть усіх викидів парникових газів походить від тваринництва [4].

По структурі викиди складаються з двох найбільш небезпечних парникових газів:

1. Вуглекислий газ  $\text{CO}_2$ ;
2. Метан .

За даними Океанографічного інституту Скріппса, в 2020 році концентрація  $\text{CO}_2$  в атмосфері вперше в історії людства досягла найбільшого рівня - 415,26 ppm. Аналогічний рівень кількості вуглекислого газу в атмосфері спостерігався 3 – 5 млн років тому, коли середня температура на Землі була на кілька градусів вища, ніж сьогодні. Наприклад, у 2015 році рівень вуглекислоти становив 405,5 ppm. Як правило рівень  $\text{CO}_2$  сильно змінюється в різні сезони, досягаючи максимуму навесні і в першій третині літа. Але сьогодні фіксується стабільне зростання середньорічної концентрації газу. Це пов'язано зі стабільно зростаючим спалюванням органічних видів палива, оскільки до 67% викидів парникових газів продукує енергетична сфера, що приводить до зростання середньої температури. За прогнозами, подальше забруднення атмосфери при збереженні темпів зростання економіки буде збільшуватися [6].

Європейське тваринництво призводить до викидів 502 мільйони тон  $\text{CO}_2$  на рік. Якщо врахувати інші викиди, такі як при виробництві м'яса, вирощуванні сільськогосподарських культур т.п, йдеться про викиди у розмірі 704 мільйонів тон  $\text{CO}_2$ .

Метан - газ, що відноситься до парникових газів і може поглинати і відбивати сонячну енергію. Відбиття енергії може відбуватися в сторону Землі, і це буде приводити до її додаткового нагріву. Більш поширеним і стабільним в атмосфері є вуглекислий газ  $\text{CO}_2$ , але і метан вносить суттєвий внесок в зміни клімату. Склад метану – це один атом водню та чотири атоми вуглецю, хімічна формула  $\text{CH}_4$ . При цьому метан здатен поглинати в 30 разів більше сонячної енергії, ніж вуглекислий газ. Тому його можливості і потенціал для нагріву Землі значно більший за  $\text{CO}_2$  [5].

Іншою причиною, через яку науковці та інші експерти б'ють тривогу що до кількості метану, є велика кількість джерел, що призводять до його викидів. Наприклад, третя частина цього газу викидається в атмосферу з заболочених земель та річок і боліт. Близько десяти відсотків метану викидається з розколів землі поблизу родовищ нафти чи газу, із діючих вулканів. Велику частину вносять танучі льодовики. Проте найбільша частка виробляється живими організмами. Отже, приблизно 60 % метану в атмосфері опинились там завдяки діяльності людини. Головними чинниками є сільське господарство та видобування і спалення органічного палива. Вчені вважають, що через людську активність кількість метану в атмосфері збільшилась в два рази з вісімнадцятого сторіччя. Разом з тим метан є менш стабільний, ніж газ CO<sub>2</sub>, значно менше часу перебуває в атмосфері після викидів, а значить і заходи з його зменшення значно швидше призведуть до результату.

Щодня наприклад корова перетравлює мінімум 30 – 40 кг різноманітних кормів. Під час переробки цієї зеленої маси травна система тваринного щодня виділяє 500 літрів метану. В цілому м'ясна промисловість викидає в атмосферу 18 відсотків парникових газів, що виробляються людством. Приблизно так само забруднює повітря і автомобільний транспорт [4].

Ведення тваринництва призводить до того, що 15% антропогенних джерел парникових газів припадає саме на нього. Причому всі дослідження вказують на те, що 65% таких викидів утворюються внаслідок розведення і утримання корів. При цьому найбільша частина цих викидів відбувається під час перетравлювання коровами їжі. Також викиди збільшуються внаслідок розширення пасовищ, виробництва корму для великої рогатої худоби та інших чинників ведення тваринництва. Особливість системи травлення корів і призводить до найбільших викидів від діяльності тваринництва.

### 1.3. Небезпечні аспекти вживання м'ясної продукції людиною.

В останні десятиліття лікарі переглянули небезпечні аспекти вживання великої кількості м'ясної продукції. З вживанням червоного м'яса тварин все частіше пов'язують ризики для здоров'я. У 2015 році Всесвітня організація охорони здоров'я включила перероблене м'ясо (ковбасу, шинку, консерви) в список продуктів, які безумовно підвищують ризик захворіти на рак. А червоне м'ясо - в список продуктів, що ймовірно підвищують такий ризик.

