European Commission

European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency – CINEA

Перший робочий пакет

Розвиток альтернативних кормів на основі водоростей в ЄС: шляхи до зменшення використання інгредієнтів на основі риби

Додаток до кінцевого звіту

European Maritime, Aquaculture and Fisheries Fund (EMFAF)

Головний автор: Tina Maria Seligmann (s.Pro - sustainable projects)

Учасники: Foivos Petsinaris (Trinomics), Kiron Viswanath (Nord University), Freya Robinson, Isabel Romero, Efthalia Arvaniti, Ferdinand Bulmer, Angela Schultz-Zehden (s.Pro - sustainable projects)

s.Pro sustainable projects

EUROPEAN COMMISSION

European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency Unit D.3 — Sustainable Blue Economy

Contact: CINEA EMFAF CONTRACTS

E-mail: CINEA-EMFAF-CONTRACTS@ec.europa.eu
https://cinea.ec.europa.eu/

European Commission B-1049 Brussels

Перший робочий пакет 1: Розвиток альтернативних кормів на основі водоростей в ЄС: шляхи до зменшення використання інгредієнтів на основі риби
Додаток до кінцевого звіту

CINEA/2023/OP/0006/SI2.906327

Manuscript completed in June 2025.

This document has been prepared for the European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency (CINEA), however, it reflects the view of the authors and the European Commission or the European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency (CINEA) are not liable for any consequence stemming from the reuse of this publication.

Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2025

© European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency, 2025

The Commission reuse policy is implemented by Commission Decision 2011/833/EU of 12 December 2011 on the reuse of Commission documents (OJ L 330, 14.12.2011, p. 39). https://eur- lex.europa.eu/eli/dec/2011/833/oj).

Unless otherwise noted, the reuse of this document is authorised under a Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) licence (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). This means that reuse is allowed provided appropriate credit is given and any changes are indicated.

Зміст

	Перелік рисунків	9
	Перелік таблиць	10
	Резюме	11
	Подяки	16
	Скорочення	17
	Глосарій	20
1.	Вступ	20
1.1.	Вступ	20
1.2.	Сфера досліджень та методологія	24
2.	Водорості, придатні для аквакормів	23
2.1.	Міркування щодо поживності	25
2.1.1.	Потреби у поживних речовинах основних європейських видів риб та оптимальний склад корму	26
2.1.2.	Харчова цінність мікро-та макроводоростей як компонента корму	31
2.2.	Підвищення засвоюваності та біодоступності поживних речовин за допомогою оптимальних методів переробки	40
2.3.	Інгредієнти з водоростей з високим потенціялом використання в кормах для аквакультури	44
2.3.1	Доступність, масштабованість та надійність цих видів для задоволення потреб галузі аквакультури	45
2.3.1.1.	Ринок водоростей: глобальний та європейський	44
2.3.1.2.	Деякі види мікроводростей	46
2.3.1.3.	Надійність	46
2.4.	Висновки	47
3.	Переваги та проблеми кормів, що містять водорості	48
3.1.	Порівняння різних інгредієнтів та рецептур кормів для риб (багатокритеріальний аналіз)	48
3.1.1.	Визначення мети та сфери застосування	49
3.1.2.	Визначення варіантів кормів, що підлягають аналізу	50
3.1.3.	Визначення критеріїв	51
3.1.4.	Ефективність чотирьох варіантів кормів за кожним набором критеріїв	51
3.1.4.1.	Характеристики риби і кормів	54
3.1.4.2.	Економічні критерії	56
3.1.4.3.	Екологічні критерії	57
3.1.5.	Присвоєння ваги критеріям	59
3.1.6.	Розробка матриці прийняття рішень	59
3.1.7.	Аналіз чутливост	62

