

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет технологій і дизайну
Кафедра хімії та хімічної інженерії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Порівняння ефективності впливу технологій переробки сої
на біохімічний склад сої та її продуктів

Галузь знань 16 – «Хімічна та біоінженерія»

Спеціальність 161 – «Хімічні технології та інженерія»

Освітня програма – «Хімічна технологія та інженерія»

ДРХТІ.2018023.22.01.00

Виконала: здобувачка 2 курсу

група ХТІм-22-1

15.12.2023

Анастасія БАЛІЙЧУК

Керівник: доктор техн. наук, професор

15.12.2023

Ольга ПАРАСКА

Нормоконтролер

18.12.2023

Олександр СТРЕМЕЦЬКИЙ

До захисту допускаю:

Ольга ПАРАСКА

Зав. кафедри хімії та хімічної інженерії

20.12.2023 р

Хмельницький, 2023

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Технологій і дизайну

Кафедра Хімії та хімічної інженерії

Освітній рівень Магістр

Галузь знань 16 Хімічна та біоінженерія

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія

Спеціалізація Хімічні технології та інженерія

Освітня програма Хімічна технологія та інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д. т. н., проф. Ольга ПАРАСКА

15 серпня 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Балійчук Анастасії Василівни

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи Порівняння ефективності впливу технологій переробки сої на біохімічний склад сої та її продуктів

Керівник роботи д. т. н., проф. Параска Ольга Анатоліївна

Прізвище, ім'я, по батькові

Затверджено наказом ректора університету від 15 серпня 2023 р. № 30

2. Термін подання здобувачем роботи на кафедру 20 грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи Звіт з переддипломної практики. Методичні рекомендації щодо підготовки та виконання кваліфікаційної роботи магістра студентами спеціальностей 102 «Хімія» і 161 «Хімічні технології та інженерія». Стандарти ХНУ Текстові документи. Загальні вимоги СОУ 201.01:2017, СОУ 202.02:2017.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Сучасний стан, вимоги виробництва сої та її продуктів. Основне обладнання та аналіз технологій переробки сої. Вплив ефективності технологій переробки сої на біохімічний склад її продуктів.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) 11 слайдів програми презентації Power Point

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему: Порівняння ефективності впливу технологій переробки сої на біохімічний склад сої та її продуктів

Автор роботи – здобувач гр. ХТІм –22–1

Анастасія БАЛІЙЧУК

Керівник роботи – д. т. н, професор

Ольга ПАРАСКА

Обсяг магістерської роботи 76 сторінок, 22 таблиці, 15 рисунків, 26 джерел посилань, графічної частини 11 слайдів виконаних у програмі презентації.

Ключові слова: соя, біохімічний склад, соєва олія, макуха, шрот.

Мета роботи: дослідження впливу технологій переробки сої на біохімічний склад сої та вихід її продуктів.

Об'єкт дослідження – технології переробки сої та соєвих продуктів.

Предмет дослідження – соя, соєві продукти.

Проаналізовано сучасний стан виробництва, особливості застосування сої, її продуктів в Україні та світі. Здійснено детальний аналіз біохімічного складу сої та її продуктів. Наведено характеристики сучасного обладнання, яке використовують в технологіях переробки сої. Надані рекомендації, щодо зменшення кількості відходів та покращення якості продуктів переробки сої.

Проведено порівняльний аналіз ефективності технологій переробки сої ТМ BRONTO сої на біохімічний склад її продуктів.

Здобувачка групи ХТІм –22–1

Анастасія БАЛІЙЧУК

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ СОЇ ТА ЇЇ ПРОДУКТІВ.....	8
1.1 Сучасний стан виробництва сої та соєвих продуктів в Україні та світі.....	8
1.2 Основні тенденції та виробники з переробки сої в Україні.....	15
1.3 Особливості застосування сої та соєвих продуктів в раціоні харчування.....	21
2 ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТІВ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	26
2.1 Характеристики зразків насіння сої.....	26
2.2 Аналіз виробничого обладнання, яке використовують в технологіях переробки сої.....	32
2.3 Алгоритм розрахунків біохімічного складу сої та її продуктів.....	39
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ СОЇ НА БІОХІМІЧНИЙ СКЛАД СОЇ ТА ЇЇ ПРОДУКТІВ.....	40
3.1 Аналіз показників якості сої та її продуктів.....	40
3.2 Біохімічний склад сої та її продуктів	44
3.3 Дослідження особливостей технологій переробки сої.....	49
3.4 Порівняльна оцінка ефективності технологій переробки сої та її продуктів.....	57
3.5 Аналіз біохімічного складу продуктів переробки сої.....	63
3.6 Екологічні аспекти застосування технологій переробки сої.....	67
ВИСНОВКИ.....	72
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	74

ВСТУП

В даний час однією з найбільш прибуткових сільськогосподарських культур на світовому ринку, є соя. Тенденція зростання попиту на цю культуру також спостерігається в Україні. Соя вирощують навіть у тих регіонах, які вважалися абсолютно непридатними для вирощування сої. Вартість на сою та продукти її переробки постійно зростає. У всьому світі, багато фермерів починають інвестувати в технології переробки сої, оскільки фермерам та фермерським господарствам вигідно отримати додатковий прибуток не тільки від вирощування сої, але і від її переробки [1, 2]. Україна вийшла на перше місце в Європі за виробництвом сої. Це сталося завдяки створенню та впровадженню у виробництво сортів сої нового покоління, розробці сортової технології їх вирощування, технологій переробки сої, підвищенню попиту на сою на світовому ринку. Прогнози свідчать про те, що виробництво сої та її продуктів зростатиме і надалі.

Соя – одна з найдавніших культурних рослин. Соя відноситься до родини бобових (*Leguminosae* Juss), підродини метеликових (*Papilionaceae* Maub) і роду гліцине (*Glycine* L). Назва «соя» походить від китайського слова «шу» – боби.

Історія вирощування та переробки цієї культури сягає, щонайменше, п'яти тисяч років. Малюнки сої в Китаї були виявлені на каменях, кістках і черепашачих панцирах. Про переробку сої згадується в найраннішій китайській літературі, що відноситься до періоду 3-4 тис. років до нашої ери. Відомий стародавній вчений Китаю Мін-і писав, що засновник Китаю імператор Хуан-ді (за іншими відомостями, Шеньнун), що жив близько 4320 років тому, вчив народ займатися посівом п'яти культур: рису, пшениці, чумизи, проса і сої. Зустрічаються дані, що за його рецептами із сої виготовляли більше 300 різноманітних ліків. Соя згадується в багатьох пам'ятках народного епосу країн Південно-Східної Азії. Про неї складали легенди, сказання як про дивовижну рослину, рятувальницю від голоду та хвороб. Однак точно з'ясувати походження та історію цієї культури все ще не вдається. Багато вчених вважає, що культура соя виникла з дикоростучої.

З давніх часів вона використовувалася людиною в їжу разом із рисом, пшеницею та просом, а після п'ятидесятих років минулого століття стала важливим джерелом білка для людей та тварин, а також цінною промисловою сировиною для отримання олії. На початку впровадження сої основну увагу звертали на її властивості, як олійної культури. В останні роки переважає використання сої як джерело білка, особливо харчового, збалансованого за амінокислотним складом. Соевий білок поліпшує харчові властивості інших рослинних білків, оскільки ті амінокислоти, яких не вистачає в інших білках, є в достатній кількості у соєвому продукті. Введення соєвого білка до раціону є чудовим способом компенсувати брак лізину та інших амінокислот у білку пшениці, рису, жита, ячменю, вівса, проса, кукурудзи [3].

В Україні проводяться оригінальні дослідження з термічної обробки зерна сої для підвищення її засвоюваності, а також заготовлі гранул монокорму з рослин сої, зібраних у фазі жовтої стиглості. Україна є одним із ініціаторів розробки технологій вирощування сої на зрошуваних землях та активного впровадження її у виробництво. Як свідчать наукові дослідження та практика кращих господарств України [2, 4], за кращих агротехнічних умов та підбору технологій переробки сої, можна щороку одержувати високоякісні продукти сої для потреб сільського господарства, тваринництва, харчової промисловості.

Тому метою кваліфікаційної роботи є дослідження впливу технологій переробки сої на біохімічний склад сої та вихід її продуктів. Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- проаналізувати й узагальнити сучасні літературні джерела щодо перспективних технологій переробки сої та соєвих продуктів;
- провести аналіз технологій переробки сої;
- обрати оптимальні технології для одержання соєвої олії, макухи та шроту високої якості.

Об'єкт дослідження – технології переробки сої та соєвих продуктів.

Предмет дослідження – соя, соєві продукти.

Наукова новизна результатів дослідження полягає у теоретичному аналізі та

порівнянні технологій переробки сої для одержання соєвої олії, макухи, шроту високої якості.

Практична цінність результатів дослідження – на підставі порівняльного аналізу технологій переробки сої, запропоновано ефективну технологію одержання цінних харчових добавок для різних потреб.

В даний час соя та соєві продукти широко використовують в різних галузх промисловості, як цінні харчові добавки. Властивості і якість таких добавок безпосерньо залежать від технологій переобки сої. Тому дослідження кваліфікаційної роботи є актуальними і мають практичну цінність.

1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ СОЇ ТА ЇЇ ПРОДУКТІВ

1.1 Сучасний стан виробництва сої та соєвих продуктів в Україні та світі

Соя та її продукти є основним джерелом протеїну для кормів та харчових продуктів для різних галузей промисловості [1, 3]. В середньому показник вмісту протеїну в насінні цієї культури перебуває на рівні від 38 до 40 %. Один кілограм сої за кількістю протеїну замінює близько двох кілограмів м'яса або риби.

Основну частину попиту на сою та її продукти протягом останніх десятиліть забезпечує Китай [5]. Якщо наприкінці 1980-х років споживання м'яса в Китаї становило 20 кг на душу населення на рік, то на початку 2020-х цей показник збільшився до більше ніж 60 кг. Наразі на Китай припадає понад 25 % світового споживання м'яса (в тому числі більше 50 % світового споживання свинини). Тож не дивно, що саме китайський попит став основним драйвером зростання глобального споживання сої протягом останніх десятиріч. Імпорт сої Китаєм збільшився з 25 млн тон в середині 2000 років до 98 млн тон в сезоні 2022 – 2023 років. При цьому виробництво сої в Китаї становить протягом останніх років від 15 до 20 млн тон на рік.

Іншим важливим імпортером сої є країни Європейського Союзу. Європейські країни виробляють лише до 3 млн тон сої на рік, а імпортують в середньому 15 млн тон, а також до 17 млн тон соєвого шроту.

Наразі за загальними світовими посівними площами соя посідає третє місце серед усіх зернових та олійних культур, поступаючись лише пшениці та кукурудзі.

Основними країнами-виробниками сої в світі є Бразилія, США та Аргентина. Протягом останніх років частка трьох країн – найбільших виробників – в загальному світовому виробництві складала більше 80 % (при цьому частка Бразилії становила від 35 до 40 %). Саме збільшення виробництва в Бразилії дозволило задовільнити зростаючий попит зі сторони Китаю. Протягом останніх двадцяти років посівні площі сої в Бразилії зросли в два з половиною рази, загальне виробництво – більше ніж в три рази. В сезоні 2022-2023 років посівні площі сої в

Бразилії становили рекордні 43,4 млн га, середня врожайність – 3,6 т/га, загальний врожай – 156 млн тон. Збільшення виробництва в Бразилії (на 26 млн тон до попереднього сезону) дозволило збільшити загальне світове виробництво, незважаючи на значний негативний вплив від посухи в Аргентині (де врожай знизився з 44 млн тон в сезоні 2021-2022 років до 25 млн тон), а також зниження виробництва в США (з 121 млн тон до 116 млн тон).

Більшу частину (дві третини) сої Бразилія, не перероблюючи, експортує (в основному в Китай). Щодо США, то експорт та переробка в останні роки складають приблизно рівні частини, а ось Аргентина практично всю вирощену сою переробляє. Саме Аргентина є найбільшим світовим експортером соєвого шроту з часткою до 40 % (при переробці 1 т сої в середньому отримують до 200 кг соєвої олії та близько 780 кг соєвого шроту).

Загальне світове виробництво сої в сезоні 2022-23 за останніми оцінками USDA у червні 2023 року становило близько 370 млн, у порівнянні з 360 млн тон в попередньому сезоні. Загальне світове виробництво сої за період 2017 – 2024 років наведено на діаграмі рисунку 1.1.

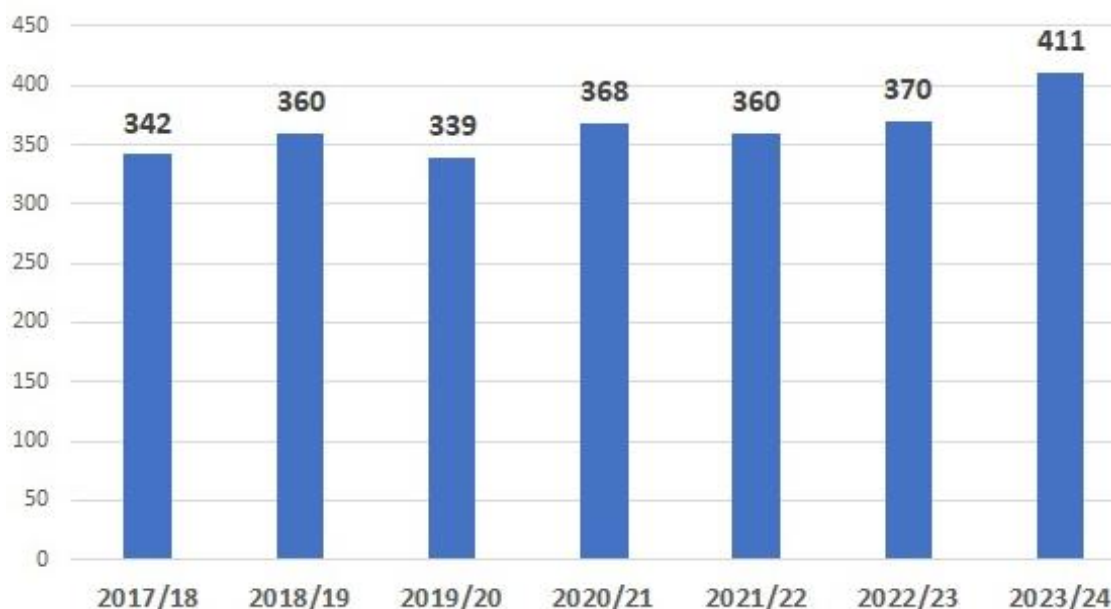


Рисунок 1.1 – Загальне світове виробництво сої (за оцінками USDA)

На наступний сезон прогнозують рекордне виробництво сої, що перевищить 400 млн тон. Основні чинники зростання – збільшення врожаю в Аргентині після суттєвого падіння в сезоні 2022-2023 років, а також подальше збільшення посівних площ в Бразилії.

Світові ціни на сою досить сильно корелюють з іншими сільськогосподарськими культурами, в першу чергу, з кукурудзою. Це впливає як на зміщення попиту між цими культурами, так і на рішення фермерів стосовно розподілу у посівних площах між соєю та кукурудзою. Безумовно, суттєвий вплив на ціни має і динаміка цін на нафту, оскільки частина сої та кукурудзи переробляють на біопаливо.

Соя не відноситься до традиційних культур, які зазвичай вирощували українські аграрії. До 2010 року загальна посівна площа сої в країні не перевищувала 1 млн га. В першій половині 2010-х років відбувся як кількісний, так і якісний стрибок в розвитку даного напрямку – суттєво зросли як посівні площі, так і врожайність сої. Непоганою була і прибутковість вирощування для фермерів, а в деякі роки соя була однією з найприбутковіших серед усіх культур. Окрім номінальної прибутковості, соя є дуже хорошим попередником практично для всіх культур з точки зору сівозміни, тож має непрямий позитивний вплив на прибутковість вирощування своїх наступників по сівозміні. Тому, що деякі українські агрохолдинги середнього розміру (АТК або ТАКО (АСТ)) почали активно розвивати так звану американську модель вирощування зернових, коли в сівозміні є лише дві культури – кукурудза і соя, які мають відносно рівні пропорції в посівних площах.

Поступово Українські виробники розвивалася як важливі експортери сої. Зростали також потужності з технологій переробки, наприклад, в 2013 році Астартою було введено в експлуатацію великий комплекс з технологічними лініями переробки сої, в 2015 році запустила свою власну переробку компанія Міронівський хлібопродукт (МХП).

Посівні площі сої в Україні, її врожайність, а також загальний врожай сої починаючи з 2005 року наведені в таблиці 1.1:

Таблиця 1.1 – Динаміка посівних площі сої, її врожайність в Україні

Рік	Площа, тис. га	Врожайність, т/га	Загальний врожай, тис. т
2005	422	1.45	613
2006	715	1.24	890
2007	583	1.24	723
2008	538	1.51	813
2009	623	1.68	1 044
2010	1 037	1.62	1 680
2011	1 110	2.04	2 264
2012	1 411	1.71	2 410
2013	1 351	2.05	2 774
2014	1 800	2.17	3 900
2015	2 100	1.79	3 761
2016	1 860	2.31	4 297
2017	1 982	1.97	3 905
2018	1 729	2.58	4 461
2019	1 579	2.29	3 616
2020	1 351	2.07	2 797
2021	1 310	2.64	3 493
2022	1 538	2.43	3 740

За даними таблиці 1.1. посівні площі сої досягнули свого найвищого значення протягом 2015 – 2017 років (близько 2 млн га). Передбачалося збільшення посівних площ сої в Україні, до 3 млн га буде продовжуватись. Однак, починаючи з 2017 року та до 2021 року посівні площі сої в Україні невпинно скорочувались, досягнувши рівня в 1,3 млн га. Головною причиною скорочення посівних площ сої в Україні стали зміни в порядку відшкодування ПДВ при експорті сої, які вступили в силу 1 вересня 2018 року. Згідно нових регуляцій, право на відшкодування ПДВ

при експорті сої могли отримувати лише фермери-виробники сої. Таким чином, з ринку було усунуто посередників, що фактично означало закриття доступу до експорту сої для малих виробників, частка яких серед українських виробників сої становила від 30 до 35 %.