У дієтичних рекомендаціях 2015-2020, які публікує американське Міністерство сільського господарства спільно з Міністерством охорони здоров'я, фахівці радять з'їдати не більше 700 грамів м'яса на тиждень. Це близько 100 грамів у день. У квітні 2019 року опубліковано дослідження, в ході якого британські та французькі вчені довели, що вживання навіть 70 грамів червоного або обробленого м'яса щоденно підвищує ризик розвитку раку кишечника на 20% [3].

Крім того, для підвищення швидкості росту та певних інших причин в корми додається велика кількість антибіотиків та небезпечних добавок. Ці елементи приводять до додаткових ризиків розвитку захворювань.

Останнім часом в світі поширюється рух за гуманне відношення до тварин. Опублікована велика кількість різноманітних матеріалів, які демонструють не етичні жакливі технологічні процеси при виробництві м'яса і м'ясної продукції. Це призводить до збільшення негативного ставлення до тваринництва в цілому, заставляє деяких людей відказатися від вживання такої продукції.

Крім етичної сторони до споживання м'яса додається екологічна проблема. Згідно зі звітом Організації економічного співробітництва та розвитку (OECD), сфера тваринництва є найбільшим джерелом викиду метану, закису азоту та інших парникових газів. За різними даними, їх кількість доходить до 20% всіх викидів на планеті [1].

Це ставить перед виробниками завдання шукати альтернативу органічному м'ясу у вигляді більш безпечного виробництва його заміників. На сьогоднішній день розвиваються дві альтернативні технології – це виробництво заміників м'яса

з використанням рослинних білків та більш складне вирощування штучного м'яса з клітин м'яса тварин.

Вибір на користь альтернативної продукції – турбота про своє здоров'я і екологічний стан довкілля. Наприклад, рослинний протеїн добре засвоюється організмом. Для отримання кілограма тваринного білка потрібно затратити майже в 10 разів більше рослинного білка - це корм, який з'їдають тварини.

## РОЗДІЛ II

### РОСЛИННЕ М'ЯСО ЯК ЗАМІННИК В РАЦІОНІ ХАРЧУВАННЯ

#### 2.1. Перспективи виробництва рослинних заміників м'яса.

Боротьба зі зміною клімату, яка анонсована на майбутнє на конференції світових лідерів в Глазго приведе до певних квот та збільшення податків на викиди. Європа буде змінювати всю структуру сільськогосподарського виробництва, вводити нові закони, особливо що стосується тваринництва. Тому скоро постане питання про заміщення класичного м'ясного виробництва з залученням величезних пасовищ, кормової бази, негативного впливу на довкілля на більш прийнятні види виробництва м'ясної продукції або її заміників. В світі збільшується хвиля обурення проти негуманного поводження з тваринами, створюються різноманітні рухи за відмову від споживання м'яса та ін.

На сьогодні в якості альтернативи розвиваються два напрями виробництва:

1. М'ясний заміник на основі рослинного білка (так зване рослинне м'ясо);
2. М'ясо, культивоване з клітин тварин та вирощене в спеціальних пристроях – біореакторах.

В данні роботі розглядаються перспективи і напрямки розвитку рослинного м'яса. Даний продукт знаходить широку популярність у людей, які дотримуються вегетаріанства, і має значні перспективи розвитку в подальшому.

Рослинне м'ясо – це багатий рослинним білком продукт, що імітує вигляд, смак, колір, запах і консистенцію традиційних м'ясних і рибних аналогів у всьому широкому асортиментному спектрі - від різних фаршевих виробів - м'ясних і рибних котлет, фрикадельок, тефтелей, а також ковбас, сосисок, шинки, холодцю і т.п., до натуральних стейків, філе, гуляшу і шніцелів з різними смаками. Основою для всіх цих продуктів служать рослинні білки, і перш за все соєвий білок, пшеничний глютен і гороховий білок [16]. Виробництво цих трьох видів білків у вигляді знежиреного борошна, концентратів і ізолятів освоєно харчовою промисловістю в другій половині 20 століття. Перш за все, вони використовуються

в якості добавок – що покращують якість традиційних м'ясних, молочних і кондитерських виробів (Рис 2.1).

Законодавцем моди на штучне м'ясо в Європі намагається бути Великобританія. У Бостоні вже на початку наступного року повинна з'явитися фабрика фірми Plant & Bean з виробництва гамбургерів і ковбас виключно на рослинній основі. Plant & Bean планує виробляти всього близько 55 тисяч тон альтернативних білкових продуктів в рік: таке масове виробництво дозволить індустрії штучного м'яса скоротити розрив в ціні і якості з традиційними м'ясними продуктами. В 2021-м Plant & Bean планує завоювати і американський ринок, а у 2022-му розпочати виробництво в Китаї і Таїланді.