3.1.8.	Рекомендації на основі MCA	63
3.2.	Коефіцієнт залежності від кормової риби (FFDR)	65
3.2.1.	Розуміння значення FFDR	65
3.2.1.1.	Кількісні показники для оцінки морських інгредієнтів для аквакультури	65
3.2.1.2.	Міркування щодо сталості в контексті FFDR та використання кормової риби	66
3.2.2.	Приклади та розрахунок FFDR для потенційного включення інгредієнтів з водоростей	68
3.2.2.1.	Порогові значення FFDR, встановлені стандартом ASC	68
3.2.2.2.	Динаміка FFDR та поточні величини	70
3.2.3.	Рекомендації щодо корегування поточного FFDR	70
3.3.	Забруднювачі в риб'ячому та водоростевій олії та застосування принципу "настільки низького рівня, наскільки це можливо" (‘as low as reasonably achievable’- ALARA) для забруднювачі	73
3.3.1	Вміст забруднюючих речовин у риб'ячому жирі та водоростевій олііі, призначених для кормів для аквакультури	73
3.3.1.1.	Забруднювачі в борошні та оліях, отриманих з риби та водоростей	73
3.3.1.2.	Діоксини та PCBs у риб'ячому жирі	73
3.3.1.3.	Діоксини та PCBs у водоростевій олії	74
3.3.2.	Технології переробки та варіанти джерел інгредієнтів для зменшення вмісту забруднючих речовин	75
3.3.3.	Рекомендації щодо застосування принципу ALARA для забруднюючих речовин	77
3.3.4.	Рівні включення водоростей	80
3.3.4.1.	Оптимальні рівні включення водоростей	80
3.3.5.	Рекомендації щодо мінімальних рівнів EPA і DHA з нерибних джерел у кормві для аквакультури	83
3.4.	Висновки	86
4.	Економічна доцільність/життєздатність	88
4.1.	Фінансові стимули для виробництва кормів для риб на основі водоростей	88
4.1.1.	Стратегії та системи фінансових стимулів, що використовуються в сільськогосподарському секторі	88
4.1.2.	Вивчення можливостей фінансового стимулювання використання кормів для риб на основі водоростей	89
4.1.2.1.	Фінансові інструменти та стимули у Зеленій угоді ЄС	89
4.1.2.2.	Види стимулів для використання кормів для риб на основі водоростей у сталій аквакультурі	91
4.1.3.	Можливість реалізації та рекомендації щодо фінансових стимулів	97
4.2.	Висновки	100
5.	Нормативно-правова база та відповідність вимогам	101

5.1.	Нормативні акти, що стосуються водоростей як інгредієнтів укормів у ЄС	101
5.1.1.	Регламенти ЄС, що стосуються водоростей як інгредієнтів кормів	102
5.1.2.	Регламенти ЄС, що стосуються виробництва водоростей	104
5.1.3.	Національні регуляторні акти, дотичні до водорослівництва	105
5.1.4	Регуляторні бар'єри	105
5.2	Промислові стандарти та сертифікація	107
5.2.1.	Сертифікація	108
5.2.2.	Стандарти CEN	109
5.2.3.	Рекомендації до нових додаткових стандартів	110
6.	Ринкові приклади	112
6.1.	Приклад 1: Виробник інгредієнтів з водоростей	113
6.2.	Приклад 2: Виробник кормів	118
6.3.	Приклад 3: Виробник продукції аквакультури	119
7.	Майбутні тенденції	122
7.1	Глобальний та ЄС-статус інгредієнтів на основі риби в кормі для аквакультури	122
7.2	Історичні дані про тенденції на ринках та очікувані зміни	125
7.2.1.1.	Розвиток аквакультури і рибальства	125
7.2.1.2.	Динаміка виробництва рибного борошна та олії	126
7.3	Потенціал інгредієнтів на основі водоростей для заміни рибного борошна та риб'ячого жиру в кормі для аквакультури	129
7.3.1.	Водростеве борошно для заміни рибного борошна	130
7.3.2.	Водоростева олія для заміни риб'ячого жиру	131
7.4.	Вимоги щодо заміни інгредієнтів на основі риби інгредієнтами кормів на основі водоростей у сучасній аквакультурі ЄС	132
7.4.1.	Рекомендовані види водоростей	132
7.4.2.	Технологічна та просторова реалістичність	134
7.4.2.1.	Оптимізація використання водоростей та технології	134
7.4.2.2.	Вирощування водоростей в Європі та за її межами та використання побічних продуктів	135
7.5.	Висновки та майбутні тенденції	140
8.	Висновки та узагальнення рекомендацій	142
8.1.	Висновки	142
8.2.	Узагальнені рекомендації	145
	Додатки	147
	Додаток I – Таблиці	147
1.1.	Потреби в поживних речовинах для основних видів риб – об'єктів аквакультури Європи	147
1.2.	Склад вибраних видів водоростей	151
1.3.	Забруднювачі у риб'ячому жирі	153

1.4.	Ліміти для діоксинів та and PCBs	155
1.5.	Ліміти для діоксинів та PCBs	156
	Annex II – Calculations	162
1.1.	FFDR Calculations	162
	Annex III – Multi Criteria Analysis (MCA)	164
1.1.	Identification of Criteria	164
1.2.	Allocation of weights to criteria	166
1.3.	List of literature sources utilised for the MCA	168
	Додаток IV – Стратегії та системи фінансових стимулів, що використовуються у секторі певринного виробництва	171
1.1.	Огляд стратегій та систем фінансових стимулів, що використовуються в сільськогосподарському секторі	171
1.1.1.	Пряма фінансова підтримка	171
1.1.2.	Ринкові інструменти	172
1.1.3.	Інструменти торгівельної політики	172
1.1.4.	Інструменти розподілу ризиків	173
1.1.5.	Механізми підтримки	173
1.2.	Стратегії та системи фінансового стимулювання, що вокристовуються у секторі первинної продукції	174
1.2.1.	Пряма фінанасова підтримка	175
1.2.2.	Ринкові фінансові інструменти	177
1.2.3.	Інструменти торгівельної політики	179
1.2.4.	Інструменти розподілу ризиків	180
1.2.5.	Механізми підтримки	180
	Додаток V – Додаткові графічні матеріали	183
1.1.	Узагальнена діаграма: переваги кормів, що містять водорості, як замінників кормів, що містять рибу	183
	Додаток VI – Зведені рекомендації, включаючи коротке обгрунтування	184
1.1.	Зведені рекомендації, включаючи коротке обгрунтування	184