Метою змін в законодавстві було збільшення технологій внутрішньої переробки сої та створення нової потужної індустрії за прикладом переробки соняшнику. Протягом 2018 – 2020 років технології переробки зросли, що наведено на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Виробництво, експорт, переробка сої в Україні, млн.т.

Одночасно зі змінами на внутрішньому ринку, відбувалися зміни на світовому ринку сої. В першу чергу – це торгівельна конкуренція між США та Китаєм. В 2018 році, у відповідь на американські санкції, в Китаї ввели 25 % мито на імпорт сої з США. Відповідно, якщо в попередні сезони США експортувала до Китаю більше 30 млн тон сої на рік, після введення мита поставки впали майже до нуля. До того ж в Китаї через спалах вірусу АЧС суттєво скоротилось поголів'я свиней, що мало значний негативний вплив на імпорт сої. В сезоні 2018 – 2019 він становив 83 млн тон у порівнянні з 94 млн тон в попередньому році. На ринку Китаю американська соя була заміщена зростанням поставок з Бразилії, а США

перенаправила свою сою на інші ринки, демпінгуючи та створюючи таким чином конкуренцію іншим країнам-виробникам, в тому числі Україні.

Відповідно, українські експортні ціни на сою та соєвий шрот протягом 2018 року суттєво зменшились (більше 20 % при відносно стабільній собівартості вирощування). Рентабельність виробництва сої почала суттєво втрачати порівняно з рентабельністю вирощування інших основних культур – в першу чергу соняшнику та кукурудзи [6]. Таким чином, українські фермери (особливо малі та середні, через особливості відшкодування ПДВ при експорті) почали поступово зменшувати посівні площі сої. В сезоні 2018 – 2019 при скороченні площ, за рахунок рекордної на той час врожайності (2,6 т/га), загальний врожай (майже 4,5 млн тон) перевищив показник попереднього сезону (що призвело до того, що запаси сої на кінець сезону 2018 – 2019 роки, більше 400 тис. тон, були найвищими за останні роки. В подальшому виробництво тільки скорочувалось, досягнувши позначки в 2,8 млн тон в 2020 – 2021 роках, що було найменшим значенням, починаючи з 2013 року.

В сезоні 2021 – 2022 при стабільних посівних площах (близько 1,3 млн га) за рахунок нового рекорду врожайності (2,64 т/га) виробництво сої збільшилось (до 3,5 млн тон). Оскільки в 2020 році було відновлено режим безперешкодного відшкодування ПДВ для посередників-експортерів, а також відновився попит та покращилася ситуація на світовому ринку, можна було очікувати на подальше зростання виробництва. Новим та найбільшим для українських фермерів випробуванням стало повномасштабне російське вторгнення в лютому 2022 року.

Протягом останнього десятиріччя базовими регіонами з вирощування сої були центральні області країни – Полтавщина, Кіровоградщина, Вінниччина та Київщина, в останні роки суттєво зросла вага західних регіонів, таких як Хмельниччина та Тернопільщина. Вагому частку в сівозміні аграріїв соя також мала на Херсонщині, де значна частина посівів знаходилась під поливом.

В 2015 році (коли площі під соєю в Україні досягнули історичного максимуму) посівні площі на Полтавщині становили 540 тис. га, Черкащині – 370 тис. га, Херсонщині – майже 450 тис. га. Для порівняння, в 2022 році на

Полтавщині було посіяно сої лише на 134 тис. га, Черкащині – 110 тис. га, Херсонська область була окупована російськими військами. В 2023 році загальні посівні площі сої в Україні збільшились у порівнянні з попереднім роком – з 1,5 млн га до 1,78 млн га. Основна причина – дефіцит та суттєве зростання вартості азотних добрив, що спонукало українських фермерів до значного скорочення посівів кукурудзи (яка є найбільш вимогливою до внесення азотних добрив культурою). Замість кукурудзи аграрії засіяли більше соняшнику та сої. Динаміка посівних площ сої за основними регіонами вирощування в останні роки наведено в таблиці 1.2 (для оцінки динаміки наведені дані для 2015, 2017, 2022 та 2023 років):

Таблиця 1.2 – Динаміка посівних площ сої в Україні на період 2015 – 2023 р.

Регіон	Площа 2015, тис. га	Площа 2017, тис. га	Площа 2022, тис. га	Площа 2023, тис. га
Полтава	540	221	134	150
Херсон	447	117	-	-
Черкаси	368	129	110	110
Суми	292	152	98	96
Хмельницький	279	190	180	192
Вінниця	219	145	106	151
Київ	214	172	106	150
Житомир	173	151	160	183
Кропивницький	175	160	77	88
Тернопіль	105	83	97	148
Львів	39	58	109	112
Всього	2135	1982	1538	1780

За даними таблиці 1.2, лідерами з врожайності, в 2022 році стали Полтавська область (3,0 т/га), Хмельниччина (2,9 т/га) та Тернопільщина (2,9 т/га).

Слід зазначити, що першість в Україні за загальним виробництвом належить Хмельницькій (476 тис. т), Житомирській (323 тис. т) та Полтавській (306 тис. т)

областям. Натомість за урожайністю першість займають південні області – Запорізька (3,6 т/га) та Херсонська (3,4 т/га).

1.2 Основні тенденції та виробники з переробки сої в Україні

Одними з перших виробників, що зосереджені на технологіях переробки сої в Україні в значних масштабах, були компанії Каховка Протеїн Агро, Тегра Україна (Вінницька область) та запорізька група Система, виробниці потужності яких були побудовані на початку або в середині 2000 років. Зі збільшенням посівних площ та врожаю сої зростали і потужності з переробки. В 2009 році було побудовано (в 2013 році – розширено) завод Протеїн Продакшн, що належав кіровоградській групі Креатив, наприкінці 2013 року – введено в експлуатацію завод Астарті, наприкінці 2015 – завод Миронівського Хліпопродукту. Саме дві останні групи є безумовними лідерами з переробки сої, починаючи з 2016 року. Їх спільна частка в загальному обсязі технологій переробки сої в Україні кожного року становить від 30 % до 40%.

Суттєве зростання виробничих потужностей відбулося в 2017 – 2018 роках. Було запущено відразу декілька великих підприємств, серед яких завод компанії Віктор і Ко в Кіровоградській області, АдамполСоя (група АТК), Протеїн-Інвест (Хмельницька область). Також серед найбільших переробників останнього десятиріччя фігурують великі підприємства, які переробляють різні види олійних – соняшник, рапс, сою. Це такі компанії, як Пологівський МЕЗ, ВіОйл, Оліяр.

Вже в 2018 році загальні потужності з переробки сої в Україні оцінювались в від 5,5 до 6 млн тон. При врожаї від 3 до 4 млн тон та значному експорті сої протягом останніх років, до російського повномасштабного вторгнення 2022 року, конкуренція серед переробників була високою, що негативно впливало на прибутковість переробки. Дані з переробки сої протягом останніх років, на прикладі одного з найбільших підприємств в Україні групи Астарта наведено на діаграмі рисунку 1.3.

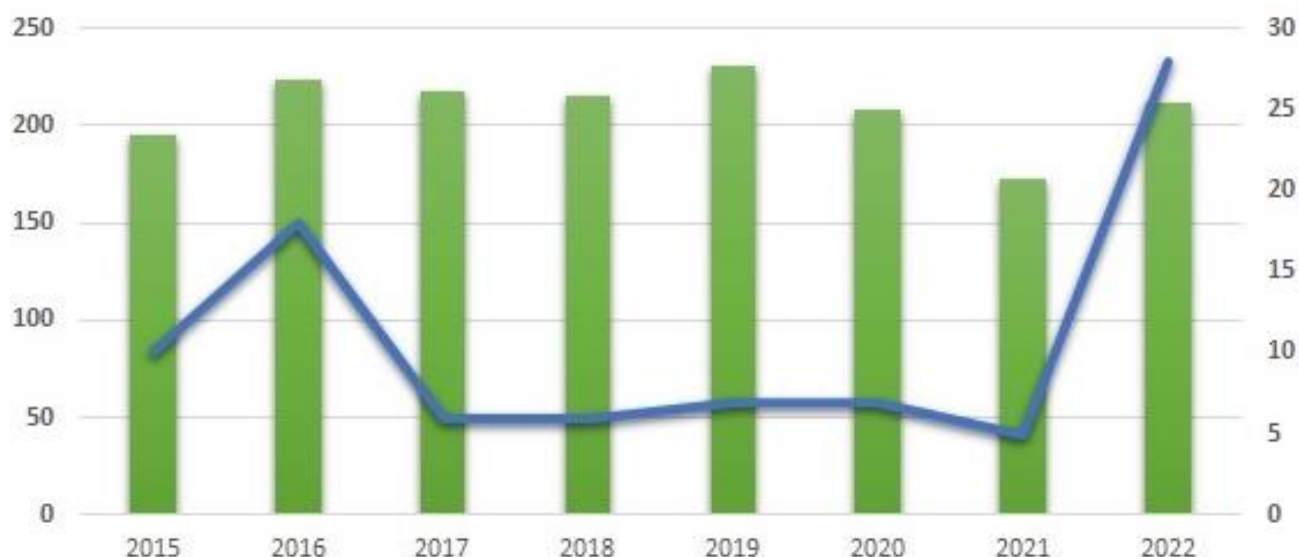


Рисунок 1.3 – Переробка сої в Україні:
тис.т (ліва шкала), млн.євро (права шкала)

До конкуренції між переробниками додаються проблеми з експортом продукції переробки – соєвої олії та шроту. Соєва олія з України майже на 100 % експортується. Основні покупці – Китай та ЄС, і попит на цю продукцію завжди зростає.

З соєвим шротом ситуація складніша. Внутрішній попит на шрот складає від 300 до 400 тис. тон на рік, виробництво коливалося від 700 тис. тон до 1.1 млн тон, надлишок – експортується. В різні часи основними країнами-імпортерами українського шроту були ЄС, Туреччина. Однак, загалом експорт шроту не був дуже розвиненим, Україна є лише фрагментарним постачальником. Це не дозволяє українським переробникам сої конкурувати з переробниками інших країн (особливо таких гігантів, як США, Аргентина, Бразилія). З точки зору логістики основним ринком для українських постачальників повинні стати країни ЄС. Можна сподіватись, що більш активна інтеграція України в європейську спільноту сприятиме в тому числі і стабільності поставок українського шроту на європейський ринок (щороку ЄС імпортує до 17 млн тон соєвого шроту).

Важливим в розвитку експорту сої та соєвих продуктів є вплив технологій вирощування цієї культури. При вирощуванні ГМО сортів сої – з потенційним

покупцем буде Китай. При вирощуванні не-ГМО сортів, спостерігатиметься розвиток та значне збільшення експорту сої з України до ЄС.

Частки українських компаній, найбільших переробників сої протягом останніх років наведені в таблиці 1.3:

Таблиця 1.3 – Частка українських компаній-переробників сої

Виробники	2019	2020	2021	2022
МХП	16 %	17 %	20 %	22 %
Астарта	14 %	17 %	13 %	19 %
АТК	12 %	9 %	11 %	14 %
Віктор і Ко (група Королівський Смак)	14 %	15 %	10 %	7 %
Фалькон-Агро (завод Протеїн Продакшн)	2 %	6 %	9 %	7 %
Пологівський МЕЗ	9 %	4 %	9 %	-

За даними таблиці 1.3., незважаючи на окупацію частини території України та повномасштабні бойові дії, в 2022 році українські аграрії збільшили посівні площі сої – з 1,3 млн га в попередньому році до 1,54 млн га (частково – через дефіцит азотних добрив). Основна частина збільшення припадала на Хмельницьку, Житомирську, Черкаську та Вінницьку області. Врожайність знизилась у порівнянні з 2021 роком, але навіть попри значні труднощі зі збиранням врожаю (великою мірою спричинені несприятливими погодними умовами), це був третій найвищий показник в українській історії (2,43 т/га). Відповідно, хороший врожай сприяв збільшенню пропозиції сої в Україні, активній переробці та експорту.

Незважаючи на повномасштабне вторгнення в календарному 2022 році експорт сої та її продуктів становив 2 млн тон, що майже в два рази перевищило показник 2021 року. Аналіз експорту сої та її продуктів з України наведено на діаграмі рисунку 1.4.

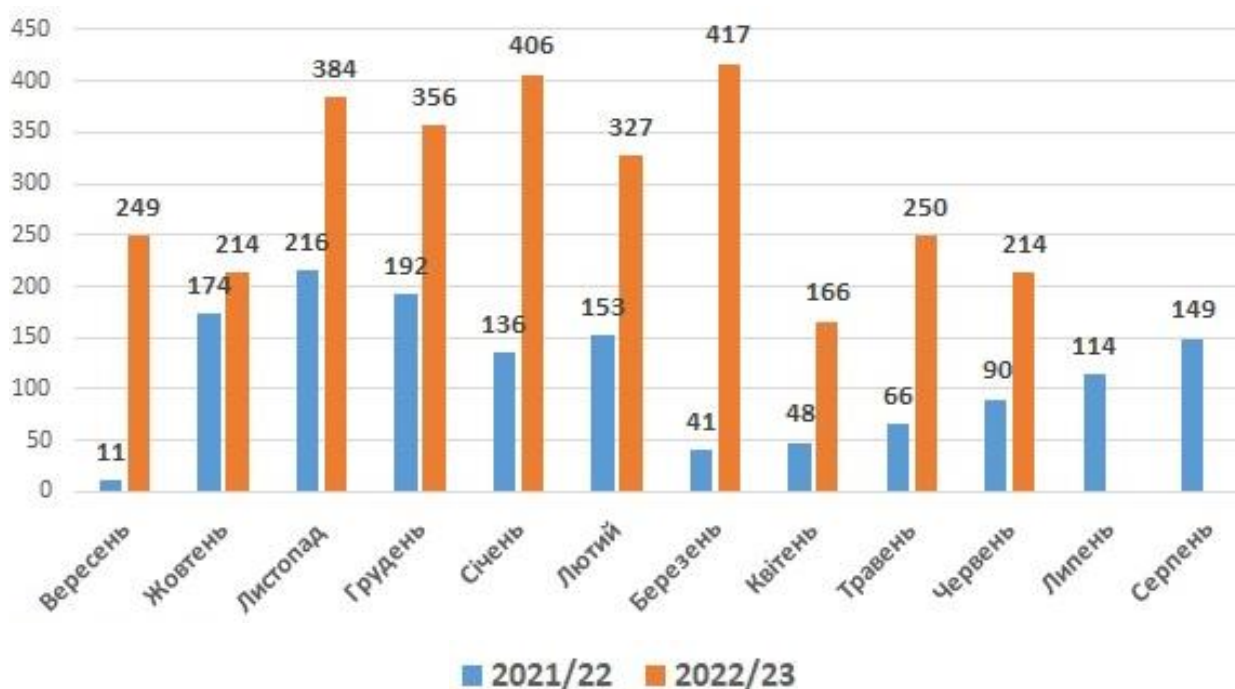


Рисунок 1.4 – Експорт сої та продуктів її переробки з України

За даними діаграми рисунку 1.4., експорт соєвого шроту продемонстрував незначне зниження – з 471 тис. тон до 414 тис. тон, соєвої олії – залишився майже незмінним (237 тис. тон та 241 тис. тон відповідно).

На початку 2023 року експорт сої та продуктів її переробки залишався активним, значно перевищуючи минулорічні показники [5, 6]. Таким чином, з початку сезону 2022 – 2023 року та по кінець червня Україна експортувала 3 млн тон сої, а за весь сезон 2021 – 2022 року – лише 1,4 млн тон. Основними причинами подібної динаміки були хороший врожай 2021 року та не дуже активний експорт сої на початку сезону 2021 – 2022 року. З вересня 2021 року по лютий 2022 року Україна експортувала 880 тис. тон сої, від 650 до 700 тис. тон становили продукти переробки. Таким чином, станом на початок повномасштабного вторгнення залишки сої в Україні становили від 1,9 до 2 млн тон.

Після початку блокування українських портів, вже з квітня 2022 року українські компанії намагались нарощувати поставки сої альтернативними шляхами – через Дунайські порти та залізницею через західні кордони. Нові експортні шляхи були значно довшими і дорожчими, аніж традиційні, але на

експорт сої це збільшення вартості мало менший вплив у порівнянні з зерновими культурами.

Через те, що соя є значно більш дорожчою культурою (за 1 тону) у порівнянні з кукурудзою, частка логістичних витрат в загальній структурі повної собівартості експортованої сої (у відносному значенні) була нижчою. Навіть після відкриття зернових коридорів з українських портів основна частина сої продовжила експортуватися альтернативними шляхами. З 3 млн тон експорту в сезоні 2022 – 2023 року (з вересня по червень) лише близько 30 % було експортовано через чорноморські порти. Трохи більше третини було експортовано через дунайські порти, решту – залізницею та автотранспортом.

Основним напрямком українського експорту в сезоні 2022 – 2023 року стала Туреччина, куди було спрямовано більше третини українського експорту. Решту сої експортували в основному в країни ЄС. За рахунок значної пропозиції сої в Україні, протягом 2022 року внутрішні ціни на сою суттєво зменшились (в середньому від 25 до 30 %). В поточному сезоні, за рахунок значної різниці між внутрішньою та експортною ціною на сою, прибутки отримали експортери та переробники. Як зазначалося вище, прибутковість переробників сої в поточному сезоні – найвища за останнє десятиріччя, за рахунок модернізації виробництва та впровадження ефективних технологій вирощування та переробки сої.