Свою продукцію представила і найбільша в світі мережа ресторанів швидкого харчування McDonald's, яка в 2021 році представила вироби, в яких в якості м'яса використовують заміник з рослинного білка. Така продукція має назву McPlant. Але сьогодні в Америці найпопулярнішим виробником заміників є Beyond Meat (виробляє котлети для бургерів, сосиски і фарш з білків, отриманих з гороху, бобових і рису; їх можна спробувати в тому числі і в Україні) та фірма Impossible Foods, яка виробляє котлети для бургерів з білків пшениці, сої, картоплі та соєвого леггемоглобіну.



Рис 2.1. Зразки рослинного м'яса

Компанія Novameat друкує на 3D-принтері альтернативне м'ясо з рослинних білків. Компанія Alerph з Ізраїлю проводить дослідження з виробництва штучного м'яса в космосі. В Україні стартап Eat Me AT використовує текстурований соєвий білок для виробництва фаршу.

## 2.2. Технологічні аспекти виробництва рослинного м'яса.

Рослинна м'ясо - це продукт, що імітує вигляд, смак, колір, запах і консистенцію традиційних м'ясних і рибних аналогів. Основою для таких продуктів служать рослинні білки, перш за все - соєвий білок, пшеничний глютен і гороховий білок.

Рослинні білки використовуються як у вигляді порошкоподібних продуктів, так і в текстурованому вигляді - після спеціальної технологічної обробки методом екструзії варіння. Суть методу в тому, що суміш білкового порошку і води піддається обробці в спеціальних апаратах - екструдерах, в яких відбувається продавлювання білкової маси при високій температурі і тиску через отвори малого діаметра з наступним швидким охолодженням. Цим методом екструзії варіння отримують волокнистий продукт, добре імітує текстуру м'яса. Отримана губчаста маса потім подрібнюється і сушиться. Залежно від подрібнення тесту в процесі виробництва пористі шматочки текстур можуть мати різні форми і розміри, наприклад: фарш, пластівці, гуляш, відбивні, шматочки кубічної або довгастої форми [7].

Текстурати після регідратації можуть використовуватися як самостійно в якості аналога м'ясних напівфабрикатів для приготування найширшого асортименту страв, так і послужити основою для отримання рослинного м'яса в готовому вигляді. І тут уже працює кулінарна фантазія, досвід і технологічні знання виробників. Ринок пропонує готові заморожені продукти найширшого асортименту - різні веганські м'ясні, рибні котлети, кульки, стейки, відбивні, рулети, роли тощо Для їх отримання використовують, як правило, соєві, пшеничні і горохові білки в порошках і в текстурованому вигляді, різні види клітковини,



крохмалю, різноманітні масла, веганські приправи, барвники, спеції та інші компоненти (Рис 2.2).

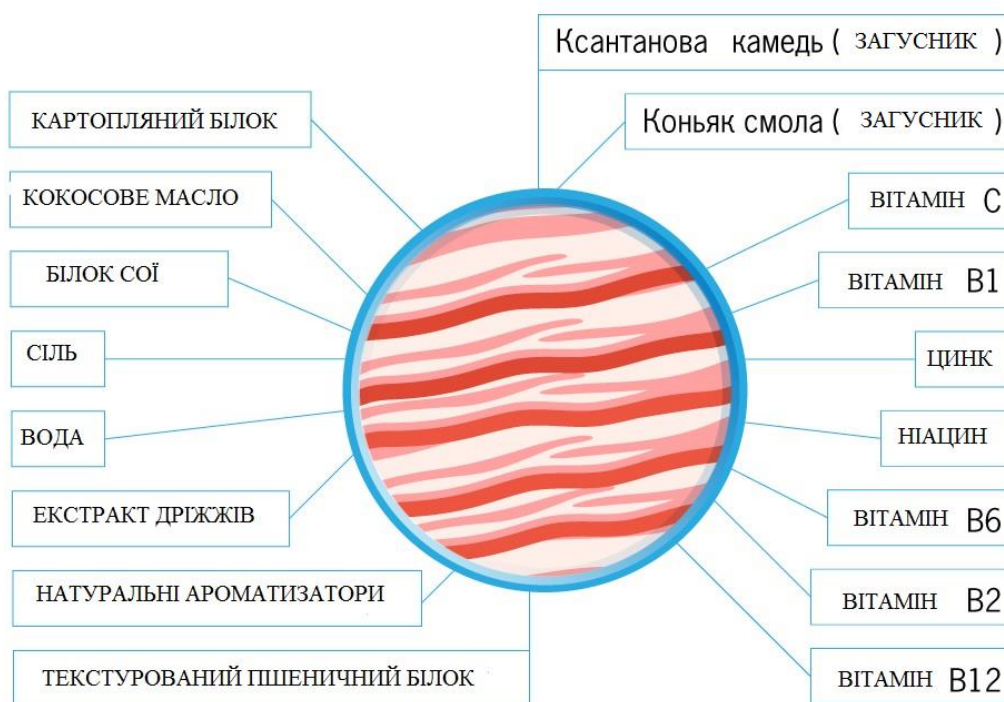


Рис 2.2.Склад рослинного замітника м'яса.