Список рисунків

Рисунок 1	Feed ingredients [%] commonly used in feeds for the grower phases of selected species (grower) in 2016	27
Рисунок 2	Changing trends in feed ingredient use in the salmon feed sector from 1990 to 2030	29
Рисунок 3	Performance of the feed options under four weighting scenarios	62
Рисунок 4	World's marine fisheries stocks from 1975 to 2021	66
Рисунок 5	FIFO and FFDR for salmonids and marine finfish from 2000 to 2020	68
Рисунок 6	Sources of marine ingredients in Norwegian salmon feed in 2020	80
Рисунок 7	Modelled global flows of EPA and DHA for fish oil and fishmeal production [kilotonnes]	82
Рисунок 8	World fishmeal use by sector	121
Рисунок 9	World fish oil use by sector	121
Рисунок 10	World fisheries and aquaculture production of aquatic animals 1980-2032	124
Рисунок 11	World fishmeal production	125
Рисунок 12	Fishmeal and fish oil prices in Europe	126
Рисунок 13	Algae as a replacement for fish-based feed ingredients	178

Список таблиць

Таблиця 1	Target species of algae and fish	23
Таблиця 2	Nutritional requirements for different European key fish species (grower)	27
Таблиця 3	Proximate composition of the selected microalgae and macroalgae species [% per dry matter]	32
Таблиця 4	EPA and DHA in selected fish species and algae [mg/g dry weight]	34
Таблиця 5	Amino acids in selected algae that are deemed essential for fish [g/100 g protein]	36
Таблиця 6	Application summary for selected micro- and macroalgae as a replacement in aquafeed	40
Таблиця 7	Decision matrix comparing all types of feed against three categories of criteria	60
Таблиця 8	Suggestions for the lowering of legal upper limits for dioxins and PCBs in fish oil and selected compound feed (Current value suggestion)	77
Таблиця 9	Indicative requirements for EPA, DHA, and EPA + DHA for selected species and suggested minimum target for replacement with non-fish derived EPA and DHA [g/kg diet]	84
Таблиця 10	Overview of relevant EU regulations	101
Таблиця 11	Fishmeal and fish oil production in the EU, including quantity and value of imports and exports in 2022	122
Таблиця 12	Nutritional requirements for Atlantic salmon, Salmo salar	145
Таблиця 13	Nutritional requirements for European seabass, *Dicentrarchus labrax*	146
Таблиця 14	Nutritional requirements for gilthead seabream, *Sparus aurata*	147
Таблиця 15	Nutritional requirements for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*	148
Таблиця 16	Proximate composition of selected algae [%]	149
Таблиця 17	Contaminants in fish oil that are used to make feed in Norway	151
Таблиця 18	Legal upper limits for dioxins and PCBs in selected animal feed products	153
Таблиця 19	Relevant CEN standards on animal feeding stuffs (CEN 327)	154
Таблиця 20	Relevant CEN standards on algae and algae products (CEN 454)	155
Таблиця 21	Selection of Sustainability-, GHG-, CFP-, LCA-related standards applicable to algae	157
Таблиця 22	Summary of recommendations including summarised rationale	179

Резюме

Історія питання

Населення світу на даний момент перевищує 8 мільярдів і, за прогнозами, продовжуватиме швидко зростати в найближчі роки. Це зростання населення вимагає відповідного збільшення виробництва продуктів харчування, особливо високоякісних білків та необхідних поживних речовин. Водні продукти харчування становлять близько 15% світового постачання тваринних білків і навіть перевищують 50% у декількох країнах Азії та Африки, слугуючи життєво важливим джерелом поживних речовин.

Оскільки запаси дикої риби обмежені, роль аквакультури значно зросла, і вона перетворилася на найдинамічніший сектор харчової промисловості. У 2022 році було досягнуто важливої віхи, коли виробництво водних видів за допомогою аквакультури вперше перевищило виробництво риби, виловленої в природних умовах ([1]). Для вирощування риби в аквакультурі потрібні значні обсяги кормів.