В 2023 році відбулось збільшення посівних площ під соєю – майже до 1,8 млн га. При середній для попередніх семи років врожайності – від 2,3 до 2,4 т/га, Українські виробники можуть зібрати близько 4,2 млн тон сої. Головним питанням як для фермерів та експортерів є питання подальшого функціонування зернового коридору з українських глибоководних портів. В разі, якщо порти будуть нормально функціонувати, логістичні витрати, пов'язані з експортом суттєво знизяться, що сприятиме як зростанню внутрішніх цін, так і рентабельності вирощування сої фермерами. Слід зазначити, що прибутковість технологій переробки сої в цьому випадку суттєво зменшиться у порівнянні з сезоном 2022 – 2023 року. При цьому, якщо логістичні проблеми з експортом будуть продовжуватись, маржа технологій переробки залишиться відносно високою, а

рентабельність вирощування – низькою. Тому, перспектива вирощування та переробки сої в Україні є досить актуальною. Спостерігається стала тенденція розвитку українських фермерів та переробників, як важливих постачальників сої на європейському ринку та як надійна альтернатива для північно- та південно-американської сої на цьому ринку. Виробництво сої в Україні та світі наведено на рисунку 1.5 [6].

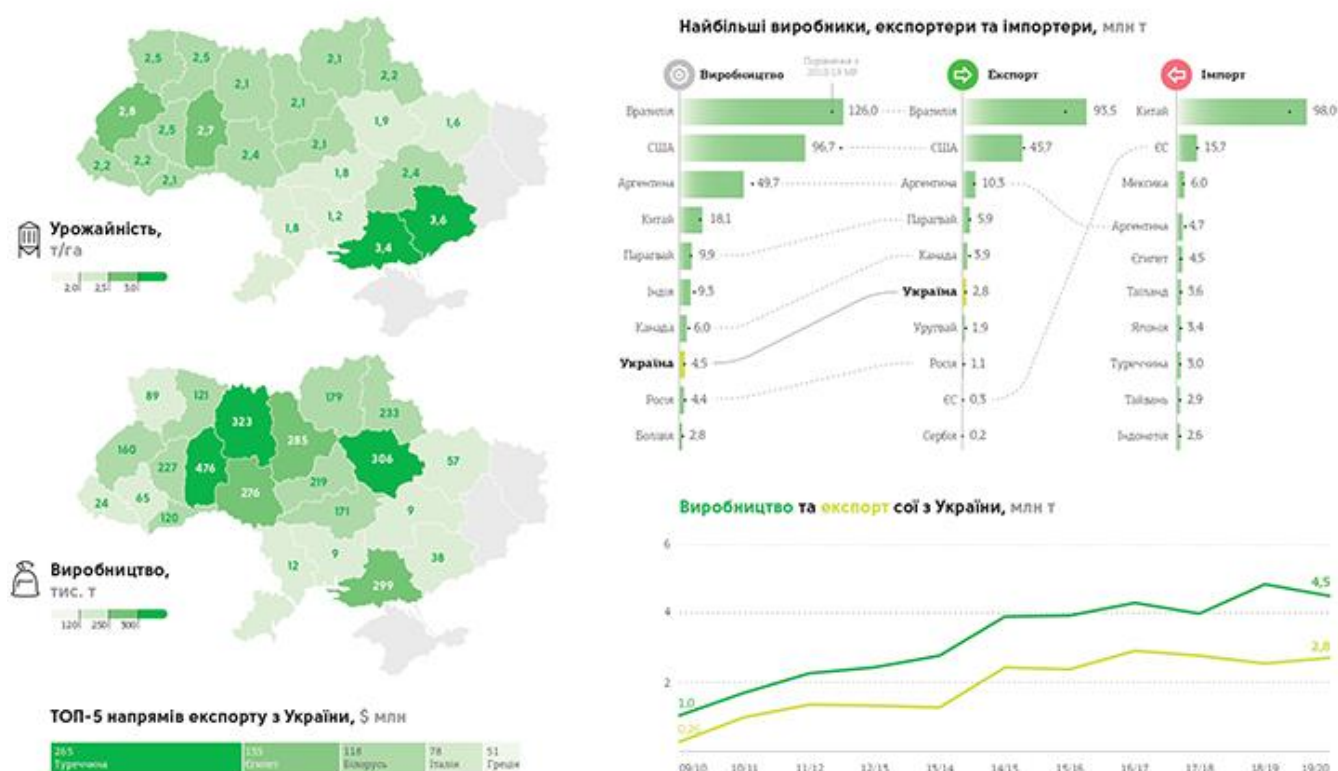


Рисунок 1.5 – Виробництво сої в Україні та світі

За даними рисунку 1.5., Україна залишається в десятці найбільших світових виробників сої і займає серед них восьме місце, виробивши у 2019 – 2020 роках. 4,5 млн т. Очолює цей список Бразилія з показником 126 млн т.

З усього обсягу виробленої в Україні сої 2,8 млн т за цей період відправлено на експорт, що дало змогу зайняти шосте місце серед експортерів цієї бобової у світі.

У 2022 році в Україні зібрано 3,7 млн т сої, що на 7 % більше за попередній врожай. Посівна площа під соєю складала 1,5 млн га. Близько 658 тис. т української

сої (17,5 % загального виробництва) було сертифіковано як таку, що відповідає принципам сталості. Тобто вона не є генномодифікованою та вирощена на земельних ділянках без вирубки лісів та зміни цільового землекористування, згідно стандартів Асоціації «Дунайська Соя». Це гарантує суворе дотримання норм ЄС щодо системи захисту рослин, скорочення викидів парникових газів і простежуваності до поля. Ці норми містяться в нових вимогах ЄС щодо поставок сировини, ризикованої для лісів та еко-систем. Вступ у дію нових правил регулювання ЄС (EU FCR) заплановано на 2024 рік.

Значного результату Українським виробникам вдалося досягти завдяки реалізації Програми Протеїнового Партнерства, яка спрямована на стимулювання виробництва не-ГМО сої сталим способом для подальших поставок в країни Європи. Так у січні 2023 року українські компанії експортували 406 тис. т сої, що є найвищим показником місячного експорту протягом останніх років. Незважаючи на те що виробництво сої та її продуктів в Україні зазнало певних коливань, які гальмували експорт, а отже і попит на цю продукцію, культура залишається однією з основних, не лише через вигідність, а й завдяки своїм унікальним біохімічним властивостям при створенні харчової продукції і добавок.

1.3 Особливості застосування сої та соєвих продуктів в раціоні харчування

На сьогоднішній день соя є однією з найбільш попитних олійних культур в світі. Популярністю користуються не тільки самі боби, а й продукти їх переробки – соєва олія, соєва макуха і соєвий шрот [1, 2]. Україна входить в десятку країн-виробників та експортерів сої у світі.

Соеві боби – це насіння сої, однієї з найбільш відомих і поширених в світі рослин, що вживаються в їжу як людиною, так і тваринами. Її ще називають диво-рослиною – завдяки високому вмісту рослинних білків та дуже високій врожайності [3, 7].

Соева макуха та олія підвищують калорійність корму, допомагають нарощуванню м'язової маси тварин і птиці, є джерелом вуглеводів і цінних білків,

добре збалансованого за амінокислотами. Соева олія не містить холестерину і багата насиченими і ненасиченими жирними кислотами. Крім того, соєвий екструдат має підвищену засвоюваність білка (в порівнянні з екстракційним соєвим шротом), високий вміст високоякісної олії з антиоксидантними властивостями (завдяки наявності вітаміну Е і лецитину), що збільшує терміни зберігання продукту. Взагалі, соєвий білок, підготовлений з використанням екструдування, краще засвоюється, ніж білок, оброблений теплом після екстракції.

Соева макуха виробляється з насіння сої при виробництві олії. Насіння цієї культури віддає при переробці тільки свою олійну частину, залишаючи у відходах їстівні, розплющені пелюстки зерен – соєву макуху. Соева макуха, крім протеїну містить багатий набір мінеральних речовин, таких, як кальцій, залізо, фосфор, марганець, цинк. Як правило, соєву макуху рекомендовано додавати в основний раціон (рекомендована норма – до 20 %) можна будь-яким тваринам, включаючи птахів, риб, собак, кішок. Соевий білок добре засвоюється організмом і своєю біологічною цінністю наближається до білків тваринного походження [7-9]. Високий вміст енергії і протеїну в макусі дозволяє складати високопротеїнові і високоенергетичні раціони без застосування дорогих жирів. Соева макуха використовується для приготування повноцінних комбікормів і кормосумішей. Це високоякісний білковий інгредієнт, що дозволяє досягти високих результатів вигодовування. Включення соєвої макухи в раціон дійних корів (до 2 кг на голову на добу) збільшує надій на 2,0 літра. Несучість курей-несучок зростає на до 30 %, прирости у курчат збільшуються на 7 %, у підсвинків – на 5 %, а приріст живої маси бройлерів і свиней сягає до 30 % і більше, ніж при звичайному вигодовуванні.

Нерафінована соєва олія, що одержується в результаті обробки соєвих бобів є популярним продуктом для приготування збагачених енергією комбікормів. Вона має унікальні властивості, багата на вітаміни, фосфоліпіди та інші корисні речовини. У ній багато ненасичених жирних кислот, особливо лінолевої і ліноленової. Ці кислоти не можуть синтезуватися в організмі тварин, але життєво необхідні для побудови клітин і деяких гормонів. Соева олія містить близько 60 % натуральних антиоксидантів від їх загальної кількості в соєвих бобах. Все це

робить її незамінним продуктом для фермерів, які професійно займаються вирощуванням свиней, великої рогатої худоби, курей, індиків, страусів та інших тварин і птахів.

Соевий шрот є найякіснішою сировиною для виробництва комбікормів для сільськогосподарських тварин, птиці, риби. Його отримують шляхом переробки соєвих бобів (після вилучення з них олії шляхом екстракції) і додатковою вологотепловою обробкою. Соевий шрот покращує засвоєння поживних речовин комбікормів, збільшує добові прирости, надої. Значний вміст протеїну та енергії в шроті дозволяє складати високопротеїнові і висоенергетичні раціони без застосування дорогих кормів. Це ідеальна заміна традиційній кістковому і рибному борошну.

В даний час зростає застосування сої та соєвих продуктів в харчовій промисловості. За біохімічним складом соєві боби містять близько 18 % масла, 39 % білка, 15 % нерозчинних харчових волокон, 16 % розчинних вуглеводнів (сахарози) і близько 15 % вологи, а також незначну кількість мінеральних та інших сполук. Соевий білок володіє прекрасними вологозв'язувальними властивостями і досить ефективно емульгує жир. Також має надзвичайно високу біологічну цінність і легко засвоюється. Споживання соєвого білка сприятливо позначається на здоров'ї. Тому соєві білкові продукти входять до складу дієтичного харчування, раціонів спортсменів, корисних солодоців, енергетичних добавок, збалансованого меню нутріціологів [7, 10]. Сучасні соєві білки, які представлені сьогодні на ринку, мають світлий колір, не впливають на смак і колір готового продукту або цей вплив незначний.

При виготовленні харчових продуктів і добавок використовують різні препарати, отримані з соєвих бобів: соєве борошно, текстурований рослинний білок (текстурат), соєві концентрати, соєві ізоляти. Для комплексного прояву функціональних властивостей соєвих білків потрібна значна кількість води, що забезпечує їх повну гідратацію.

Соеві ізоляти – прекрасні емульгатори жиру, оскільки в їх білкових молекулах присутня велика кількість ліпофільних (гідрофобних) груп. У зв'язку з цим ізоляти здатні одночасно утримувати в харчових продуктах жир і воду, утворюючи стійку структуру. У всьому світі соєві ізоляти застосовують для надання продуктам щільності і формування потрібної текстури, особливо у м'ясопереробній галузі. Соевий білок при взаємодії з білком м'яса проявляє синергізм, в результаті чого м'ясо стає більш щільним.

Отже соя – це унікальна рослина, ідеальний заміник безлічі продуктів харчування, наприклад, найпопулярніших – молока чи м'ясної продукції. Сою використовують майже всюди, оскільки її смакові якості не впливають на смак багатьох продуктів, а головний її привілей – невисока вартість.

Соевий біб практично на 50 % складається з білка, може містити до 25 % жиру та 1% лецитину. Також наявні в соєвих бобах амінокислоти роблять цю культуру поживною і популярною. Відомо, що соя є джерелом рослинного білка. За своїм складом майже не поступається тваринному білку. Один з основних корисних ефектів від споживання сої зменшення холестерину в крові (в денному раціоні має бути не менше 25 г сої).

Таким чином, соя та соєві продукти є визначальними стратегічними культурами для різних галузей промисловості як в Україні та і за кордоном. Серед чинників, які впливають на подальший розвиток використання сої та соєвих продуктів в Україні, вирішальними є впровадження інноваційних технологій переробки сої. На вітчизняному ринку соя вже багато років, займає провідні позиції в експорті і переробці для харчових продуктів та добавок, а також має важливе значення в забезпеченні продовольчої та економічної безпеки країни.

Зміни харчування населення розвинених країн, що пов'язано з переходом від використання тваринних жирів на рослинні та олію, а також збільшення чисельності населення в країнах Азії та стрімкий розвиток галузі тваринництва в Євросоюзі, зумовлюватимуть зростання глобального попиту на сою та її продукти. При цьому залишається актуальною проблема забезпечення та підвищення якості білкової рослинної продукції всіх країн і виробників. Поряд з оптимізацією

структури посівних площ, розробці та впровадженні інноваційних технологій вирощування, які базуватимуться на основі ефективного використання енергетичних ресурсів, кліматичних умов важливим є удосконалення технологій переробки сої та її продуктів. Впровадження вискоєфективних технологій переробки сої сприятиме максимальному синтезу органічної речовини та білка.

2 ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТІВ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Характеристики зразків насіння сої

Аналіз літературних джерел, показав, що Україна є найбільшим виробником сої у Європі [4-6]. Наприклад, за період з 2000 до 2014 років посівні площі під соєю зросли від 64,4 тис. до 2,0 млн. га. У 2020 році зібрано 2,8 млн. т сої з площі 1,3 млн. га при середній урожайності 2,15 т/га.

Сою вирощують в усіх природно-кліматичних зонах України, проте найсприятливіші умови для культури складаються у Лісостепу в так званому соєвому поясі. В інтенсифікації сучасного землеробства зростає агрокультурне та екологічне значення сої як рослини, що відзивається на зрошення, фіксує атмосферний азот в симбіозі з бульбочковими бактеріями і збагачує ним ґрунт, захищає його від ерозії, є добрим попередником в сівозміні. Повне та якісне виконання всіх прийомів та технологічних операцій в оптимальні строки забезпечить одержання на незрошуваних землях від 2,5 до 3,0 т/га, а при зрошенні – від 3,8 до 4,5 т/га.

Щороку на аграрному ринку України з'являються нові сорти сої, які добре себе зарекомендували під час проведення державної кваліфікаційної експертизи й мають високу посухостійкість і стійкість до шкідників та хвороб [4, 6].

За обсягами реалізації насіннєвого матеріалу у рейтингу сортів сої вітчизняної селекції першість (635 тонн реалізовано у 2022 році) утримує Алмаз полтавського селекціонера Людмили Білявської. Друге місце (342 тонни) у сорту Муза Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН України», третє – у сорту Сіверка (338 тонн) Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН України». Також популярний серед аграріїв сорт Оріана (101 тонн) виробництва Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН України.

Першість серед сортів сої іноземної селекції у ЕС Ментор (1381 тонн) від Євраліс Семанс, ОАЦ Страйв (1017 тонн) Гурон Коммодітіс Інк., а також Кофу (928 тонни) та Асука (818 тонн) від Семенсес Прогрейн ІНК.

Також аграрії закупають 777 тонн сорту Абеліна виробництва ЗААТБАУ ЛНЦ еГен, 629 тонн сорту Амадеа від Заатцухт Донау Гес.м.б.Х. & КоКГ, 591 тонни сорту Віола від Пробстдорфер Заатцухт Гез.м.б.Х. енд Ко КГ. Крім того, був попит на сорти ЕС Тенор (525 тонн) та ЕС Навігатор (511 тонн) від Євраліс Семанс й сорт Стайн 07Ж22 (519 тонн) Мертек ЛТД. Незважаючи на те, що на українському ринку домінує соя іноземної селекції, науковці Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН України мають значні успіхи у селекціонуванні високопротеїнових сортів сої.

В експериментальних дослідженнях використано насіння сої, яка входить до Державного реєстру сортів рослин придатних для поширення в Україні. До Державного реєстру сортів рослин придатних для поширення в Україні занесено сім сортів сої селекції Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН [5, 6, 11]. Узагальнені властивості зразків насіння сої вітчизняних сортів наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Властивості насіння сої вітчизняних сортів

Сорт	Маса 1000 насінин, г	Висота рослин, см	Вміст білка, %	Вміст олії, %
Кобза	від 120 до 180	від 80 до 100	39,3	20,4
Перлина	від 140 до 180	від 80 до 100	40,8	20,3
Слобода	від 140 до 170	від 70 до 80	40,5	21,0
Райдуга	від 140 до 170	від 80 до 100	38,2	21,0
Різдвяна	від 140 до 180	від 70 до 90	від 38,7 до 43,6	21,0
Писанка	від 130 до 180	від 70 до 90	38,3	21,5

За даними таблиці 2.1, соя вітчизняних сортів характеризується високим вмістом білка від 38,3 до 43,6 %. Вміст олії у вітчизняних сортах сої становить від 20,3 до 21,5 %.

Зерновий сорт з підвищеною посухостійкістю Кобза Соя *Glycine max* (L.) Merrill, різновидність *macrocarpa*. Занесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2015 році. Рекомендовані зони вирощування Полісся і Степ.