Окремо слід тут зазначити рослинне м'ясо сейтан, особливо популярне серед вегетаріанців. Цей продукт отримують не з текстурованого пшеничного білка, а з пшеничного борошна промиванням тесту. Простота процесу і м'ясоподібних структура одержуваного продукту зробили сейтан надзвичайно популярним спочатку в азіатській кухні, а потім і по всьому світу, особливо серед вегетаріанців, для яких він став першим рослинним видом м'яса. Рослинна м'ясо - відмінна альтернатива будь-яким традиційним м'ясним продуктам, і асортимент в цьому сегменті неухильно зростає завдяки старанням виробників [18].

До складу рослинної котлети Beyond Meat входять ізолят горохового білка, вода, кокосове і рапсове масла прямого віджиму, сіль, оцет, крохмаль і дріжджовий екстракт. В одній котлеті міститься 20 г білка, що навіть більше, ніж в котлеті зі звичайного м'яса. При цьому в рослинній продукції немає ГМО, глютену, сої, антибіотиків, холестерину, гормонів і паразитів. Бургери Beyond Meat є на 100% веганські, однак по консистенції, запаху, смаку і кольору їх практично неможливо

відрізнити від традиційних. Колір рослинної котлети також схожий на м'ясний - він імітується за допомогою бурякового соку. І навіть під час смаження рослинні бургери справляють враження натуральної котлети: виділяють жир, видають характерне шкворчання, і з них проступає «кров».

Основою для рослинного м'яса є агрокультури, багаті білком: бобові, рис, киноа, ізоляти рослинних білків. У складі також є рослинні масла, крохмаль і інші добавки, що впливають на харчову цінність і властивості продукту. Інгредієнти змішують, після чого суміш потрапляє в екструдер, де рослинна паста перетворюється в готовий продукт. Схожість з натуральним м'ясом досягається за допомогою набору приправ. Крім того, дуже важлива текстура продукту - її наближають до текстури м'яса, обробляючи сировину паром під тиском

Порівняльна характеристика рослинного і натурального продуктів наведена на Рис2.3.



Рис 2.3. Порівняльні характеристики .

Крім людей, які взагалі не вживають м'яса, рослинна котлета повинна привернути увагу захисників навколишнього середовища, розраховує Beyond Meat. Власне, сама компанія була створена зятими захисниками природи. Її

засновником є американець, веган Ітан Браун, а серед основних інвесторів - один з творців Microsoft Білл Гейтс і актор Леонардо Ді Капріо.

Як впливає з дослідження Мічиганського університету (США), яке було проведено на замовлення Beyond Meat, на виробництво м'ясної котлети потрібно близько 1,2 тис. л води і 4 м<sup>2</sup> землі, тоді як на рослинний бургер води і землі потрібно на 99% і 93 % менше відповідно. На 46% нижче і витрата електроенергії, а викид парникових газів - на 90%. При цьому дані ФАО кажуть, що викиди парникових газів в сільському господарстві ростуть - за останні 50 років вони практично подвоїлися і можуть зрости ще на 30% до 2050 року [5].

Стартап під назвою Impossible Foods, домігся найбільшої автентичності за смаковими параметрами. Це особливо дивно, враховуючи, що свою «яловичину» вони створюють не з клітин тварин, а з рослинних матеріалів. Але засновник компанії професор біохімії Патрік Браун розмірковував так: справжнє м'ясо дуже складно виростити з клітин, тому що це дуже складна тканину. Вона складається з десятків тисяч м'язових волокон, кровоносних судин, нервів, прошарків жирової та сполучної тканин. Набагато простіше розкласти цю складну матерію на хімічні елементи і потім спробувати зібрати воедино з сировини рослинного походження. У проект повірили великі люди: серед інвесторів фігурують найбагатша людина планети Білл Гейтс і самий заможний бізнесмен Азії гонконгський підприємець Лі Кашин. Біохіміки Impossible Foods витратили 5 років і 80 мільйонів доларів на те, щоб розкласти смак яловичини на молекули. Вони вивчали, чому сире м'ясо практично без смаку, але варто кинути його на сковорідку, як кухня тут же наповнюється спокусливими ароматами. Чому шматок телятини шипить на сковорідці. Через що змінює колір після термічної обробки. Завдяки яким речовинам утворюється фірмовий запах. Чому шматок телятини шипить на сковорідці. Через що змінює колір після термічної обробки. Завдяки яким речовинам утворюється фірмовий запах. Чому шматок телятини шипить на сковорідці. Через що змінює колір після термічної обробки. Завдяки яким речовинам утворюється фірмовий запах.