Традиційно м'ясоїдні види, такі як лосось, годували переважно дикими кормовими рибами, яких спеціально ловили для цієї мети. Протягом останніх десятиліть залежність від рибного борошна та риб'ячого жиру, отриманих з цих кормових риб, зменшилася, головним чином завдяки зростанню використання рослинних інгредієнтів як замінників. Незважаючи на цей прогрес, станом на 2022 рік приблизно 22 % дикої риби, виловленої у світі, продовжує перероблятися на рибне борошно та риб'ячий жир для нехарчових цілей, переважно для аквакорму. Ця практика, у поєднанні зі зростанням виробництва аквакультури, сприяла надмірному вилову риби, що створює значні проблеми для морських екосистем. Тривожно, що близько 88 % запасів кормових риб наразі або переловлюються, або експлуатуються на рівні максимального сталого вилову ([2]).

З огляду на ці виклики, існує нагальна потреба у стійких альтернативах. Європейські ініціативи, такі як «Зелений курс», стратегія «Від ферми до виделки» та комунікація щодо сталої блакитної економіки, а також численні наукові дослідження, підкреслюють потенціал водоростей як сталого рішення для аквакультури. Декілька компаній вже виробляють та використовують інгредієнти на основі водоростей для заміни традиційних компонентів на основі риби.

Хоча використання водоростей спочатку може здатися нетрадиційним, воно є логічним вибором, якщо розглянути водний харчовий ланцюг. Простіше кажучи, хижі риби споживають інших риб, які отримують поживні речовини з менших водних організмів, які, в свою чергу, харчуються мікроорганізмами, такими як водорості.

(1) FAO (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – *Blue Transformation in action*. Rome, https://doi.org/10.4060/cd0683en.

(2) FAO (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – *Blue Transformation in action*. Rome, https://doi.org/10.4060/cd0683en.

Включаючи водорості безпосередньо до корму для аквакультури, ми можемо ефективно усунути кормових риб, при цьому забезпечуючи необхідні поживні речовини. Деякі водорості особливо багаті на необхідні поживні речовини, забезпечуючи білок і специфічні цінні омега-3 жирні кислоти, включаючи ейкозопентаєнову кислоту (EPA) і докозагексаєнову кислоту (DHA). Ці поживні речовини мають вирішальне значення як для здоров'я риб, так і для здоров'я людини. Омега-3 жирні кислоти, що містяться в рибі, насправді походять переважно з її (прямого або непрямого) споживання водоростей, які є першоджерелом EPA та DHA — поживних речовин, що рідко зустрічаються в інших організмах. Ця особлива характеристика робить водорості особливо перспективною альтернативою для аквакорму. Крім того, водорості мають потенціал для надання ряду екосистемних послуг, які можуть принести користь суспільству. Однак перед тим, як їх можна буде використовувати у великих кількостях в аквакормі, необхідно вирішити кілька проблем.

Мета, обсяг та методологія цього робочого пакету

Метою цього робочого пакету є оцінка потенціалу мікро- та макроводоростей як альтернативи інгредієнтам рибного походження в кормі для аквакультури, з акцентом на встановленні мінімальних цільових показників включення EPA та DHA нерибного походження, зменшенні залежності від кормової риби (FFDR) та забруднюючих речовин, а також розробці фінансових та політичних рамок для підтримки переходу до більш сталих кормів на основі водоростей відповідно до Ініціативи ЄС щодо водоростей. Крім того, він містить конкретні рекомендації щодо переходу від інгредієнтів аквакормів на основі риби до інгредієнтів на основі водоростей та досліджує майбутні тенденції та можливості для розвитку галузі кормів на основі водоростей.
Цей звіт, підготовлений протягом 1,5 року, відповідає повідомленню Європейської комісії від Ініціативи ЄС щодо водоростей (2022) "На шляху до сильного та сталого сектору водоростей в ЄС". Він безпосередньо підтримує викладені в ньому політичні заходи щодо "розробки керівного документа для сприяння заміні кормів на основі риби на корми на основі водоростей" і має на меті прискорити зростання європейського сектора водоростей. Хоча основною цільовою аудиторією цього звіту є Генеральний директорат з морських справ та рибного господарства (DG MARE) та Європейське виконавче агентство з питань клімату, інфраструктури та навколишнього середовища (CINEA), він також є цінним джерелом інформації для зацікавлених сторін галузі, дослідників та широкої громадськості.