Опушення рослин жовто-коричневе, квітки фіолетові, насіння овально-кулясте, жовте, із світло-коричневим насінневим рубчиком. Маса 1000 насінин від 120 до 180 г. Сорт ранньостиглий, тривалість періоду вегетації від 94 до 98 діб. Висота рослин від 80 до 100 см, висота прикріплення нижнього бобу 15 см.

Стійкість до вилягання рослин, осипання насіння висока. Посухостійкість підвищена. Стійкість до хвороб висока. Середній вміст білка – 39,3 %, олії – 20,4 %. Потенційна врожайність до 5 т/га. Максимальна одержана врожайність сорту становила: у Поліссі – 2,70 т/га (Городенківська ДСС Івано-Франківської області, 2014 р.), у Лісостепу – 3,45 т/га (Кельменецька ДСС Чернівецької області, 2014 р.), у Степу – 2,34 т/га (Кілійська ДСС Одеської області, 2014 р.). Технологія вирощування сорту загальноприйнята для зони вирощування.

Високобілковий, зерновий сорт з високою посухостійкістю Перлина соя *Glycine max* (L.) Merrill, різновидність *macrocarpa*. Занесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2016 році. Рекомендована зона вирощування Лісостеп.

Опушення світло-сірого кольору, квітки фіолетові, насіння овально-кулясте, жовте, із світло-коричневим насінневим рубчиком. Маса 1000 насінин від 140 до 180 г. Сорт ранньостиглий, тривалість періоду вегетації від 96 до 98 діб. Висота рослин від 80 до 100 см, висота прикріплення нижнього бобу – 16 см.

Стійкість до вилягання рослин, осипання насіння висока. Посухостійкість висока. Стійкість до хвороб висока. Середній вміст білка – 40,8 %, олії – 20,3 %.

Потенційна врожайність до 5 т/га. Максимальна одержана врожайність по зонах випробування становила: у Поліссі – 2,81 т/га (Городенківська ДСС Івано-Франківської області, 2015 р.), у Лісостепу – 3,21 т/га (Кельменецька ДСС Чернівецької області, 2015 р.), у Степу – 1,75 т/га (Костянтинівська ДСС Донецької області, 2015 р.). Технологія вирощування сорту загальноприйнята для зони вирощування.

Посухостійкий зерновий сорт Слобода Соя *Glycine max* (L.) Merrill, різновидність *ukrainika*. Занесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2019 році. Рекомендовані зони вирощування Полісся і Степ.

Опушення жовто-коричневе, квітки фіолетові, насіння овально-кулясте, жовте, рубчик темно-коричневий з вічком. Маса 1000 насінин від 140 до 170 г. Сорт ранньостиглий, тривалість періоду вегетації від 94 до 96 діб. Висота рослин від 70 до 80 см, висота прикріплення нижнього бобу – 16 см.

Стійкість до вилягання рослин, осипання насіння висока. Посухостійкість висока. Стійкість до хвороб висока. Середній вміст білка – 40,5 %, олії – 21,0 %.

Потенційна врожайність до 4,5 т/га. Максимальна врожайність сорту по зонах становила: у Поліссі 2,96 т/га (Волинський ОДЦЕСР, 2018 р.), у Лісостепу – 3,03 т/га (Чернівецький ОДЦЕСР, 2018 р.), у Степу – 2,19 т/га (Криничанський сектор Дніпропетровського ОДЦЕСР, 2017 р.). Технологія вирощування сорту загальноприйнята для зони вирощування.

Зерновий сорт з підвищеною посухостійкістю Райдуга Соя *Glycine max* (L.) Merrill, різновидність *ukrainika*. Занесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2017 р. Рекомендовані зони вирощування Лісостеп і Степ.

Опушення рослин світло-сіре, квітки фіолетові, насіння овально-кулясте, жовте, із світло-коричневим рубчиком з вічком. Маса 1000 насінин від 140 до 170 г. Сорт ранньостиглий, тривалість періоду вегетації від 96 до 98 діб. Висота рослин від 80 до 100 см, висота прикріплення нижнього бобу – 16 см.

Стійкість до вилягання рослин, осипання насіння висока. Посухостійкість підвищена. Середній вміст білка – 38,2 %, олії – 21,0 %.

Стійкість до хвороб висока. Потенційна врожайність до 4,5 т/га. Найбільші показники врожайності по зонах випробування зафіксовані: у Поліссі – 3,00 т/га (Андрушівська ДСС Житомирської області, 2016 р.), у Лісостепу – 3,07 т/га (Вінницький ОДЦЕСР, 2016 р.), у Степу – 2,03 т/га (Дніпропетровський ОДЦЕСР, 2016 р.). Технологія вирощування сорту загальноприйнята для зони вирощування.

Високобілковий, зерновий сорт з підвищеною посухостійкістю Різдвяна Соя *Glycine max* (L.) Merrill, різновидність *ukrainika*. Занесений до Державного реєстру

сортів рослин України у 2017 році. Рекомендовані зони вирощування Полісся і Степ.

Опушення світло-сіре, квітки фіолетові, насіння овально-кулясте, жовте, рубчик світло-коричневого кольору з вічком. Маса 1000 насінин від 140 до 180 г. Сорт ранньостиглий, тривалість періоду вегетації від 98 до 100 діб. Висота рослин від 70 до 90 см, висота прикріплення нижнього бобу – 15 см.

Стійкість до вилягання рослин, осипання насіння висока. Посухостійкість підвищена. Стійкість до хвороб висока. Середній вміст білка – від 38,7 до 43,6 %, олії – 21,0 %.

Потенційна врожайність до 4,5 т/га. Найбільші показники врожайності по зонах випробування зафіксовані: у Поліссі – 3,00 т/га (Андрушівська ДСС Житомирської області, 2016 р.), у Лісостепу – 3,07 т/га (Вінницький ОДЦЕСР, 2016 р.), у Степу – 2,03 т/га (Дніпропетровський ОДЦЕСР, 2016 р.). Технологія вирощування сорту загальноприйнята для зони вирощування.

Посухостійкий зерновий сорт Писанка *Glucine max (L.) Merrill*, різновидність *ukrainika*. Занесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2017 році. Рекомендовані зони вирощування Полісся і Лісостеп.

Опушення світло-сіре, квітки фіолетові, насіння овально-кулястої форми, жовтого кольору, із світло-коричневим насінневим рубчиком з вічком. Маса 1000 насінин від 130 до 180 г. Сорт ранньостиглий, тривалість періоду вегетації від 94 до 96 діб. Висота рослин від 70 до 90 см, висота прикріплення нижнього бобу – 16 см.




Стійкість до вилягання рослин, осипання насіння висока. Посухостійкість висока. Стійкість до хвороб висока. Середній вміст білка – 38,3 %, олії – 21,5 %.

Потенційна врожайність до 5 т/га. Досягнуті показники врожайності: у Поліссі – 2,46 т/га (Волинський ОДЦЕСР та Городенківська ДСС Івано-Франківської області, 2014 р.), у Лісостепу – 3,47 т/га (Сумський ОДЦЕСР, 2014 р.), у Степу – 2,48 т/га (Кілійська ДСС Одеської області, 2014 р.). Технологія вирощування сорту загальноприйнята для зони вирощування.

Усі зразки сої характеризуються високими показниками стійкості до вилягання рослин, посухи, хвороб.

В дослідженнях використано високобілкові сорти сої Різдвяна, Перлина, Слобода. Фізико-хімічні властивості обраних сортів наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Фізико-хімічні властивості високобілкових сортів сої

Сорт	Зовнішній вигляд	Маса 1000 насінин, г	Вміст білка, %	Вміст олії, %
Перлина 	Опушення світло-сірого кольору, квітки фіолетові, насіння овально-кулясте, жовте, із світло-коричневим насіннєвим рубчиком	від 140 до 180	40,8	20,3
Слобода 	Опушення жовто-коричнєве, квітки фіолетові, насіння овально-кулясте, жовте, рубчик темно-коричневий з вічком	від 140 до 170	40,5	21,0
Різдвяна 	Опушення світло-сіре, квітки фіолетові, насіння овально-кулястої форми, жовтого кольору, із світло-коричневим насіннєвим рубчиком з вічком	від 140 до 180	від 38,7 до 43,6	21,0

Усі ці сорти зернового напрямку використання, здатні цілком задовольнити вимоги сучасного інтенсивного сільськогосподарського виробництва, мають потенціал урожайності до 5,0 т/га, відзначаються високою якістю насіння,

стійкістю до вилягання рослин та обсипання насіння, придатні до прямого комбайнування, більш адаптовані, порівняно із іноземними сортами, до регіональних ґрунтово-кліматичних умов України.

Вирощування нових сортів дозволить підвищити урожайність культури, збільшити ефективність використання матеріально-технічних ресурсів, покращити якість товарної і насінневої продукції.

2.2 Аналіз виробничого обладнання, яке використовують в технологіях переробки сої

Сучасне обладнання, виробничі лінії переробки сої, дозволяють отримати продукти з високим вмістом засвоюваного функціонального протеїну.

Одним з лідерів виробників ліній переробки сої в Україні, є ТМ BRONTO (ТОВ «ЧеркасиЕлеваторМаш», м. Черкаси). ТМ BRONTO має дилерів у 22 країнах на 5 континентах. Зокрема, в Аргентині, Єгипті, Алжирі, Кенії, Нігерії, Індії, Сербії, Південній Африці, Румунії, Таїланді, Угорщині, Польщі, Греції, Бразилії, Молдови, Італії, Словаччині, Білорусії, Великобританії, Іспанії, Узбекистані, Німеччині, Ірландії та Ірані.

Це надійні та доступні технології, які приносять користь людям. Виробничі лінії дозволяють виробляти корми для сільськогосподарських і домашніх тварин, корми для риб, кішок і собак; віджимати рослинну олію і виробляти різні види твердого біопалива [13]. Технічні фахівці проводять консультації для правильної експлуатації будь-якого виробу ТМ BRONTO. У виробництві екструзійних систем використовують тільки високоякісні європейські матеріали.

Виробництво сертифіковане за міжнародними стандартами якості та відповідності [5]:

- ISO 9001:2015;
- CE E-1700;
- CE E-1500;
- CE E-1000;

- CE E-500;
- CE E-250-60-M;
- CE E-250;
- CE E-EB-350;
- CE LB-500

Розглянемо основне обладнання ТМ BRONTO, яке використовують в технологіях переробки сої та її продуктів.

Для отримання соєвого ядра з бобів сої, видалення насінневої оболонки, зменшення вмісту клітковини у продуктах застосовують лушилку сої LSG-4. Дане обладнання збільшує масову частку білка (протеїну) в соєвих продуктах після обробки. Покращує вихід олії при віджиманні від 2 до 3 %. Технічні характеристики наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3. – Технічні характеристики лушилки сої LSG-4 ТМ BRONTO

Зображення	Характеристика	Показник
	Продуктивність	max 4000 кг / год
	Залишок лушпиння в продукті (від початкового)	max 1,5 %
	Довжина	6000 мм
	Ширина	2400 мм
	Висота	5500 мм
	Вага	4000 кг
	Потужність	24 кВт

Просушена до 9 % соя подається в чотирьохвалковий подрібнювач GS-4. Боби стискаються між першою парою валків дробарки. Оболонка лопається, а ядро розколюється на кілька частин. Соева суміш падає на другу пару валків (між ними встановлений менший зазор). Процес подрібнення повторюється. Суміш високопротеїнового соєвого ядра і оболонок/лушпиння потрапляє в систему

живильників і надходить в аеросепаратор МА-4. Соеве ядро опускається по каналах аеросепаратора вниз і вивантажується з лушилки.

Лушпиння сої має малу питому вагу і високу парусність. Тому, за допомогою створеного вентилятором потоку повітря, вона піднімається вгору і виводиться з аеросепаратора через циклон. У бобах сої велика частина клітковини знаходиться в оболонці, а протеїну – в ядрі. Відділення оболонки (клітковини) за допомогою дробарки призводить до збільшення масової частки білка в соєвій макусі.

Для зниження вмісту інгібіторів трипсину (уреази) в соєвих продуктах, розкриття жирових клітин (доступність жиру в кормах), розігріву сировини перед віджиманням олії, підвищення засвоюваності кормів при вживанні сільськогосподарськими тваринами, птицею, рибами, знищення шкідливих мікроорганізмів в компонентах комбікормів застосовують екструдери. При використанні екструдера Е-1000 активність уреази в сої знижується до від 0,05 до 0,2 рН. Вміст інгібіторів трипсину знижується від 2 до 4,5 мг / г. Екструдер Е-1000 ефективний при підготовці сировини для виробництва олії, для отримання соєвої макухи, для компонентів корму птиці, насиченого протеїном і жирами. Містить функцію корегування температури обробки сировини, а також знищення шкідливих мікроорганізмів в компонентах комбікормів. Технічні характеристики екструдера Е-1000 наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4. – Технічні характеристики екструдера Е-1000 ТМ BRONTO

Зображення	Характеристика	Показник
	Продуктивність	max 1000 кг / год
	Довжина	2500 мм
	Ширина	2600 мм
	Висота	2000 мм
	Вага	2000 кг
	Потужність	92,5 кВт

Сировина подається до робочого органу екструдера гвинтовим живильником (з частотним регулюванням обертів). Боби подрібнюються і стискаються. Через стиснення і тертя відбувається саморозігрів сировини до температури від 120 до 140 °С. Соя обробляється в робочому органі екструдера від 25 до 40 с. Короткий час обробки тиском і температурою – не дозволяє денатурувати (зіпсувати кондиції) протеїну в сої.

Для контрольованого відведення пари, охолодження продукту, що транспортується, переміщення сипучих продуктів між технологічним обладнанням застосовують живильник SF-250. Технічні характеристики живильника SF-250 наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5. – Технічні характеристики живильника SF-250 ТМ BRONTO


Зображення	Характеристика	Показник
	Продуктивність	max 6000 кг / год
	Кут нахилу	30°
	Висота вивантаження продукту	1800 мм
	Висота завантаження сировини	700 мм
	Діаметр гвинта	250 мм
	Довжина	4250 мм
	Ширина	456 мм
	Висота	732 мм
	Вага	350 кг
	Потужність	1,1 кВт

Живильник SF-250 одночасно транспортує сировину між технологічними одиницями, зменшує температуру і дозволяє контролювати вологість продукту. Має патрубки для відведення пари, перфоровану верхню кришку, частотне регулювання обертів вала.

Перед запуском шнекового живильника, необхідно перевірити обладнання на наявність сторонніх предметів мастила в підшипниковому вузлі. А також перевіряють обертання валу редукторного двигуна, відповідно до стрілки на поверхні редукторного двигуна. У внутрішній частині шнекового живильника немає бути сторонніх предметів. Здійснюють короткочасний пуск на холостому ході (не більше 1 хв.), для перевірки правильності роботи і відсутності сторонніх звуків. Перед початком роботи Живильник SF-250 важливо перевірити надійність з'єднання труби витяжної вентиляції і шнекового живильника.

Для віджиму олії за один прохід, зниження вмісту олії в макусі застосовують олійні преси. Використання олійного пресу OP-1000 дозволяє зменшити вміст олії в макусі від 25 % до 9 %. Використовуються 4-и зерні камери, які дозволяють переробку сировини для виробництва олії, для отримання соєвої макухи, компонентів харчових добавок з великим вмістом протеїну. Технічні характеристики олійного пресу OP-1000 наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6. – Технічні характеристики олійного пресу OP-1000 BRONTO


Зображення	Характеристика	Показник
	Продуктивність	max 1000 кг / год
	Вологість вихідної сировини	від 7 до 10 %
	Олійність макухи	від 7 до 9 %
	Вихід олії	до 18 %
	Довжина	4200 мм
	Ширина	1100 мм
	Висота	1200 мм
	Вага	3500 кг
	Потужність	22 кВт

Розігріта / екструдована повножирова соя подається в прийомний патрубок. Гвинтовий вал, подає сировину в зерну камеру і далі транспортує її в напрямку

вихідного вузла. У напрямку руху сировини діаметр западин гвинтів збільшується, а крок гвинтів зменшується. Це призводить до зменшення вільного об'єму камери для сировини. Як результат – сировина стискається, відбувається віджим соєвої олії. Олія виходить через щілини зерної камери і збирається в піддон. Соєву макуху, що виходить із зерної камери подрібнюють і видаляють з преса в цехову систему транспортування макухи.

Для охолодження сипучих продуктів відразу після екструзування або віджиму олії, перед складуванням застосовують охолоджувачі. Охолоджувач ОЕ-1000 вирізняється простотою конструкції, безперервним режимом роботи. Потік повітря регулюється засувкою. Технічні характеристики охолоджувача ОЕ-1000 наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7. – Технічні характеристики охолоджувач ОЕ-1000 ТМ BRONTO

Зображення	Характеристика	Показник
	Продуктивність	max 1000 кг / год
	Температура після охолодження	На 10 °С вище температури навколишнього середовища
	Габарити охолоджувача	
	Довжина	4650 мм
	Ширина	1200 мм
	Висота	1700 мм
	Габарити циклона	
	Довжина	4200 мм
	Ширина	1200 мм
	Висота	4100 мм
	Вага	2050 кг
	Потужність	4,5 кВт

Установка складається з охолоджувача, циклону, рукава, електрообладнання. Електрообладнання розміщено в електрошафі, який являє собою зварену металоконструкцію, на якій розміщені органи управління.

Сировина засипається в живильник охолоджувача. Гвинт живильника пересуває продукт всередину барабана охолоджувача. Барабан обертається навколо своєї осі. У середині барабана приварені планки. При обертанні планки пересипають гарячу макуху (сировину) по барабану в бік вивантаження.