В результаті з'ясувалося, що ключовим компонентом, який дає м'ясу смак і текстуру, є геми. Ці сполуки входять до складу гемоглобіну. У гемах міститься атом заліза, і завдяки цьому кров здатна насичуватися киснем. Особливо багаті цими сполуками м'язові волокна. Це свого роду цеглинки з яких будується живий організм. Геми містяться не тільки в живих організмах, а й в рослинах. Наприклад, в сої. Правда, процентний вміст гемов в тканинах рослин в тисячі разів менше, ніж в тканинах тварин. Однак біохіміки знайшли досить дешевий спосіб синтезувати «секретний інгредієнт» з сої. У цій рослині міститься леггемоглобін - складні білки, які так само мають здатність зв'язувати кисень і мають велике структурний подібність з гемоглобіном. Вчені пояснюють це загальним еволюційним походженням [18].

Однак Патріку Брауну і його колегам вдалося впоратися з цією проблемою, запозичивши рішення у пивоварів. Вони використовували той же процес бродіння, в результаті якого на світ з'являється божественний пінний напій. Гени, що відповідають за виробництво в сої леггемоглобін, «підсадили» штаму дріжджів *Pichia pastoris*, які в біотехнологіях застосовують для синтезу білків. Отриману масу підгодовували живильним розчином і на виході отримали гем вже в промислових обсягах.

Крім того, вони реконструювали запах м'яса, використовуючи рослинні аналоги. Зробити потрібний запах зовсім неважко, треба тільки знати, в яких пропорціях змішати хімічні речовини, з яких він складається.

### РОЗДІЛ III

## ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТА НЕОБХІДНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА РОСЛИННОГО М'ЯСА

В якості сировини для виробництва рослинного м'яса використовують текстуровані рослинні протеїни, які надають унікальну можливість легко створювати поживні замітники м'яса на основі рослинної сировини. Такі протеїни отримують із жовтого гороху, квасолі, сої та інших білкових культур як екологічно чистий текстурований протеїн (у сухому вигляді) високого ступеня очистки. Завдяки різноманітним джерелам рослинної сировини та особливій структурі текстурованих рослинних білків є можливість розробляти високоефективні продукти нового покоління, які будуть гідною альтернативою м'ясу для нових гастрономічних смаків, текстури та поживних властивостей [19].

Технологія виготовлення рослинного м'яса складається з таких основних етапів:

- Емульгація (екструзія);
- Гелеутворення;
- Еластична текстура.

На першому етапі процес емульгації дозволяє отримувати рослинні білки, які використовуються як у вигляді порошкоподібних продуктів, так і в текстурованому вигляді - після спеціальної технологічної обробки методом екструзії варіння. Суть методу в тому, що суміш білкового порошку і води піддається обробці в спеціальних апаратах - екструдерах, в яких відбувається продавлювання білкової маси при високій температурі і тиску через отвори малого діаметра з наступним швидким охолодженням. Цим методом екструзії варіння отримують волокнистий продукт, добре імітує текстуру м'яса. Отримана губчаста маса потім подрібнюється і сушиться. Залежно від подрібнення тесту в процесі виробництва пористі шматочки текстур будуть приймати різноманітні розміри і

форми. Це можуть різноманітні бути шматочки кубічної або довгастої форми, відбивні, пластівці, гуляш, фарш.

Під екструзією ми розуміємо універсальний процес. Його застосовують для переробки різноманітної рослинної сировини. Це дає можливість створювати продукти, які можуть імітувати м'ясо за структурою волокон, повторювати колір та смак. Для цього процесу використовують різноманітні екструдери (Рис3.1). В процесі виробництва обов'язково застосовується охолоджувальна плашка. За її допомогою досягається необхідна структура виробляємої продукції [17].

Високоєфективна плашка – матриця PolyCool 1000 випускається німецькою фірмою Bühler. Матриця працюючи разом з екструдером створює волокнисті структури для виробництва рослинного м'яса чи риби. Продуктивність обладнання сягає 1000 кг на годину. Окрім сої і бобових культури система PolyCool 1000 використовує і іншу сировину. Це можуть бути відходи з пивоварень або мікрводорості.