Робочий пакет акцентував увагу на наступних видах:

- Мікроводорості: *Schizochytrium* sp., *Nannochloropsis* sp., *Chlorella* sp.
- Макроводорості: *Ulva* sp., *Saccharina latissima*, *Palmaria palmate*
- Види риб: сьомга, райдужний пструг, європейський лаврак, дорада

Цей робочий пакет узагальнює знання з літератури та від експертів галузі щодо потенціалу мікро- та макроводоростей як інгредієнтів кормів для аквакультури. Він оцінює кілька типів кормів для аквакультури та харчову придатність водоростей, використовуючи близько 260 джерел літератури (переважно з 2020 року), а також 12 інтерв'ю із зацікавленими сторонами по всьому ланцюжку створення вартості та консультації з експертами. Було проведено багатокритеріальний аналіз (MCA) для порівняння ефективності кормів на основі водоростей, комах та риби, використовуючи лише безпосередньо порівнянні джерела та зважені критерії. Звіт також містить письмові відповіді від виробника інгредієнтів з водоростей, виробника кормів та виробника аквакультури, кожен з яких використовує водорості. Крім того, було проведено прогнозний аналіз щодо майбутнього включення водоростей до кормів для аквакультури. Для подальшої перевірки результатів було враховано відгуки робочої групи EU4Algae, а також результати опитування, на основі яких було сформовано остаточні рекомендації.

Ключові висновки

На основі аналізу поживної цінності вибраних видів водоростей було встановлено, що мікроводорості є кращим вибором порівняно з макроводоростями для додавання до кормів як замінник риб'ячого жиру та рибного борошна.
Проте слід зазначити, що як мікро-, так і макроводорості містять біоактивні сполуки, які можуть слугувати високоцінними кормовими добавками та позитивно впливати на загальний стан здоров'я риб. Серед проаналізованих видів мікроводоростей Schizochytrium sp. було визнано особливо важливим для виробництва омега-3 жирної кислоти DHA, оскільки це один з небагатьох видів, здатних до цього. Деякі штами Schizochytrium також можуть виробляти EPA. Однак більшу кількість EPA можна отримати з Nannochloropsis sp. Більше того, Nannochloropsis sp. і Chlorella sp. особливо багаті на білок, з амінокислотним профілем, придатним для заміни рибного борошна. Хоча Schizochytrium sp. містить меншу кількість білка, він залишається придатним для включення в корми для аквакультури.
Хоча товсті клітинні стінки деяких видів мікроводоростей можуть впливати на засвоюваність поживних речовин при використанні в кормах, попередня обробка, така як руйнування клітинних стінок або застосування специфічних ферментів, як було доведено, покращує засвоюваність.

Як компонент аквакормів, значною перевагою мікроводоростей порівняно з інгредієнтами на основі риби є те, що їх можна виробляти в контрольованих умовах, що підвищує як безпеку, так і надійність інгредієнтів. Наразі *Schizochytrium sp*. є найпоширенішою мікроводоростю в аквакормах як джерело водоростевої олії. Крім того, *Nannochloropsis sp.* і *Chlorella sp*. також культивуються в значних кількостях в ЄС. Ринок інгредієнтів з водоростей за останні роки зазнав значного зростання і, як очікується, продовжить розширюватися в майбутньому.

Результати багатокритеріального аналізу (MCA) показали, що рибні корми, які містять значну кількість водоростей як замінників інгредієнтів на основі риби, можуть досягти показників кормового коефіцієнту (FCR), питомих темпів росту (SGR) та загального стану здоров'я риб, порівнянних з показниками традиційних кормів. Крім того, використання кормів, що містять водорості, покращило якість риби та знизило

рівень забруднення, що дало очевидні переваги як для аквакультурної галузі, так і для споживачів.

З економічної точки зору, виробництво кормів на основі водоростей часто є дорожчим, ніж виробництво традиційних кормів. Однак вони забезпечують більшу стабільність цін і надійність поставок, особливо коли водорості вирощуються в контрольованих умовах. Екологічні показники кормів, що містять водорості, варіюються залежно від умов виробництва. Проте деякі дослідження показують, що великомасштабні циркулярні методи виробництва можуть призвести до створення кормів на основі водоростей, які є більш сталими, ніж традиційні корми для риб. Важливо, що перехід на корми, що містять водорості, може допомогти зменшити тиск на дикі рибні запаси, тим самим підтримуючи морські екосистеми та підвищуючи біорізноманіття.

Нинішня нормативно-правова база вже дозволяє включати інгредієнти з водоростей, а кілька сертифікаційних органів вже враховують альтернативні інгредієнти кормів, включаючи водорості.

Хоча використання водоростей у кормах для риб на етапах вирощування — від молоді до готової до реалізації продукції — все ще є відносно новим, водорості вже додаються до кормів із середнім вмістом, що становить, за оцінками, 1 %. Прогнози свідчать, що протягом найближчих п'яти років реалістичним може бути вміст 5 %.

Ринок олії з водоростей вже є більш розвиненим, ніж ринок борошна з водоростей. За підрахунками, додавання в середньому 5% олії з водоростей до європейських кормів для аквакультури може зменшити загальне споживання риб'ячого жиру приблизно на дві третини, що еквівалентно понад 100 000 тонн риб'ячого жиру на рік. Однак галузь ще не готова додавати більше 3% водоростевого борошна, незважаючи на дослідження, які вказують, що додавання 10% або більше може бути можливим, залежно від виду вирощуваної риби.