З боку завантаження сировини на охолоджувачі встановлений вентилятор. Він створює потік повітря крізь сировину, яка пересипається в барабані. Відбувається тепловий обмін між холодним повітрям і гарячим екструдатом. Вентилятор висмоктує розігріте повітря з охолоджувача. Охолоджений продукт висипається з барабана охолоджувача.

Таким чином, сучасне технологічне обладнання, дозволяє отримувати цінні продукти під час переробки сої. Однак, вихід кінцевої продукції залежить від усіх факторів і характеристик технологій переробки. Врахування факторів та характеристик процесу переробки сої, можна точніше оцінити вихід протеїнових речовин і забезпечити оптимальні умови для отримання якісного продукту.

2.3 Алгоритм розрахунків біохімічного складу сої та її продуктів

Визначення біохімічного складу продуктів переробки сої на 1 т сировини здійснено на всіх етапах технологічного процесу. Біохімічний склад сої (протеїн, жири, клітковина, вологість, інші домішки) характеризували кількістю (у кілограмах) складових компонентів та їх вмістом (у %).

Крім того, необхідно враховувати основні аспекти, що впливають на вихід олії з 1 тони сої [4, 8]. Базова олійність бобів сої впливає на вихід олії. Чим більша олійність сировини, тим більший вихід олії можна отримати. У соєвих бобах вміст олії коливається в межах від 15 до 25 %. Чим вище олійність, тим більше потенційний вихід олії.

Вологість соєвих бобів також має вплив на вихід олії. Звичайно, оптимальна (для переробки) вологість сої становить близько 8 %. Відхилення від цього значення може призвести до зменшення виходу олії.

У процесі переробки сої важлива роль відводиться сепаратору олії. Він допомагає відокремити тверді домішки, в кількості до 2 % або до 20 кг на годину (від 240 до 480 кг на добу). Крім того, за допомогою відстоювання або фільтрування можна видалити ще від 0,25 до 0,5 % драглистих домішок, відомих як фуза, що складає від 2,5 до 5 кг на годину (від 60 до 120 кг на добу).

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ СОЇ НА БІОХІМІЧНИЙ СКЛАД СОЇ ТА ЇЇ ПРОДУКТІВ

3.1 Аналіз показників якості сої та її продуктів

Відповідно до нормативної документації, з метою забезпечення контролю за якістю сої та її продуктів, впроваджено стандартизовані показники. Аналіз показників якості сої та її продуктів наведено в таблицях 3.1 – 3.4.

Соеві боби, як харчовий продукт, з давніх часів привертають до себе увагу. За кількістю білків, жиру, фосфатидів, інших поживних речовин, значно переважає злакові культури. Якість соєвих бобів визначається стандартом ГОСТ 17109-88.

Таблиця 3.1 – Нормативні показники якості соєвих бобів

Показник	Значення
Колір і запах	властиві нормальному насінню сої, без затхлого, цвілого і сторонніх запахів
Масова частка вологи	не більше 12 %
Вміст сирого протеїну	не менше 35
Олійні домішки	не більше 6 %
Відходні домішки	не більше 2 %
Зараженість шкідниками хлібних запасів	не допускається
Залишкова кількість пестицидів	відповідно Медико-біологічних вимог та санітарних норм якості продовольчої сировини і харчових продуктів, затверджених МОЗ
Наявність ГМО	допускається

Якість соєвої олії, виробленої в Україні пресовим способом, визначається стандартом ДСТУ 4534-2006.

Таблиця 3.2 – Стандартизовані показники якості соєвої олії

Показник	Значення
Спосіб отримання	пресовий
Запах і смак	запах і смак, властивий соєвій олії, без стороннього запаху, присмаку, гіркоти
Колір	натуральний, коричневий із зеленуватим відтінком
Прозорість	мутнувата речовина, допускається невеликий осад
Масова частка нежирових домішок	не більше 0,2 %
Масова частка вологи	0,36 %
Кислотне число, мг КОН/г	4
Перекисне число, 1/2 моль О/кг	не більше 5
Масова частка фосфоровмісних речовин, в перерахунку на стеароолеолецетин	4 %
Масова частка фосфоровмісних речовин, у перерахунку на P ₂ O ₅	не більше 0,4 %
Кольорове число (Йод число, мг)	не більше 100

Соєва макуха один з продуктів основного раціону сільськогосподарських тварин і птиці. Її отримують після віджиму олії з насіння сої в процесі екструдювання. Слід відрізнити від соєвого шроту, який виготовляються за іншою технологією та відрізняється від макухи вмістом жирів і протеїнів. Показники якості соєвої макухи, одержаної пресовим методом, регламентовано вимогами ГОСТ 27149-95 (макуха соєва кормова).

Таблиця 3.3 – Показники якості соєвої макухи

Показник	Значення
Спосіб отримання	пресовий
Запах	властивий соєвій макусі, без стороннього запаху
Колір	натуральний, від жовтого до світло-бурого
Масова частка сирого протеїну (в перерахунку на АСР)	42,5
Масова частка жиру (в перерахунку на АСР)	від 7 до 8 %
Суша речовина	900 г
Масова частка вологи і летких речовин	від 7 до 10 %
Масова частка золи нерозчинної в 10 % НСЛ (в перерахунку на АСР)	4,5 %
Масова частка сирої клітковини (в перерахунку на АСР)	від 6 до 7 %
Перетравний протеїн (ВРХ)	400 г
Перетравний протеїн (вівці)	356,4 г
Обмінна енергія (ВРХ)	12,9 МДж
Обмінна енергія (свині)	15,5 МДж
Обмінна енергія (вівці)	11,72 МДж
Кормові одиниці	1,35
Крохмаль	20 г
Цукор	100 г
Амінокислоти (метіонін+цистин)	15,8 г
Біологічні екстрактивні речовини (БЕР)	297 г
Сторонні домішки	відсутні
Активність уреаз	від 0,1 до 0,3
Масова частка металодомішок, %	немає

Соєвий шрот, отриманий способом екстракції, має відповідати вимогам ГОСТ 8056-96 (шрот соєвий кормовий).

Таблиця 3.4 – Показники якості соєвого шроту

Показник	Значення
Спосіб отримання	екстракція
Запах	властивий соєвому шроту, без стороннього запаху
Колір	не темніше темно-кремового
Масова частка сирого протеїну (в перерахунку на АСР)	не менше 50 %
Масова частка сирого жиру (в перерахунку на АСР)	2 %
Масова частка вологи і летких речовин	від 8,5 до 10 %
Масова частка золи нерозчинної в соляній кислоті (в перерахунку на АСР)	0,5 %
Масова частка сирогої клітковини (в перерахунку на АСР)	5 %
Кормові одиниці	1,18 %
Масова частка залишкового розчинника	не більше 0,08 %
Кислотне число жиру, мг КОН/г	не більше 30
Показники безпеки (пестициди, радіонукліди, важкі метали, токсичні елементи)	згідно норм, затверджених органами ветеринарно-санітарного нагляду
Сторонні домішки	відсутні
Активність уреаз (рН за 30 хв)	0,2
Масова частка металодомішок	немає
Прохід через сито з отворами діаметром 10 мм	не менше 100 %

Крім того, соєвий шрот містить протеїн, амінокислоти, мінеральні речовини, кальцій, фосфор, залізо, марганець, цинк та ін. В залежності від протеїну розрізняють високопротеїновий і низькопротеїновий. Залежно від кінцевої технології переробки шрот буває схожим на тирсу коричневого кольору і гранульований (полегшує фасовку, зберігання і транспортування).

3.2 Біохімічний склад сої та її продуктів

Цінні харчові та енергетичні властивості сої сприяють тривалому використанні в харчових, кормових, технічних і медичних цілях. Соєве насіння (боби) містить [7, 11, 12] від 35 до 52 % повноцінного за амінокислотним складом білка, від 17 до 27 % високоякісної за жирнокислотним складом рослинної олії, від 18 до 25 % різноманітних вуглеводнів, основні вітаміни, 5 % мінеральних солей, а також специфічні біологічно активні компоненти (фосфатиди, ізофлавіони, сапоніни, фітати, олігосахариди), які використовуються з лікувальною метою.

Зелену масу сої використовують для виготовлення силосу, сіна, сінажу, трав'яної муки, гранул. Соєву соломку переробляють у кормове борошно, гранули та силосують в суміші з зеленими кормами. Соя також може використовуватися для сидерального добрива. Соя забезпечує 20 % світових потреб білкових ресурсів [5, 6].

Основні речовини з яких складаються боби сої (перед переробкою), в середньому по Україні наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Основний біохімічний склад соєвих бобів

Речовина	Масова частка, %
протеїн (білок)	від 30 до 40
жири (олія)	від 15 до 25
клітковина/оболонка	від 3 до 9
волога	від 8 до 12
інші речовини (переважно вуглеводи)	до 35

Крім того, в технологіях переробки сої, вологість сировини впливатиме на олійність макухи. При вологості соєвих бобів 8 % – олійність макухи становитиме від 7 до 8 %. При вологості соєвих бобів 12 % – олійність макухи становитиме від 12 до 13 %.

Одним з напрямів створення спеціалізованих високоолійних харчових і технічних сортів сої є генетичний перерозподіл її жирнокислотного складу. Вміст олії в насінні сої коливається межах від 12 до 18 %. В диких і напівкультурних форм до 26%. В даний час відомі мутантні гени сої, які викликають збільшення вмісту гліцеридів пальмітинової, стеаринової, олеїнової та ліноленової кислот.

Придатність рослинних олій для промислового використання визначається переважно їх жирнокислотним складом [1, 12]. Жирнокислотний склад олії вітчизняних селекційних сортів сої наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Жирнокислотний склад олії селекційних сортів сої

Сорт	Вміст гліцеридів жирних кислот в олії сої, %					
	олії	пальмітинова	стеаринова	олеїнова	лінолієва	ліноленова
Київська 27 (стандарт)	20,8	13,4	4,1	24,6	49,2	6,0
Харківська зернокормова	19,8	16,3	5,2	22,5	49,1	6,9
Roumanie	20,4	16,8	4,8	23,3	46,3	6,4
Харківська 35	21,6	13,5	4,0	22,0	53,3	7,3
Харківська 66	21,4	12,5	3,6	21,0	55,9	7,0
Фея	22,5	14,6	4,7	22,4	48,9	6,6
Аврора	21,8	14,1	4,0	39,0	36,8	4,0
Романтика	21,9	12,8	3,0	15,7	58,3	10,2
Мрія	22,3	14,2	4,5	25,6	46,4	7,2
Білосніжка	21,1	12,9	3,6	18,4	55,6	9,5
Е-шен-доу	21,5	14,8	3,8	21,3	48,5	9,3

Однак, олії переважної більшості сортів сої за жирокислотним показником не відповідають специфічним вимогам переробної промисловості і поступаються найкращим рослинним оліям. Тому, перспективи багатоцільового використання сої, потребують створення нових сортів із спеціальними типами жирнокислотного складу олії та застосуванні високоефективних технологій переробки сої.

За даними таблиці 3.6 вміст гліцеридів пальмітинової кислоти в сої складає до 16,8 %, олеїнової – до 39,0 %, лінолевої до 58,3 %. Також спостерігається мінливість за вмістом гліцеридів ліноленової кислоти в сої – від 3,9 до 10,2 %.

В останній час детально вивчається біохімічний склад олійного насіння у відношенні вмісту мінорних компонентів – токоферолів, сквалена, хлорофіла та численних фенольних сполук [12]. Це пов'язано зі здатністю цих компонентів знижувати ризик виникнення небезпечних хронічних захворювань серцево-судинної системи, інгібувати процеси перекисного окислення ліпідів, перехрестну зшивку білків, обмежувати виникнення мутацій ДНК і підтримувати функції гомеостаза на всіх рівнях організації живого організму.

Однак, основним недоліком соєвої олії є підвищений вміст гліцеридів ліноленової кислоти, схильної до активного перекисного окислення та утворення в його результаті перекисів і гідроперекисів з небажаним фізіологічним ефектом. Одним з підходів до підвищення стійкості соєвої олії до перекисного окислення є використання ефекта природних антиоксидантів і, перш за все, токоферолів. Токофероли крім антиоксидантної активності мають виражений поліфункціональний вітамінний ефект. Наразі відомо чотири природних форми токоферолів – α -, β -, γ - і δ -, серед яких найбільшу біологічну активність має α -токоферол, а найбільшу антиоксидантну – γ - і δ - токофероли. Встановлено, що соя характеризується значним різноманіттям за вмістом кожної з форм токоферолів.

Слід зазначити, що наявність у токоферолах сої значної частки γ - і δ -токоферолів різко підвищує її антиоксидантну здатність і сприяє збільшенню строків зберігання продуктів, що має високу активність як вітамін Е (антистерильний фактор) і найменшу антиоксидантну активність серед ізомерів токоферола.

Концепція антиоксидантної здатності соєвих продуктів поширена в біологічних, медичних і епідеміологічних дослідженнях, а також широко використовується дієтологами, нутріціологами. Вона полягає у здатності різних молекул в окислювально-відновлювальних реакціях, нейтралізувати вільні радикали у різних біосистемах і продуктах харчування. Ця концепція передбачає наявність сумарних і синергетичних ефектів усіх антиоксидантів, що робить показники загальної антиоксидантної активності більш інформативними і може бути корисною для вивчення позитивної дії антиоксидантів на здоров'я завдяки їх профілактичній дії на хронічні захворювання, обумовлені впливом стресу.

Важливе значення надається антиоксидантам і у кормовиробництві [3]. Наразі у технологіях виробництва комбікормів широко застосовують синтетичні антиоксиданти (наприклад, агидол і оксистат у кількості 300 г/1 т суміші) для захисту жирових компонентів кормосумішей від перекисного окислення і утворення токсичних гідроперекисів. В останні роки застосовують природні антиоксиданти, отримані з відходів оліє-жирового виробництва. Ведуться дослідження по створенню нових сортів сільськогосподарських культур з підвищеним вмістом природних антиоксидантів для збільшення строків зберігання отриманих з них продуктів.

Завдяки унікальному біохімічному складу насіння, сою широко використовують у виробництві продуктів харчування та комбікормів для їх збалансування за вмістом білка, жиру та харчової цінності. Однак при виборі сої як сировини для високоякісних продуктів основна увага приділяється вартості насіння і вмісту основних компонентів – білка і олії.

Створення сортів сої з високою антиоксидантною активністю насіння надасть можливість виробляти продукцію збагачену природними антиоксидантами, яка буде здатна нейтралізувати вільні радикали, сприятливо впливати на здоров'я людини і тварин, пов'язаний із профілактичною дією і зниженням ризику розвитку різних форм злоякісних пухлин та хронічних серцево-судинних захворювань, матиме подовжені терміни зберігання.

Дослідження свідчать, що соя та її продукти мають унікальний біохімічний склад [7, 8, 12]. В соєвих бобах міститься від 35 до 50 % білка, від 13 до 26 % жиру, від 20 до 32 % вуглеводнів, клітковина, зола, вода, ферменти, вітаміни, мінеральні речовини. В 1 кг зерна міститься 5 г кальцію, 7 г фосфору. Вітаміни представлені каротином (від 1,5 до 2 мг), тіаміном (від 10 до 18 мг), рибофлавіном (від 3,0 до 3,8 мг), ніацином (від 21 до 35 мг), піридоксином (від 7 до 13 мг), біотином (від 0,7 до 0,9 мг), інозитолом (від 2,0 до 2,5 мг), холіном (від 3,2 до 3,6 мг), вітаміном Е (від 4,8 до 7,8 мг), вітаміном К (від 1,8 до 2,0 мг), фолієвою кислотою (від 1,8 до 2,0 мг), пантотеновою кислотою (від 13 до 22 мг). Майже всі поживні речовини сої добре перетравлюються і засвоюються. Коефіцієнт травлення коливається в межах від 70 до 98 %. Із вуглеводів у зерні сої містяться від 9 до 12 % розчинних цукрів, від 3 до 9 % крохмалю, від 3 до 6 % клітковини. Розчинні цукри представлені найбільше сахарозою (60 %). Соєвий білок від 88 до 95 % складається з водорозчинної фракції, включаючи легкорозчинні глобуліни (від 60 до 81 %), альбуміни (від 8 до 25 %) та важкорозчинні глобуліни (від 3 до 7 %).

Якість білка сої майже ідеальна, оскільки він містить необхідний набір найцінніших амінокислот. Амінокислоти є складовою частиною білка. Для повноцінного харчування в їжі має бути 20 різних амінокислот. В організмі виробляється 11 амінокислот (замінні амінокислоти). Решту 9 амінокислот (незамінні) людський організм повинен одержати з їжі. Тваринні білки мають повноцінний набір незамінних амінокислот, тоді як у рослинному білку може не вистачати однієї чи декількох незамінних амінокислот. Тваринні білки є повноцінними, рослинні – неповноцінними через частину певних амінокислот. Якість білка визначають два чинники: засвоюваність і набір незамінних амінокислот. Незважаючи на те, що соєвим бобам не вистачає метіоніну, набір інших незамінних амінокислот соєвого білка майже ідентичний за якістю тваринному білку, тому соя здатна задовольнити потребу організму у дефіцитних поживних речовинах.

3.3 Дослідження особливостей технологій переробки сої

У всьому світі, багато фермерів інвестують значні кошти в технології переробки сої. Завдяки застосуванню сучасних сортів і технологій, досягаються високі врожаї в несприятливих умовах. Зростання попиту на сою та продукти з сої, стимулює не тільки вирощування сої, але й розвиток технологій переробки сої [3].

У насіння сої є деякі шкідливі для травлення речовини (інгібітори ферментів), тому перед виготовленням різних продуктів для вживання їжу людиною або перед згодовуванням сої сільськогосподарським тваринам, використовують додаткову теплову обробку. В результаті теплової обробки (сухе нагрівання різних типів – обсмажування, мікронізація і т.д., або нагрівання з використанням води – варіння, автоклавування, кавітація і т. д.) відбувається руйнування інгібіторів ферментів.