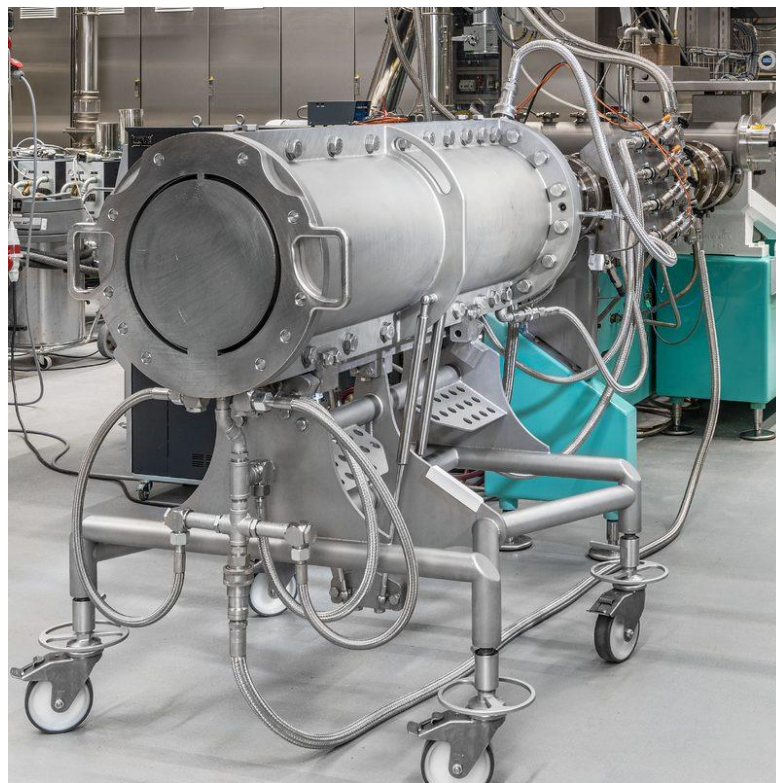


Рис 3.1. Промисловий екструдер PolyCool 1000

Завдяки використанню екструдерів в технологічній схемі обробки крохмаловмісної сировини готові продукти не втрачають висоти смакових якостей. За допомогою екструдерів можливо отримати продукт, який має збалансований склад і відрізняється низькою собівартістю [20].

Другий етап виробництва дає продукту необхідні смакові та поживні властивості. До отриманого продукту-текстури додають воду з буряковим концентратом, і натуральні ароматизатори. Окрім цього додають гідролізовані білки і дріжджові екстракти. Використання бурякового концентрату дозволяє імітувати в м'ясі кров. Також в склад продукту включають багатий білками картопляний протеїн-. Окрім того продукт замочується в бульйоні з спецій, зі смаками і ароматом. Для придання продукту смаку м'яса додається дріжджовий екстракт.

Гідролізовані білки це продукт, який виробляють фактично з сої, пшениці і дріжджів. В процесі виробництва в цій сировині білки руйнуються, що призводить до звільнення амінокислот, які надають необхідний смак [18].

Третій етап є процесом формування готової продукції. Для придання еластичної структури все скріплюється сумішшю метилцелюлози. При цьому вона змішується з соняшниковою (чи будь-якою іншою) олією і водою. Додавання замороженого кокосового масла надає необхідну жирність. Для цього використовуються (Рис 3.2.) різноманітні преси, текстурні плашки та охолоджувачі

Метилцелюлоза – це клітковин, що склеює все як желатін.  $[C_6H_7O_2(OH)_3-x(OCH_3)_x]_n$ , простий метиловий ефір целюлози. Найбільше технічне значення має водорозчинна М. (ступінь заміщення  $\gamma = 140-200$ , вміст груп -  $OCH_3$  23,5-33%) – тверда речовина білого кольору, без запаху та смаку; щільність 1,29-1,31 г/см<sup>3</sup>, тпл 290-305 °С.



Рис 3.2. Приклад обладнання для формовки готової продукції

У промисловості М. одержують реакцією лужної целюлози з хлористим метилом  $\text{CH}_3\text{Cl}$ . М. застосовують, наприклад, при виготовленні клеїв для пінопластів, шкіри та шпалер, у виробництві водорозчинної пакувальної плівки, емульсійних фарб, як стабілізатор водно-жирових емульсій у парфумерії, як стабілізатор морозива та загусник соків у харчовій промисловості, а також у медицині (капсулювання таблеток, безжирова основа очних крапель та мазей, компонент проносних) та ін [20].