Подальший розвиток технологій та використання побічних продуктів інших галузей промисловості можуть сприяти зростанню ринку водоростей. При розвитку галузі виробництва кормів з водоростей акцент на циркулярних підходах може підвищити як економічну, так і екологічну сталість. Хоча більшість сучасних великих виробників водоростевої олії імпортують інгредієнти до Європи, дослідження показують, що внутрішнє виробництво може мати значні переваги. Для вирощування гетеротрофних водоростей, таких як Schizochytrium sp., необхідне відповідне джерело вуглецю, і кілька європейських побічних продуктів цукрової промисловості були визначені як можливі варіанти. Найбільш підходящий вибір може залежати від місцезнаходження та інших контекстуальних факторів.

Поточні приклади з реального світу показують, що стале виробництво водоростей не тільки можливе у великих масштабах, але й стає все більш затребуваним у галузі аквакультури. У міру вичерпання кормових ресурсів на основі риби сектор кормів на основі водоростей готовий до зростання. З огляду на поточні обставини, необхідно терміново впровадити відповідні заходи підтримки без подальших затримок.

Оскільки доступність кормової риби є обмеженою, а надмірний вилов риби залишається актуальною проблемою, своєчасна підтримка має вирішальне значення для заохочення більших інвестицій у сталі корми на основі водоростей. Без такої

підтримки компанії можуть перенести свою увагу на інші сектори, що потенційно може перешкодити розвитку ринку інгредієнтів з водоростей для аквакормів. Щоб у найближчому майбутньому можна було використовувати інгредієнти на основі водоростей як замінники більшої кількості риб'ячого жиру та рибного борошна, необхідні зміни в політиці на урядовому рівні. Цей звіт має на меті підтримати такі зусилля, окресливши як переваги, так і виклики, пов'язані з використанням інгредієнтів на основі водоростей у кормі для аквакультури. Було досліджено низку відповідних аспектів, і визначено такі рекомендації, які вважаються реалістичними.

Висновки та рекомендації

Висновки, засновані на результатах WP1, а також відповідні рекомендації викладені в розділі **8 Висновки та узагальнені рекомендації .**

Подяки

Ми хотіли б висловити свою вдячність окремим експертам, а також відповідним компаніям та організаціям за те, що вони щедро поділилися своїми цінними знаннями та думками під час цієї роботи. Ми також дуже вдячні за відгуки, отримані під час засідань робочої групи та процесу валідації, що значно підвищило якість цього звіту.

Ми хотіли б висловити особливу подяку компаніям Corbion, AllerAqua та Cermaq за надання вичерпної інформації в розділі Приклади ринку, а також за участь в інтерв'ю з представниками галузі. Ми також хочемо подякувати Veramaris, FEAP (Федерація європейських виробників аквакультури), EATiP (Європейська платформа технологій та інновацій в аквакультурі), Данській організації виробників аквакультури, Atlantik Fish - Pescado da Maré та кільком іншим компаніям, які не можуть бути названі з міркувань захисту даних, за участь в інтерв'ю з представниками галузі. Їхні думки були надзвичайно цінними. Ми також вдячні за внесок Silvio Mangini з Archimede Ricerche srl, особливо за його значну підтримку в розділі Нормативні вимоги та стандарти.

Скорочення

Скорочення	Визначення
ASC-MSC	Aquaculture Stewardship Council (ASC) - Marine Stewardship Council (MSC)
BAP	Best Aquaculture Practices
CEN	European Committee for Standardization
CINEA	European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency
DG MARE	The Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries
DHA	Docosahexaenoic acid
EC	European Commission
EU	European Commission
eFCR	Economic feed conversion ratio
EMFAF	European Maritime, Fisheries and Aquaculture Fund
EPA	Eicosapentaenoic acid
EU	European Union
EUMOFA	European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture products
FCR	Feed conversion ratio
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FCR	Feed conversion ratio
FFDR	Forage fish dependency ratio
FIFO	Fish in : fish out ratio
GMP	Good manufacturing practices
GWP	Global warming potential
HACCP	Hazard analysis critical control point
IFFO	International Fishmeal and Fish Organisation
IMTA	Integrated multi-trophic aquaculture

Скорочення	Визначення
LCA	Life cycle assessment
MCA	Multi criteria analysis
PCBs	Polychlorinated biphenyls
PES	Payment for Ecosystem Services
POPs	Persistent organic pollutants
PUFA	Polyunsaturated fatty acids
SGR	Specific growth rate
WHO	World Health Organisation
WTO	World Trade Organisation