Соя – це один з найважливіших компонентів будь-яких комбикормів. Особливо вигідно налагодити технології переробки сої безпосередньо на фермерських господарствах. У разі наявності сільськогосподарських тварин, виробництво кормів і на основі сої, буде дуже вигідним. У складі кормових сумішей соя – це найдорожчий компонент. Тому, якщо встановити переробні лінії безпосередньо на господарстві виходить велика економія.

Основні переваги для фермерів і агровиробників в переробці сої безпосередньо на господарстві:

- відсутність логістичних витрат на транспортування сої з ферми - на завод - із заводу назад на ферму;
- низька вартість сировини в розрахунку на 1 тону насіння сої, яка визначається виключно витратами на вирощування сої, її збирання та післязбиральної доробки;
- можливість отримати додатковий прибуток від продажу соєвого шроту та соєвої олії (у разі покупки лінії з виробництва соєвої олії);
- можливість виробляти власні комбикорми на основі сої;

- можливість отримати додатковий прибуток від підвищення продуктивності сільськогосподарських тварин, в раціон яких входить соя або продукти її переробки.

Для великих агрохолдингів або зернотрейдерів, важливе значення має організація переробки сої для продажів соєвої олії та шроту на міжнародних ринках. В останні роки спостерігається підвищення попиту на продукти переробки сої. Що пов'язано із зростанням виробництва продуктів харчування і збільшенням чисельності сільськогосподарських тварин у світі.

Розглянемо, технології переробки сої в умовах агрофірми або на комбикормовому заводі.

Виробництво соєвого шроту та соєвої олії – це найбільш вигідний шлях переробки сої для фермера, що має тваринництво. Так як для годівлі сільськогосподарських тварин, вміст жирів у соєвому шроті, має бути мінімальним, то найпростіше – віджимати масло з сої і продавати його, а шрот використовувати для внутрішніх потреб. Для вилучення рослинної олії з насіння сої, використовують різне технологічне обладнання (рисунок 3.1), яке відрізняється за ціною, продуктивністю і т. д. – від невеликих простих пресів, до складних високопродуктивних заводів з мінімальним втручанням людини в процес виробництва.

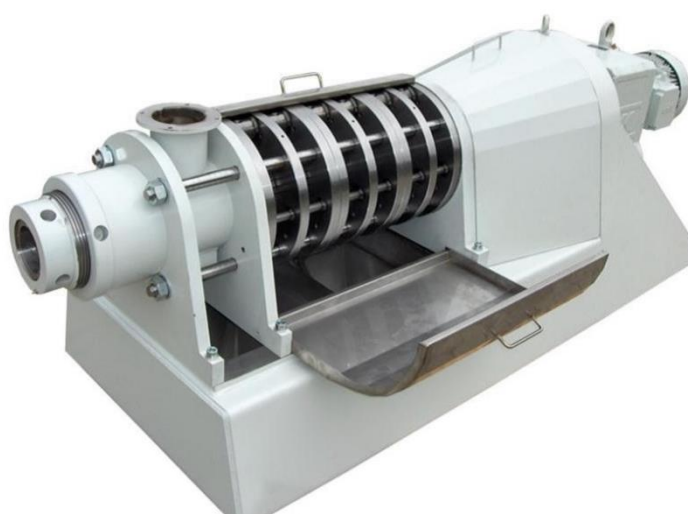


Рисунок 3.1 – Олійний прес

Соевий шрот (макуха) – теоретично може мати до 50 % сирого протеїну, але зазвичай від 39 до 48 % сирого протеїну і від 6 до 15 % - залишкової олійності. Чим вище вміст протеїну у вихідній сировині, тим його буде і більше в шроті. Також на показники виходу олії і залишкову олійність дуже сильно впливає якість обладнання для віджиму. Тому потрібно встановлювати високоефективні преси для віджиму олії з насіння сої, що дають можливість отримати залишкову олійність не більше 6,5 %. При використанні хорошого устаткування для віджиму, енерговитрати будуть порівняно невеликими, і можна досягти виходу соєвої олії до 19 %, із залишковою олійністю шроту – від 6,0 до 6,2 %.

Якість соєвої олії сильно залежить від якості вхідної сировини і технології виробництва. Для харчових цілей, важливо отримати олію з високими харчовими якостями і приємним смаком.

Зазвичай використовують типові технології виробництва виробництва соєвої олії, що відрізняються процентним виходом олії та її якістю.

1) Одноразове гаряче пресування. Вихід олії, при використанні кращих пресів складає до 85 %. Виходить інтенсивно забарвлена, з приємним запахом (за рахунок речовин, що утворюються при нагріванні), олія.

2). Одночасно гаряче пресування повторне пресування. Вихід олії - до 92 %. Для повторного пресування, використовують спеціальні преса – експеллери повторного віджимання (Second pressing expellers, наприклад Sterling Rosedowns).

3). Одночасно гаряче пресування з хімічною екстракцією. Вихід олії – від 98,5 до 99,0 %. Після хімічного екстрагування, в шроті повинно міститися не більш ніж 1 % розчинника.

Надалі, щоб олія краще зберігалася і не прогіркала, її піддають очищенню і доведенню до споживчих кондицій (рафінування і т.д.). Більшість великих, олійноекстракційних заводів і біодизельних виробництвах, використовують гаряче пресування, спільно з хімічної екстракцією, що дозволяє отримати максимальний вихід олії. Для більшості комбікормових заводів і фермерів, інвестиції в устаткування для хімічної екстракції соєвої олії будуть нерентабельними, тому що

це дуже дороге і громіздке обладнання. Краще використовувати якісні машини для гарячого однократного пресування / віджимання.

При встановленні технологій переробки сої [8], обов'язково передбачити не тільки наявність виробничої лінії, але також необхідні потужності для зберігання, приймання і відвантаження вже готових продуктів переробки (шроту і соєвої олії). Ємності для зберігання соєвої олії на комбикормовому заводі наведено на рисунку 3.2.

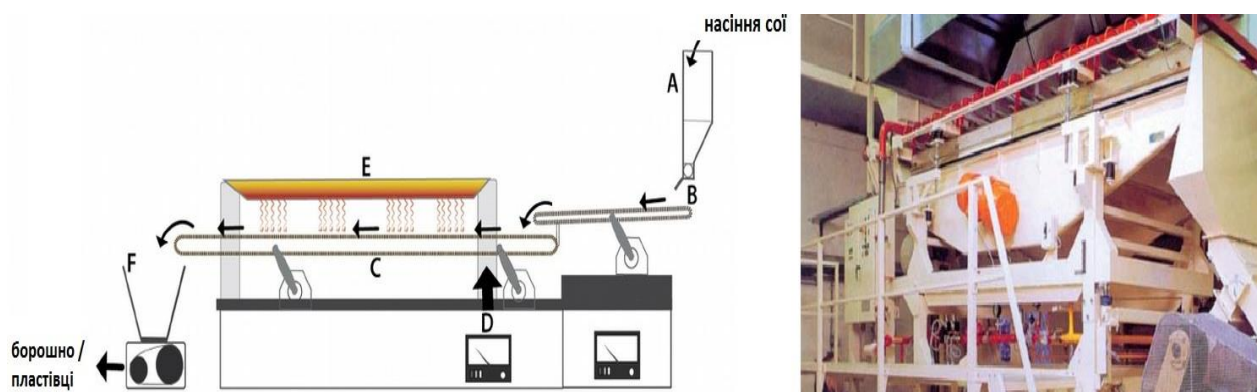


Рисунок 3.2 – Ємності для зберігання соєвої олії

Мікронізація сої це один із сучасних методів переробки сої. Принцип даного методу полягає в нагріванні вихідного продукту за допомогою інфрачервоного випромінювання. Основними технологічними параметрами обробки можна назвати: тривалість процесу, вологість продукту і інтенсивність випромінювання. Всі три основних параметри можна регулювати, що дозволяє створити будь-який режим обробки. При мікронізації, вплив інфрачервоними променями викликає швидкий розігрів насіння, волога входить із насіння сої у вигляді пару. Через високу швидкості нагріву, різко піднімається тиск водяних парів, що призводить до руйнування токсичних і антипоживних речовин, відбувається денатурація

білків, змінення структури вуглеводів, що сприяє перетворенню шкідливих для травлення речовин в більш засвоювану форму.

Технологічний процес мікронізації – досить простий. Для його здійснення використовують спеціальні установки, які укомплектовані інфрачервоними випромінювачами. У разі використання мікронізованої сої в складі деяких типів комбікормів, виготовлення соєвого борошна або вальцювання не потрібно. Технологічна лінія для мікронізації сої наведена на рисунку 3.3.



A – бункер; B – вібраційний живильник; C – вібраційний конвеєр;
D – енергопостачання для інфрачервоних випромінювачів; E – інфрачервоні
випромінювачі; F – млин для вальцювання

Рисунок 3.3 – Технологічна лінія мікронізації сої

Мікронізація сої, має цілий ряд переваг перед іншими технологіями теплової обробки. А саме висока швидкість технологічного циклу, порівняно не високі вимоги до попередньої підготовки зерна (зерно повинно бути очищено), доступність обладнання. Однак мікронізація, має деякі негативні моменти, до них можна віднести:

- залежність від вологості сировини, висока температура, при якій зменшується вірогідність збереження усіх поживних речовин в насінні сої;
- досить високі енергетичні витрати;
- високі вимоги до протипожежної безпеки.

Не дивлячись на це, чимало підприємств та фермерів давно й успішно використовують даний спосіб обробки сої.

Прожарювання (тестування) з наступним подрібненням це один з найпростіших і доступних для фермерів способів переробки сої. Існує велика кількість різних машин для прожарювання сої, які можуть працювати на різних енергоносіях (газ, дизельне паливо і т. д.), електриці. Машина для прожарювання сої продуктивністю 2 т / год наведена на рисунку 3.4. Як енергоносієм зазвичай використовують газ (Mestmar).



Рисунок 3.4 – Машина для прожарювання сої продуктивністю 2 т/год

При прожарюванні, насіння сої потрапляє у барабан, що обертається або рухому металеву стрічку. Де насіння піддається впливу потоку гарячого повітря (від 110 до 170 °С) протягом 30 хвилин. У результаті знижується вологість сої, руйнуються шкідливі речовини, а саме насіння не руйнується і олія не вивільняється. При подальшому згодовуванні тваринам, прожарене насіння сої, зазвичай подрібнюють або використовують в цілісному вигляді.

Існує багато інших способів переробки сої, зокрема: сухе і вологе екструдювання, автоклавуювання, виробництво соєвого молока, мікрохвильова

обробка, виробництво соєвого борошна, кавітаційна обробка сої і т.д. Основними способами є екстракційна і механічна переробка сої [8, 13].

Екстракційна обробка передбачає застосування хімічних реакцій для вилучення жирів і вуглеводів з сої. Екструзія являє собою процес теплової обробки, експандування, стерилізації, дегідратації, текстурізації при високій температурі від 120 до 130 °С, що дозволяє нейтралізувати всі шкідливі домішки. Висока енергетичність повножирної сої забезпечується внаслідок хорошого засвоювання олії і високого вмісту насичених жирних кислот. Досягається це за рахунок процесів, які відбуваються при екструзуванні, а саме розриву жирових клітин, що підвищує доступність травних ферментів до олії.

При механічній переробці використовують дроблення, сортування, подрібнення, стиснення і високотемпературна обробка.

Обидві технології можуть комбінуватися. Наприклад, спочатку механічним способом віджимають від 8 до 17 % олії і отримують соєву макуху з олійністю від 7 до 8 %, а потім в екстракційних реакторах виробляють соєвий шрот з олійністю від 0,5 до 2 %. Одержану соєву макуху можливо використовувати, як сировину для виробництва соєвих протеїнових снєків.

Основні вимоги до технологічних ліній для переробки сої [14, 15]:

- можливість сертифікації даного виробництва за сучасними стандартами ЄС;
- наявність проекту розміщення обладнання, всіх необхідних технологічних креслень і прив'язка на місцевості даного проекту ще до моменту будівництва;
- низьке споживання енергії і відповідно низька собівартість виробництва;
- вартість обладнання;
- надійність і простота обслуговування;
- технологічна лінія не повинна споживати такі дорогі зараз джерела енергії, як дизельне паливо, мазут, газ;
- повна автоматизація процесу виробництва і наявність опцій віддаленого контролю якості та кількості виробленої продукції в онлайн режимі;
- можливість збільшення продуктивності лінії, у разі розширення виробництва.

Додаткові умови при переробці сої:

- необхідність забезпечення повного збуту продукції, ще до моменту інвестування в купівлю обладнання (наприклад, якщо планується виробляти соєвий шрот і соєву олію – шрот будуть використовувати на агрофірмі для приготування кормів, тому потрібно шукати ринок збуту для соєвої олії);
- наявність та навчання персоналу для роботи на сучасному обладнанні;
- оброблена соя і продукти переробки сої (шрот, масло) – не зберігаються довго, тому, що в них містяться жири, що прогіркають при тривалому зберіганні;
- наявність потужностей для зберігання продуктів переробки сої та насіння сої;
- наявність під'їзних шляхів, електрики та інших ресурсів, необхідних для нормального функціонування лінії по переробці сої.

Таким чином, якщо для фермера існує постійна потреба у використанні великих обсягів сої або продуктів її переробки (наприклад, соєвої макухи), то ефективно інвестувати кошти в придбання технологічної лінії для переробки сої. Вірно розраховані інвестиції в обладнання для переробки сої, при хорошому підході завжди окупаються, особливо це відноситься до середніх та великих тваринницьких підприємств і агрохолдингів. Для ефективної переробки сої слід забезпечити такі вимоги:

- оптимальна вологість сої (для максимального виходу олії): від 8 до 9 %. Для оптимізації процесів екструзії і пресування сою безпосередньо перед переробкою досушують;
- видалення легких і важких домішок;
- фракціонування, при необхідності;
- вміст сторонніх домішок не більше 3 %.

В технологіях переробки сої, основні витрати складає електроенергія, заробітна плата, швидкозношувані частини екструдера та преса. Тому з метою рентабельності технології переробки сої та одержання високоякісної продукції, необхідно ретельно обирати обладнання відповідно техніко-економічних вимог.

3.4 Порівняльна оцінка ефективності технологій переробки сої та її продуктів

Основними продуктами переробки бобів сої є високопротеїновий гранульований шрот, макуха, нерафінована гідратована олія, гранульована оболонка (рисунок 3.5).

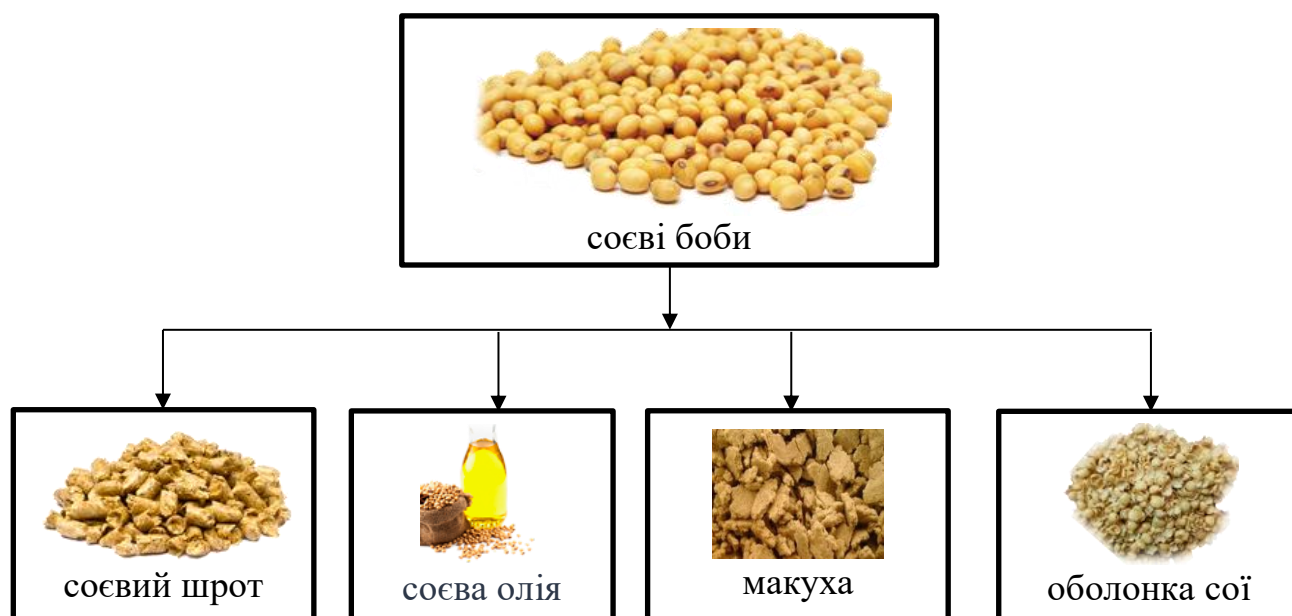


Рисунок 3.5 – Основні продукти переробки сої

В технологіях переробки сої та її продуктів використовують обладнання провідних світових виробників «Bühler» (Швейцарія), «GEA» (Німеччина), «Alfa Laval» (Швейцарія), «CPM» (Нідерланди), «Siemens» (Німеччина), «KSB» (Німеччина), BRONTO (Україна) та ін [13, 15-17]. До складу виробничих ліній також входять потужності зі зберігання готової продукції, елеватор, інженерні, автомобільні та залізничні комунікації. Крім того, на підприємствах встановлюють потужні системи очищення води та повітря.