Отриману продукцію заморожують. Терміни зберігання в морозильниках не менше одного року.

Отже умовний набір обладнання для виробництва рослинного м'яса наведений на Рис3.3.



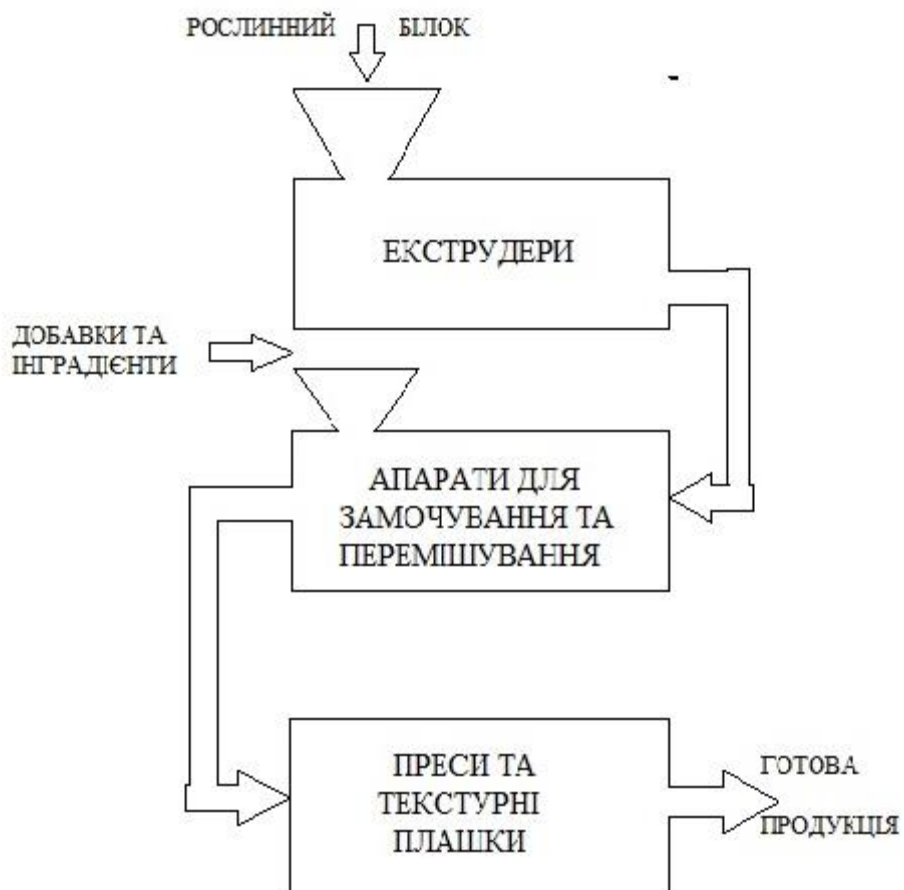


Рис3.3. Перелік обладнання для виробництва

Таким чином виробництво білкових м'ясних заміників не потребує великих виробничих площин та складного устаткування. Продукція зацікавить людей, які розглядають зменшення або відмову від споживання натурального м'яса.

## ВИСНОВКИ

1. Напрямки розвитку світової економіки спрямовані на кардинальне зменшення парникових викидів. Основними джерелами викидів парникових газів в світі є енергетична сфера, промисловість та сільське господарство. Найнебезпечніші викиди в метану та вуглецю продукує промислове тваринництво, яке постійно зростає в зв'язку зі збільшенням населення землі та споживанням м'ясної продукції.

2. Для зменшення кількості парникових газів та подальшого вирішення проблеми виробництва продовольства розробляються альтернативні технології виробництва замінників натурального м'яса. Доступним та прийнятним для людей, які планують зменшення споживання натурального м'яса або повної відмови від нього з медичних або етичних поглядів, є виробництво рослинного замінника.

3. Для виготовлення рослинного замінника м'яса використовують білки з сої, гороху, пшениці, дріжджові добавки. Збільшення споживання замінника дозволить знизити тиск на навколишнє середовище шляхом зменшення викидів парникових газів, площі пасовищ, зменшення споживання енергії.

4. Для виробництва рослинного м'яса використовується набір обладнання, який складається з екструдерів для текстурації білка з рослинної сировини, обладнання для насичення отриманого білка корисними речовинами, формування готової продукції різними пресами і плашками. Таке виробництво не потребує великих площ, капіталовкладень, складних технологій та доступно в нашій країні.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Богачик О. Вплив промислового свинарства на навколишнє середовище [Електронний ресурс] / О. Богачик // Співчуття у фермерстві. — 2016. — Режим доступу: <http://ciwf.in.ua/?p=925> Джерело: розроблено за даними НДІ "Укragenпромпродуктивність".