Глосарій

Термін	Визначення
Algae	According to the European standard EN 17399:2024, algae are a functional group of organisms consisting of microalgae, macroalgae (seaweeds), cyanobacteria and labyrinthulomycetes.
Algae- containing feed, algae-feed	In this report, **algae-containing feed** or algae feed refers to aquafeed that contains algae, for example in the form of algae oil or algae meal, which exceeds minimal additive levels, and replaces a meaningful portion of the fish oil or fishmeal typically found in conventional feed. In the comparison between different feed options, the Multi Criteria Analysis (MCA) that is part of this work package, the following four feed types are specifically defined as: 1) **"Standard" feed** without alternative feed ingredients Alternative feeds: 2) **Algae-containing feed** containing at least 3% microalgae 3) **Algae-containing feed without fish oil or without fishmeal**: containing at least 3% microalgae but with an entire replacement of either fish oil or fishmeal with other ingredients **Insect-containing feed**: containing a significant amount of insect-derived ingredients, primarily as a protein source, and no algal ingredients
Algal ingredients, algae-based ingredients	**Algae biomass**: refers to the entire algal material, including all its components without separating or biorefining **Algae oil:** the oil extracted from algae, primarily valued for its high omega-3 fatty acid content, particularly EPA (eicosapentaenoic acid) and DHA (docosahexaenoic acid). While "algae oil" primarily highlights these fatty acids, it may also contain other lipid fractions. **Algae meal:** the by-product remaining after the extraction of oil from algae. It is often characterised by a high protein content and can be used as a nutrient-rich feed ingredient. **Algae protein:** refers to the isolated protein fraction obtained from algae. This component can also be valued for its nutritional and functional properties.
Alternative ingredients	This can include algae, insect meal, single cell proteins, such as bacteria or fungi and fermented products.

Термін	Визначення
Aquaculture production stages	**Hatchery** stage: involves the breeding and early rearing of larvae under controlled conditions. **Nursery** stage: includes the fry and fingerling phases, where young fish are grown until they are large enough to be transferred to grow-out systems. **Grower** stage: the developmental phase during which fish or shellfish are raised from juvenile to market size. The feed used during this stage is referred to as “grower feed”. **Broodstock** stage: the phase involving mature, reproductively active fish or shellfish to produce healthy offspring. Every stage requires a specific type of feed tailored to the unique nutritional needs at that stage of development (comparison Annex I Section 1.1).
Autotrophic, heterotrophic	**Autotrophic**: being able to produce complex organic nutrients from simple inorganic sources like carbon dioxide, water, and nitrates by utilising energy from the sun ([3]). **Heterotrophic:** being able to use only organic materials as a food source ([4]).
By-products, trimmings (trimmings & offal)	The terms "by-products," "trimmings" (or “trimmings and offal”)" are used interchangeably in this context. They refer to the remains after fish processing, which can originate from both wild-caught fish and aquaculture processing.
EPA (Eicosa-pentaenoic Acid), DHA (Docosa-hexaenoic Acid)	Long-chain omega-3 fatty acids that are primarily found in fish oil and certain algae.
Feed **Feed additives** **Feed materials, feed ingredients**	“Feed (or “feeding stuff”) means any substance or product, including additives, whether processed, partially processed or unprocessed, intended to be used for oral feeding to animals”. (Regulation (EC) No 178/2002, Article 4) While "feed additives" are also categorised as feed, and they are governed via Regulation (EC) No 1831/2003 on additives for use in animal nutrition. According to Article 2 of this regulation, “Feed additives means substances, micro- organisms or preparations, other than feed material and premixtures, which are intentionally added to feed or water in order to perform, in particular, one or more of the functions mentioned in Article 5 (3).” Those functions can be to improve feed quality, enhance animal products, meet nutritional needs, benefit animal welfare, reduce environmental impacts, or provide specific health effects. Regulation (EC) No 767/2009 defines feed materials as “products of vegetable or animal origin, whose principal purpose is to meet animals’ nutritional needs, in their natural state, fresh or preserved, and products derived from the industrial processing thereof, and organic or inorganic substances, whether or not containing feed additives, which are intended for use in oral animal-feeding either directly as such, or after processing, or in the preparation of compound feed, or as carrier of premixtures.”

Термін	Визначення
Fish oil, Fishmeal	Fish oil is a substance that is extracted from fatty fish, such as anchovy, sprat, or herring, and is rich in omega-3 fatty acids. Fishmeal is the protein-rich powder that is left after the oil extraction (5).
Forage fish, Whole fish, Wild fish	Fish oil is a substance that is extracted from fatty fish, such as anchovy, sprat, or herring, and is rich in omega-3 fatty acids. Fishmeal is the protein-rich powder that is left after the oil extraction (5).
Microalgae	A group of algae (see definition "algae"), that are typically single-celled and found in marine and freshwater environments. This report will focus on the following microalgae: 1. *Chlorella* sp., a microalga that can grow autotrophically heterotrophically or mixotrophically (a combination of both). 2. *Nannochloropsis* sp., an autotrophic microalga. *Schizochytrium* sp., a heterotrophic microalga (Taxonomically a protist, Class: Labyrinthulomycetes), known for its high content of omega-3 fatty acids.
Macroalgae (seaweeds)	A larger, multicellular type of algae (see definition "algae"), that is found in marine and freshwater environments and is classified into three main groups based on their colour: green, brown, and red algae. This report will focus on the following macroalgae: 1. *Ulva* sp., also known as sea lettuce, a type of green seaweed. 2. *Palmaria palmata*, also known as dulse, a type of red seaweed. 3. *Saccharina latissima*., also known as sugar kelp, a type of brown seaweed.