У процесі переробки сої здійснюється систематичний контроль за якісними і кількісними показниками, показниками безпеки вхідної сировини, допоміжних матеріалів, готової продукції відповідно до міжнародних стандартів [18-20] ISO 9001, ISO 22000, GMP+B1. Інтегровано у виробництво систему екологічного керування та систему енергетичного менеджменту за стандартами ISO14001, ISO

50001. Реалізовано концепцію ощадливого виробництва з використанням інструментарію «5S».

Екстракційна переробка сої є ключовим етапом у виробництві соєвої олії [13]. Цей процес дозволяє відділити олію з насіння сої та створити високоякісний продукт, який використовують як харчову олію або для виробництва інших соєвих продуктів. Наведемо загальний опис етапів технології екстракційної переробки сої:

- **Підготовка насіння сої:** насіння сої спочатку проходить через етап чищення та сортування для видалення домішок, пилу та інших забруднень. Після цього насіння подрібнюється або розминається для полегшення одержання олії.

- **Екстракція олії:** одним з основних методів екстракції є використання розчинників, зазвичай гексану. Також може використовуватися механічна екстракція (за допомогою пресів) або термічна екстракція (за допомогою нагрівання насіння). Олія видаляється з насіння та утворює розчин, який містить олію.

- **Відділення олії від розчинника:** олія розчинена в гексані. Відокремити олію від розчинника відбувається за допомогою видалення невисокомасних частин розчинника, дистиляції або інших методів.

- **Дегумінізація:** олія може містити різні неочищені речовини, такі як фосфатиди та гуміни. Для їх видалення проводиться процес дегумінізації, який включає охолодження та осадження речовин.

- **Одорозаключення:** для усунення неприємного запаху виробленої олії (під час видалення фосфоліпідів, під час дегумінізації).

- **Гідроочищення:** використовують для видалення інших домішок та олійних залишків, забезпечуючи високу якість олії.

- **Дегідратація** процес видалення залишкової води за допомогою.

- **Фільтрація та одорозаключення:** останніми етапами можуть бути фільтрація для видалення залишкових твердих часток та одорозаключення для покращення якості та стабільності олії.

Після цих етапів очищення, соєва олія готова до використання в харчовій промисловості або для виробництва інших соєвих продуктів.

Пряму екстракцію сої використовують в органічному виробництві та для отримання холоднопресованої соєвої олії, що має більше природного смаку та аромату порівняно з олією, яка була екстрагована за допомогою хімічних розчинників [13-15]. Проте виробництво олії шляхом прямої екстракції може бути меншим за обсягом порівняно з екстракцією за допомогою розчинників, і вона може бути вартіснішою. Використання сучасних ліній обладнання, дозволяє створювати високоефективні технології для переробки сої.

Переробка бобів сої (насіння) у готову продукцію за методом прямої екстракції передбачає виконання комплексу технологічних операцій:

- **Підготовка насіння:** насіння сої очищують, сортують для видалення домішок та інших забруднень.
- **Механічна екстракція:** насіння подрібнюють або розминають, потім піддають механічному тиску для видалення олії. Це відбувається за допомогою пресів, що працюють на гідравліці або механічному тиску.
- **Відокремлення олії та борошна:** отриману суміш олії та борошна розділяють, і олію відокремлюють від залишків насіння.
- **Очищення та фільтрація:** для видалення залишкових твердих часток та інших домішок з олії.
- **Пакування:** очищену соєву олію пакують і готують до використання.

Таким чином, пряма екстракція сої (механічна екстракція, холодне стискання) є процесом отримання соєвої олії без використання розчинників, таких як гексан. Олію витискають з насіння за допомогою механічного тиску без використання хімічних розчинників або теплової обробки, що може впливати на якість та харчові властивості олії.

Технологічний ланцюг механічної переробки сої передбачає наступні процеси: підготовка насіння сої – луцення сої – екструдкування сої – механічний віджим олії – охолодження макухи – осадження твердих залишків в соєвій олії. Технологічна схема механічної переробки сої наведена на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Схема механічної переробки сої

Типову лінію переробки сої на прикладі ТМ BRONTO, (ТОВ «ЧеркасиЕлеваторМаш») наведено на рисунку 3.7 [13, 21].

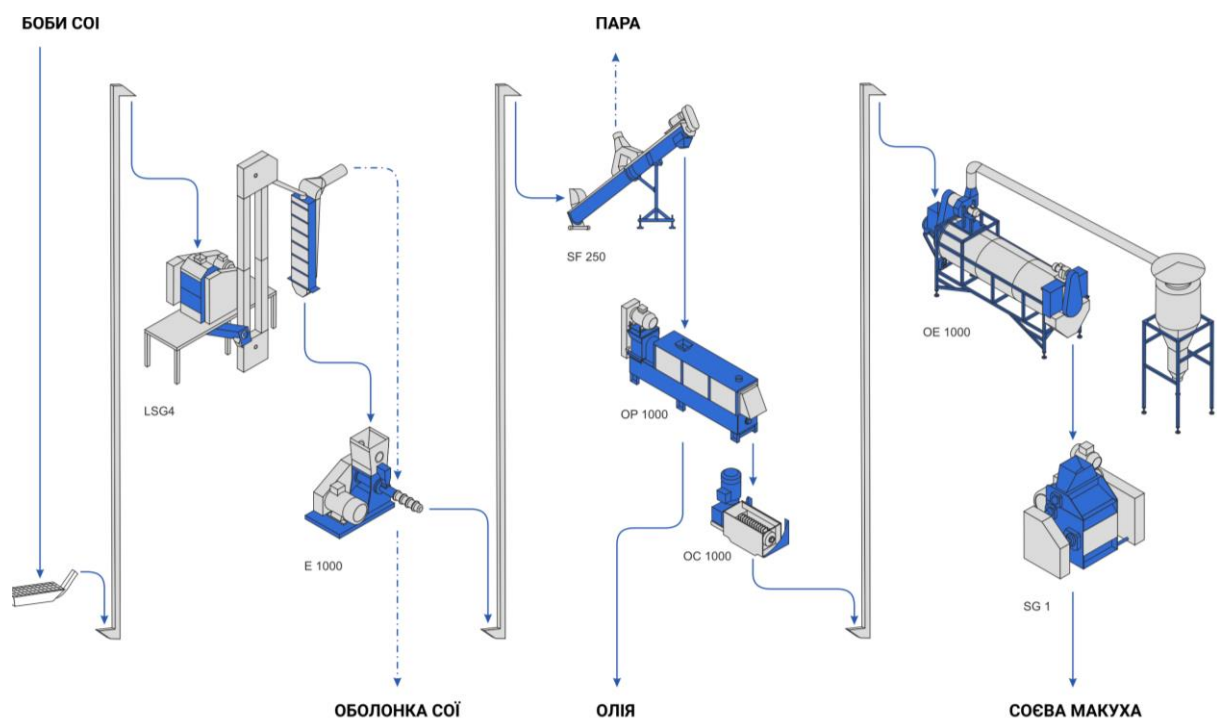


Рисунок 3.7 – Типова лінія переробки сої ТМ BRONTO

Таким чином, у технологічному процесі переробки сої відбувається послідовне відділення соєвого лушпиння, екструдювання ядра сої, віджимання олії з повножирової сої, охолодження соєвої макухи олійністю від 7 до 8%.

Така технологія переробки дозволяє отримати з сої продукти з високим вмістом засвоюваного функціонального білка (протеїну). У бобах сої міститься від 25 до 35 % білка (протеїну). У соєвій макусі – від 39 до 42 % протеїну. У соєвому шроті – від 40 до 48%. У соєвому ізоляті міститься до 70 % білка.

Соеві боби містять інгібітори трипсину – антипоживні речовини, які заважають засвоєнню соєвого білка при вживанні в їжу. Короткострокова обробка тиском при високій температурі в соєвому екструдері знижує вміст інгібіторів трипсину. Власна переробка сої гарантує споживачам збереження кондицій протеїну, прийнятний рівень інгібіторів трипсину і відсутність небілкових домішок.

Збільшення масової частки протеїну в соєвих продуктах відбувається за рахунок вилучення з бобів інших, не протеїнових речовин. Отримання соєвої олії – один з них. У бобах сої міститься від 15 до 25 % жирів.

Екстракційна та механічна переробка сої можуть комбінуватися. Наприклад, спочатку механічним способом віджимають від 8 до 7 % олії і отримують соєву макуху з олійністю від 7 до 8 %, а потім в екстракційних реакторах виробляють соєвий шрот з олійністю від 0,5 % до 2%.

Для ефективної переробки сої слід забезпечити наступні вимоги. Оптимальна вологість сої (для максимального виходу олії) від 8 до 9 %. Для оптимізації процесів екструзії і пресування сою безпосередньо перед переробкою досушують. Видаляються легкі і важкі домішки. При необхідності розділяють на фракції. Вміст сторонніх домішок не більше 3 %.

Основні витрати, які складають загальну вартість заводу переробки сої це: комплект виробничого обладнання, комплект транспортного обладнання; підключення джерел електроенергії, підготовка виробничих приміщень, підготовка приміщень для складу сировини, складу макухи і складу соєвої олії, автоматизація

керування лінією, лабораторія для визначення вмісту жирів і протеїну, вологості, активності уреаз.

При переробці сої основні витрати складають електроенергія, заробітна плата, швидкозношувані частини екструдера та преса.

Для монтажу технологічної ліній переробки сої, та ефективності їх роботи, необхідне забезпечення наступних факторів:

- силова лінія в виробничих приміщеннях: від 140 кВт;
- запуск лінії на 40 годин із зупинками 5 разів за тиждень (для очищення гвинтових частин); починати роботу, розігрівати екструдер і прес, виходити на режим якісного виробництва.

- завантаження устаткування необхідно від 450 т сої на місяць;

- витяжна вентиляція в виробничому приміщенні від 2500 м³ / год.

Під час виробництва соєвої макухи та олії, з сировини випаровується до 3 % вологи. Очищення і сушка сировини дозволять значно збільшити продуктивність виробництва, якість макухи, вихід олії, довговічність роботи, економічну ефективність процесу переробки сої.

Вологість сої перед переробкою сильно впливає на вихід соєвої олії та на залишкову олійність макухи. Для зберігання сої нормальною вважається вологість до 12 %. Але якщо переробляти сою при такій вологості, то вихід олії знизиться до 5 %, вміст протеїну в макусі буде нижче на 4 %, а його залишкова олійність складе від 10 до 12 %. Переробка сої з вологістю 8 % дозволить збільшити виробництво соєвої олії на 0,9 т / добу.

Також необхідно регулярно контролювати активність уреаз – це метод оперативної оцінки вмісту інгібіторів трипсину в соєвій макусі, і одночасно – інструмент відстеження якості продукції. Активність уреаз повинна бути в межах від 0,05 до 0,2 рН. При такому показнику – в процесі переробки протеїн зберігає свої функціональні властивості – розчинність, жирозв'язуючу і вологозв'язуючу здатність. Якщо активність уреаз менше 0,05 рН – протеїн піддався надлишкової термообробці і втратив свої функціональні властивості. Якщо активність уреаз більше 0,2 рН – через недостатню термобаричну обробку, вміст інгібіторів

трипсину залишається занадто високим. Активність уреази від 0,05 до 0,2 рН вказує на високі кондиції протеїну в макусі.

3.5 Аналіз біохімічного складу продуктів переробки сої

Попередні дослідження показали [5, 7, 8, 10], що соя та її продукти набули популярності завдяки соєвому білку, користь якого полягає в здатності замінювати м'ясо і молочні продукти в дієтичному харчуванні. Калорійність 100 г бобів становить 446 ккал. У складі соєвих бобів містяться (в г): вуглеводи – 30,16; жири – 19,94; білки – 36,49; вода – 8,54; зола – 4,87. Користь соєвих бобів, їх властивості пояснює хімічний склад: вітаміни – В, С, Е, К, D, РР; макроелементи – калій, кальцій, кремній, хлор, фосфор, магній, сірка; мікроелементи – залізо, марганець, бор, алюміній.

Вітаміни, які знаходяться в соєвих бобах А і Е мають антиоксидантні властивості, нейтралізують шкоду токсинів [22, 23]. Користь вітамінів групи В складається в поліпшенні обміну речовин, роботи всіх органів. Лецитин розганяє метаболізм, зменшує рівень холестерину, сприяє схудненню. Жовчні протоки очищаються завдяки фосфоліпідам, тригліцеридам, які є джерелом енергії. Ізофлавоїни перешкоджають утворенню ракових клітин, токоферол має властивість зміцнювати імунітет, боротися зі старінням.

В процесі переробки бобів сої отримують важливі продукти: соєву макуху, соєву олію, клітковину [10, 12].

Порівняльний аналіз технологій переробки сої свідчить про те, що біохімічний склад продуктів переробки сої буде різний залежно від способів обробки насіння сої [7, 24-26]. Порівнювали вплив технологій механічної та екстракційної переробки сої на біохімічний склад її продуктів.

Для визначення впливу технологій переробки сої на біохімічний склад продуктів її переробки, використано зразки насіння вітчизняних сортів сої. Визначення біохімічного складу продуктів переробки сої здійснено за наступним алгоритмом (таблиці 3.7 – 3.11).

Таблиця 3.7 – Вихідні дані сировини на 1 т сої сорту Різдяна

Складові компоненти	Екстракційна переробка		Механічна переробка	
	Вміст, кг	Вміст, %	Вміст, кг	Вміст, %
Протеїн (білок)	350	35	350	35
Жири (олія)	190	19	190	19
Клітковина (оболонка)	50	5	50	5
Волога	80	8	80	8
Інші домішки	330	33	330	33

Видалення оболонки сої – у луцильному комплексі. З 1000 кг сої видаляють 50 кг оболонок сої. Тобто $1000 - 50 = 950$ кг. Кількість (у кілограмах) всіх інших компонентів залишається незмінною, а у відсотках – збільшується (таблиця 3.8).

Таблиця 3.8 – Розрахунок біохімічного складу продуктів переробки сої після видалення оболонки

Складові компоненти	Екстракційна переробка		Механічна переробка	
	Вміст, кг	Вміст, %	Вміст, кг	Вміст, %
Протеїн (білок)	350	36,8	350	36,8
Жири (олія)	190	20	190	20
Клітковина (оболонка)	50	0	50	0
Волога	80	8,4	80	8,4
Інші домішки	330	34,7	330	34,7

Екструдювання – у екструдері сої. З 950 кг сировини видаляють до 30 кг вологи. Тобто $950 - 30 = 920$ кг. Кількість (у кілограмах) всіх інших компонентів залишається незмінною, а у відсотках – збільшується (таблиця 3.9).

Таблиця 3.9 – Розрахунок біохімічного складу продуктів переробки сої після екструдування

Складові компоненти	Екстракційна переробка		Механічна переробка	
	Вміст, кг	Вміст, %	Вміст, кг	Вміст, %
Протеїн (білок)	350	38	350	38
Жири (олія)	190	20,6	190	20,6
Клітковина (оболонка)	0	0	0	0
Волога	50	5,4	50	5,4
Інші домішки	330	35,8	330	35,8

Віджимання олії – у олійному пресі. З 920 кг сировини видавлюють до 130 кг рослинної соєвої олії. Тобто $920 - 130 = 790$ кг. Залишається соєва макуха. Кількість (у кілограмах) всіх інших компонентів залишається незмінною, а у відсотках – збільшується (таблиця 3.10).

Таблиця 3.10 – Розрахунок біохімічного складу продуктів переробки сої після віджимання олії

Складові компоненти	Екстракційна переробка		Механічна переробка	
	Вміст, кг	Вміст, %	Вміст, кг	Вміст, %
Протеїн (білок)	350	44,3	350	44,3
Жири (олія)	190	20,6	190	20,6
Клітковина (оболонка)	0	0	0	0
Волога	50	6,3	50	6,3
Інші домішки	330	41,7	330	41,7

Охолодження макухи – у охолоджувачі. З 790 кг сировини видавлюють 8 кг вологи механічною переробкою і 10 кг вологи екстракційною переробкою. Тобто $790 - 10 = 780$ кг (за екстракційною технологією), $790 - 8 = 782$ кг (механічна

обробка). Кількість (у кілограмах) всіх інших компонентів залишається незмінною, у відсотках – збільшується. (таблиця 3.11).

Таблиця 3.11 – Розрахунок біохімічного складу продуктів переробки сої після охолодження макухи

Складові компоненти	Екстракційна переробка		Механічна переробка	
	Вміст, кг	Вміст, %	Вміст, кг	Вміст, %
Протеїн (білок)	350	43,5	350	44,8
Жири (олія)	60	7,6	60	6,6
Клітковина (оболонка)	0	0	0	0
Волога	40	6,6	42	6,3
Інші домішки	330	42,3	330	42,3

За даними розрахунків таблиць 3.7 – 3.11, з 1 т сої сорту Різдвяна (з вмістом протеїну 33 %) за технологією екстракційної переробки отримано:

50 кг соєвих оболонок

130 кг соєвої олії

780 кг соєвої макухи (з вмістом протеїну 43,5 %).

За технологією механічної переробки з 1 т сої сорту Різдвяна (з вмістом протеїну 33 %) за механічною переробкою отримано:

50 кг соєвих оболонок

130 кг соєвої олії

780 кг соєвої макухи (з вмістом протеїну 44,8 %).