2. Бондарев А. Глобальное потепление: апокалипсис отменяется [Електронний ресурс] / Алексей Бондарев // Газета "Сегодня". — 2009. — Режим доступу: [http://www.segodnya.ua/world/hlobalnoe\\_poteplenieapokalipsic](http://www.segodnya.ua/world/hlobalnoe_poteplenieapokalipsic) otmenjaetsja

3. Вишебаба П. 10 причин відмовитись від мяса [Електронний ресурс] / Павло Вишебаба // Газета "Українська правда". — 2017. — Режим доступу: [http://life.pravda.com.ua/health/2017/03/23/223275/?fbcomment\\_id=1132165426893995\\_1138059769637894#f2dd1b5762f1268](http://life.pravda.com.ua/health/2017/03/23/223275/?fbcomment_id=1132165426893995_1138059769637894#f2dd1b5762f1268)

4. Гринів Л.С. Фізична економія: нові моделі сталого розвитку: монографія / Л.С. Гринів. — Львів: Лігапрес, 2016. — 424 с.

5. 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 "Укragenпромпродуктивність". — 2016. — 142 с.

6. Жукорський О.М. Галузь свинарства — реальна та прогнозована загроза для довкілля / О.М. Жукорський, О.В. Никифорок // Агроекологічний журнал. — 2013. — № 3. — С. 102—107.

7. Неверова О.А. Пищевая биотехнология продуктов из сырья растительного происхождения / О.А. Неверова, Г.А. Гореликова, В.М. Позняковский. — Новосибирск: Сиб.унив.изд-во, 2007. — 415 с.

8. Загоруй Я. Чому змінюється клімат [Електронний ресурс] / Ярослав Загоруй // Інтернет\_видання ХайВей. — 2005. — Режим доступу до ресурсу: <http://h.ua/story/5165/>

9. Изменение климата, 2014 г.: Обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп I, II и III в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по

изменению климата [основная группа авторов, Р.К. Пачаури и Л.А. Мейер (ред.)] [Электронный ресурс] // МГЭИК. — 2014. — Режим доступа: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment\\_report/ar5/syr/SYR\\_AR5\\_FINALfull\\_ru.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment_report/ar5/syr/SYR_AR5_FINALfull_ru.pdf)

10. Лещук І. Вплив інтенсивного тваринництва на навколишнє середовище/ І. Лещук // Екологія життя. — 2012. — Режим доступу: [ttp://www.eco\\_live.com.ua/content/blogs/vpliv\\_intensivnogo\\_tvarinnitstva\\_nanavkolishne\\_seredovishche](http://www.eco_live.com.ua/content/blogs/vpliv_intensivnogo_tvarinnitstva_nanavkolishne_seredovishche)

11. 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](http://a7d.com.ua/tvarinnictvo/11602ekologchnazagrozachi_znizhennya_produktyvnosttvarin.html).

12. Палапа Н.В. Промислове тваринництво: екологічно\_економічні наслідки / Н.В. Палапа, Н.Б. Пронь, О.В. Устименко. // Збалансоване природокористування. — 2016. — №3. — С. 64—67.

13. 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](http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/ru/08_2013_%D0%BF)

14. Фурдичко О.І. Екологічні основи збалансованого розвитку агросфери в контексті європейської інтеграції України: монографія / О.І. Фурдичко. — К.: ДІА, 2014. — 432 с.

15. Ходаківська О.В. Екологізація сільськогосподарських земель: сучасний вимір та перспективи розвитку / О.В.Ходаківська // Економіка АПК. — 2011. — №10. — С. 23—30.

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

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

18. 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).

19. 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).
20. Пирог Т.П. Загальна біотехнологія: підручник / Т.П. Пирог, О.А. Ігнатова. – К.: НУХТ, 2009. – 336 с.
21. Пирог Т.П. Загальна мікробіологія: підручник / Пирог Т.П. — К.: НУХТ, 2004. — 471 с.
22. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – М.: Ин-т компьютерных исследований, 2002. – 656с.
23. Моисеев Н.И. Экология человечества глазами математика. – М.: Мол. гвардия, 1988. – 254с.
24. Некос В.Е. Основы общей экологии и неозоологии. Харьков: Прапор, 2001. – 287с.
25. Романовский Ю.М. Процессы самоорганизации в физике, химии, биологии. – М.: Знание, 1981. – 404с.
26. Хакен Г. Синергетика. – Мир, 1980. – 404с.