Отже, за технологією механічної переробки, з 1 т сої сорту Різдвяна (з вмістом протеїну 33 %) отримано макуху з більшим вмістом протеїну, ніж за екстракційною технологією. Подібним чином, здійснено порівняльний аналіз технологій переробки сої на біохімічний склад для сортів Перлина та Слобода, які корелюються з даними сорту Різдвяна. Результати наведено в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 – Біохімічний склад сої сортів Перлина та Слобода

Складові компоненти, %	Екстракційна переробка		Механічна переробка	
	Перлина	Слобода	Перлина	Слобода
Протеїн (білок)	42,5	41,3	44	42,5
Жири (олія)	12	7,8	12	8,5
Клітковина (оболонка)	0	0	0	0
Волога	7	8,1	7	7,3
Інші домішки	38,5	42,8	37	41,7

Однак, слід враховувати, що біохімічний склад сої та продуктів її переробки постійно змінюється і залежить від різних факторів. Збільшення масової частки протеїну в соєвих продуктах відбувається за рахунок вилучення з бобів інших, не протеїнових речовин. Отримання соєвої олії – один з них. Сучасні технології переробки сої дозволяють переробляти 1 т сої на годину або 24 т на добу. За такої продуктивності переробки, можна очікувати виробництво від 70 до 170 кг олії на годину або від 1680 до 4080 кг на добу. Вихід олії з 1 тони сої на зберігання або відвантаження становить від 57,5 до 145 кг на годину або 1380 до 3480 кг на добу.

3.6 Екологічні аспекти застосування технологій переробки сої

При механічному віджиманні в соєвій олії завжди залишаються частки соєвої макухи. Наявність домішок пояснюється тим, що олія видавлюється з макухи і проходить під високим тиском в зазорах між зеєрними планками пресової камери. Одночасно з камери видавлюються і дрібні частинки макухи.

Дані про кількість твердих залишків в олії і способи їх утилізації – наведено на схемі рисунку 3.8 [13]:



Рисунок 3.8 – Кількість твердих залишків в олії

З метою очищення соєвої олії від домішок використовують фільтування або відстоювання. На рисунку 3.9 наведено схему фільтрування соєвої олії.

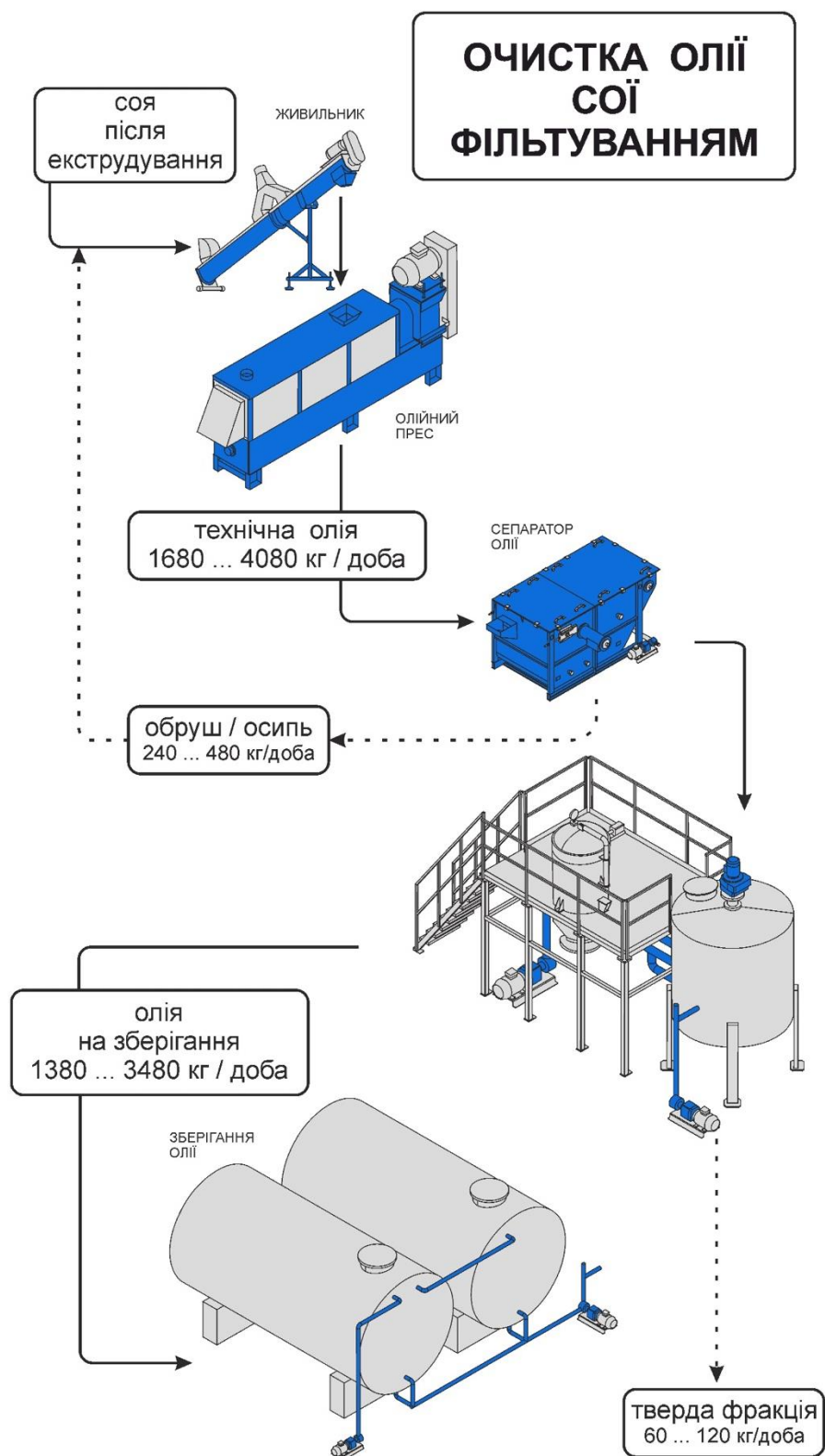


Рисунок 3.9 – Технологічна схема фільтрування соєвої олії

Оскільки соєва олія має високу в'язкість, замість фільтрування ефективно використовувати відстоювання олії. Схема очистки сої відстоюванням наведена на рисунку 3.10.

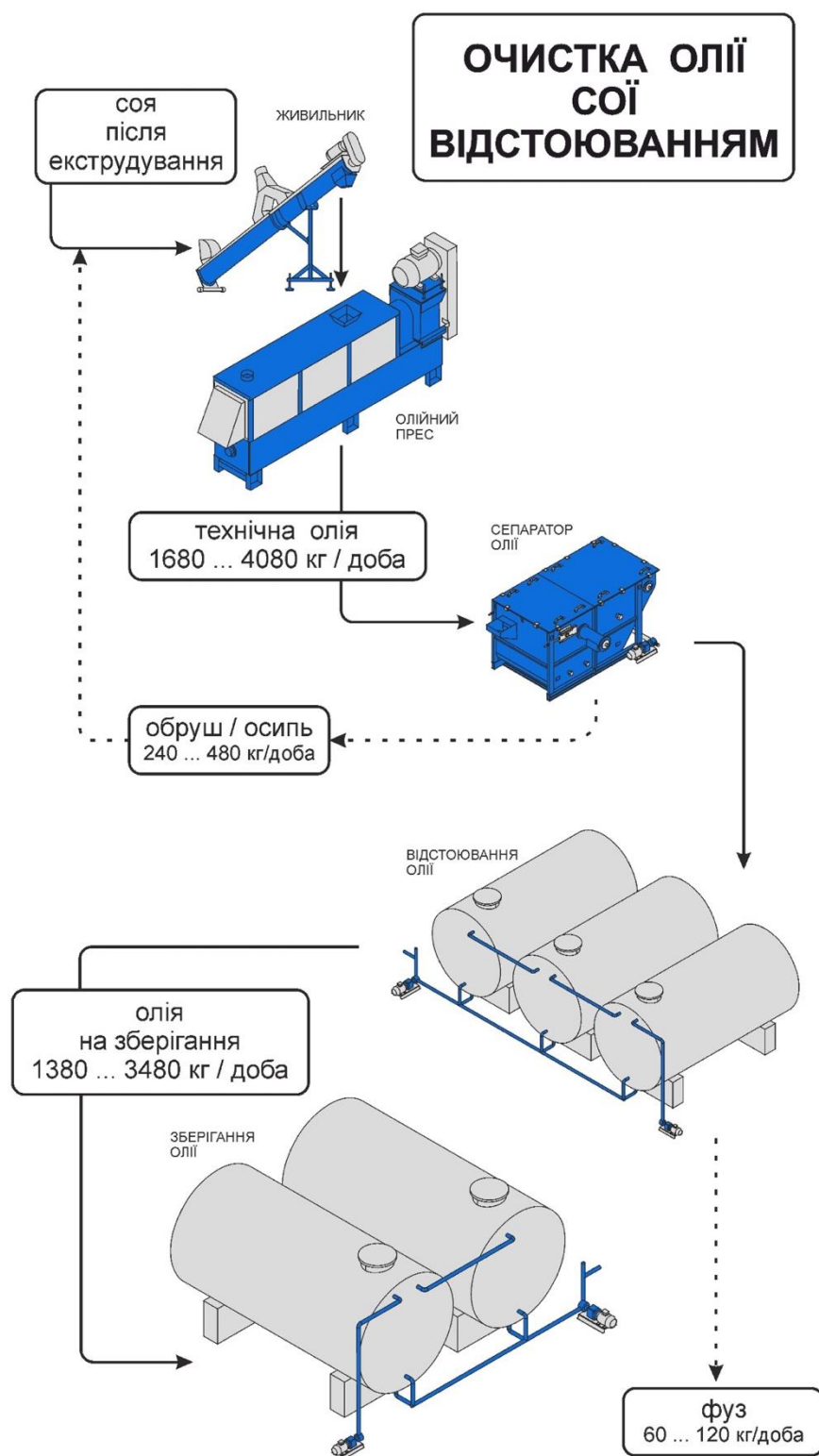


Рисунок 3.10 – Технологічна схема відстоювання соєвої олії

Таким чином сучасні технології переробки сої дозволяють послідовно проводити відділення соєвого лушпиння, екструдувати ядро сої, віджимати олію з повножирової сої, охолоджувати соєву макуху. Переробка дозволяє отримати з сої продукти з високим вмістом засвоюваного функціонального протеїну. Продукти переробки сої, зокрема виділений білок, широко використовують в процесі виробництва кормових, дієтичних харчових добавок та спортивного харчування [1, 3, 7, 10]. Вони можуть включати інші інгредієнти: вуглеводи, жири, вітаміни і мінерали. Такі харчові добавки, збагачують організм білком та іншими потенційно важливими поживними речовинами в раціонах харчування.

Застосування процесів фільтування або відстоювання в технологіях переробки сої дозволяє очищувати соєву олію від механічних домішок, збільшувати вихід та якість кінцевого продукту, покращують екологічну безпеку процесу.

ВИСНОВКИ

Продукти переробки сої, зокрема виділений білок, широко використовують в процесі виробництва кормових, дієтичних харчових добавок та спортивного харчування. Такі харчові добавки, збагачують організм білком та іншими потенційно важливими поживними речовинами в раціонах харчування.

Вартість на сою та продукти її переробки постійно зростає. У всьому світі, багато фермерів починають інвестувати в технології переробки сої, оскільки фермерам та фермерським господарствам вигідно отримати додатковий прибуток не тільки від вирощування сої, але і від її переробки. Україна вийшла на перше місце в Європі за виробництвом сої. Це сталося завдяки створенню та впровадженню у виробництво сортів сої нового покоління, розробці сортової технології їх вирощування, технологій переробки сої, підвищенню попиту на сою на світовому ринку. Прогнози свідчать про те, що виробництво сої та її продуктів зростатиме і надалі.

Сучасні технології переробки сої дозволяють послідовно проводити відділення соєвого лущиння, екструдувати ядро сої, віджимати олію з повножирової сої, охолоджувати соєву макуху. Переробка дозволяє отримати з сої продукти з високим вмістом функціонального протеїну.

При цьому, слід враховувати, що біохімічний склад сої та продуктів її переробки постійно змінюється і залежить від різних факторів. Збільшення масової частки протеїну в соєвих продуктах відбувається за рахунок вилучення з бобів інших, не протеїнових речовин.

В кваліфікаційній роботі проаналізовано сучасний стан виробництва, особливості застосування сої, її продуктів в Україні та світі. Здійснено детальний аналіз біохімічного складу сої та її продуктів. Наведено характеристики сучасного обладнання, яке використовують в технологіях переробки сої. Надані рекомендації, щодо зменшення кількості відходів та покращення якості продуктів переробки сої.

Проведено порівняльний аналіз ефективності технологій переробки сої з використанням ліній переробки ТМ BRONTO.

Основними продуктами переробки бобів сої є високопротеїновий гранульований шрот, макуха, нерафінована гідратована олія, гранульована оболонка.

В експериментальних дослідженнях використано насіння сої, яка входить до Державного реєстру сортів рослин придатних для поширення в Україні. А саме, сорти сої селекції Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН: Різдвяна, Перлина, Слобода. Дослідження показали, що з 1 т сої сорту Різдвяна (з вмістом протеїну 33 %) за технологією механічної переробки, отримано макуху з більшим вмістом протеїну, ніж за екстракційною технологією. Порівняльний аналіз технологій переробки сої на біохімічний склад для сортів Перлина та Слобода, корелюються з даними сорту Різдвяна. Так, за технологією екстракційної переробки (сорт Різдвяна) отримано соєву макуху з вмістом протеїну 43,5 %, а за технологією механічної переробки – соєву макуху з вмістом протеїну 44,8 %. Для сорту Перлина, за технологією екстракційної переробки отримано соєву макухи з вмістом протеїну 42,5 %, а за технологією механічної переробки – соєву макуху з вмістом протеїну 44 %. Для сорту Слобода за технологією екстракційної переробки отримано соєву макуху з вмістом протеїну 41,3 %, а за технологією механічної переробки – соєву макуху з вмістом протеїну 42,5 %. Найбільш вміст протеїну спостерігається для продуктів переробки сої сорту Різдвяна.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) / В. В. Кириченко, С. С. Рябуха, Л. Н. Кобизєва, О. О. Посиляєва, П. В. Чернищенко : монографія / НААН, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва . – Х., 2016. – 400 с.
2. Бабич А. Соя – стратегічна культура світового землеробства ХХІ століття // А. Бабич, А. Бабич-Побережна / Пропозиція. – 2006. – № 6. – С. 44–46.
3. Рудніченко Н. // Майбутнє за бобовими! Природні ліки для ґрунту та джерело білка для людства. / Пропозиція. – 2019. № 1. – С. 24-28.
4. Коробко А.А. Динаміка виробництва сої в Україні та світі / Збалансоване природокористування // 2021. – № 4. – с. 125 -133. DoI: 10.33730/2310-4678.4.2021.253098.
5. USDA Світове виробництво сої [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.usda.gov/> (дата звернення: 20.09.2023 р.).
6. Агробізнес України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://agribusinessinukraine.com> (дата звернення: 20.09.2023 р.).
7. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності: монографія. / Заболотний Г.М., Мазур В.А., Циганська О.І., Дідур І.М., Циганський В.І., Панцирева Г.В. // Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. – 275 с.
8. Бербенєць О.В. Світове виробництво сої як невичерпного джерела білків рослинного походження та місце України на світовому ринку торгівлі нею /Агросвіт // 2019. – № 10. – С.41–45.
9. Жуїков О.Г. Сучасне виробництво сої як елемент розв'язання проблеми харчового білка: світові тренди та вітчизняні реалії // О.Г. Жуїков, М.О. Іванів, Т.Ю. Марченко, В.В. Возняк. /Таврійський науковий вісник. – 2020. – Випуск 116. – Частина 1. – С. 54–63.
10. Гігієна харчування з основами нутриціології: Підручник. У 2-х кн. – Кн. 1. / За ред. проф. В. І. Ципріяна. – К.: Медицина, 2007. – 528 с.

11. Нутриціологія: навч. посіб. / під ред. Н. В. Дуденко – Х.: Світ книг, 2013 – 560 с.
12. Інститут рослинництва Імені В.Я. Юр'єва Національної академії аграрних наук України <https://yuriev.com.ua/ua/katalog-produkcii/katalog/soya/> (дата звернення: 20.10.2023 р.).
13. ТМ BRONTO [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://bronto.ua/ua/linii-pererobki/liniya-pererobki-soi/> (дата звернення: 15.09.2023 р.).
14. Сучасні підходи до переробки сої [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://farming.org.ua/> (дата звернення: 12.09.2023 р.).
15. Соя. Технічні умови. ДСТУ 4964:2008. Національні стандарти України. – К.: Держспоживстандарт України. – 2010. – 8 с.
16. Обладнання для переробки сої [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://agrovекtor.com.ua/category/1727-oborudovanie-dlya-pererabotki-soi.html> (дата звернення: 15.09.2023 р.).
17. Обладнання для переробки сої [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://agro-business.com.ua/agro/zberihannia/item/25998-obladnannia-dlia-pererobky-soi.html> (дата звернення: 15.09.2023 р.).
18. Системи управління якістю. Вимоги. ДСТУ ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT) К.: – ДП «УкрНДНЦ». – 2016. – 23 с.
19. Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування. ISO 14001.
20. ISO 14001 Environmental management systems – Requirements with guidance for use.
21. Сучасні технології в галузі : лабораторний практикум для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія / О. А. Параска – Хмельницький : ХНУ, 2022 – 86 с.
22. Біологічна хімія: підручник / за загальною редакцією А. Л. Загайка, К. В. Александрової – Х.: Вид-во «Форт», 2014. – 290 с.

23. Прімова Л. О. Метаболізм вітамінів і мінеральних речовин: навч. посіб./ Л.О. Прімова, І.Ю. Висоцький. – Суми: СумДУ, 2014. – 134 с.
24. Біохімія : навчальний посібник / С. В. Прилуцька, І. І. Гринюк, Т. А. Ткаченко. – Київ : НУБІП України, 2022. – 193 с.
25. Plant Biochemistry / Bowsher C., Tobin A.// Garland Science. – 2021. – 490 p.
26. Біологічна хімія / Марінцова Н. Г., Половкович С. В., Новіков В. П. // Підручник. – Львів. Навч. вид. – НУЛП. – 2013. – 336 с.