(3)Dictionary.com (n.d.). Autotrophic. https://www.dictionary.com/browse/autotrophic.
(4)Dictionary.com (n.d.). Heterotrophic. https://www.dictionary.com/browse/heterotrophic.
(5) EUMOFA (2023). Fishmeal and Fish Oil. Available here.

1. Вступ

1.1. Вступ

У 2022 році 17 мільйонів тонн риби походженням з рибальства, що становить приблизно 22% від загального обсягу вилову риби у світі, було перероблено на риб'ячий жир та рибне борошно для нехарчових цілей, переважно як корм для аквакультури ([6]). Оскільки аквакультура залишається найдинамічнішим сектором харчової промисловості, а надмірний вилов риби продовжує бути серйозною проблемою, пошук альтернативних джерел корму є надзвичайно важливим.

Цей робочий пакет досліджує придатність інгредієнтів на основі водоростей як замінників компонентів на основі риби в кормі для аквакультури в ЄС. Він доходить висновку, що водорості, зокрема певні мікроводорості, можуть слугувати життєздатною альтернативою. Було ретельно вивчено кілька методологій для підтримки заміни інгредієнтів на основі риби водоростями, що призвело до розробки рекомендацій на основі цих аналізів. Крім того, було проведено прогнозний аналіз для оцінки майбутніх тенденцій.

У 2022 році Ініціатива ЄС щодо водоростей оголосила в повідомленні Комісії На шляху до сильного та сталого сектору водоростей в ЄС (*Towards a Strong and Sustainable EU Algae Sector)* 23 конкретні політичні заходи для прискорення розвитку європейського сектору водоростей.

Метою цього робочого пакету є визначення можливих методів заміни кормових інгредієнтів, що містять рибу, на водорості, відповідно до Заходу 7 Ініціативи ЄС щодо водоростей: Розробити керівний документ для сприяння заміні кормів на основі риби на корми на основі водоростей.

Цей звіт надасть конкретні рекомендації щодо заміни кормових інгредієнтів на основі риби на продукти на основі водоростей, а також узагальнить наукові знання про потенціал видів водоростей як інгредієнтів аквакормів. Було досліджено різні альтернативні кормові інгредієнти та суміші з метою визначення найкращих результатів з точки зору продуктивності, вартості та впливу на навколишнє середовище.

Цей робочий пакет призначений для Генерального директорату з морських справ та рибного господарства (DG MARE) та Європейського виконавчого агентства з питань клімату, інфраструктури та навколишнього середовища (CINEA), а також для промисловості, дослідників та широкої громадськості.

---

(6) FAO (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – *Blue Transformation in action*. Rome, https://doi.org/10.4060/cd0683en.

1.2. Сфера дослідження та методологія

Методологія відповідає запиту CINEA.

Було проведено огляд літератури з метою збору та узагальнення даних про поживну цінність окремих видів мікроводоростей та макроводоростей. Крім того, було оцінено звіти про оптимальні методи переробки для підвищення біодоступності поживних речовин. Для багатокритеріального аналізу (MCA) було проаналізовано дані про показники росту, використання корму та параметри здоров'я риб, а також інформацію про забруднювачі, виробничі витрати, роздрібні ціни, викиди вуглецю та вплив на навколишнє середовище. Основна увага приділяється вимогам чотирьох основних видів риб, що вирощуються в Європі.

Таблиця 1 – Цільові види водоростей та риб

Організм	Види
Мікроводорості	*Nannochloropsis* sp., *Chlorella* sp., *Schizochytrium* sp.
Макроводорості	*Ulva* sp., *Saccharina latissima, Palmaria palmata*
Риби	Сьомга, райдужна форель, дорада, європейський лаврак

Огляд літератури в першу чергу зосереджувався на джерелах, опублікованих протягом останніх шести років (з 2019 року). Однак також були включені старіші публікації, що мають особливе значення, або ті, що стосуються конкретних прогалин у дослідженнях. Це було доповнено ключовою літературою, рекомендованою різними експертами з кормів на основі водоростей, щоб забезпечити всебічне висвітлення теми. Крім того, база знань Механізму допомоги аквакультурі ЄС була систематично перевірена на наявність відповідних матеріалів. У разі необхідності додаткові джерела були визначені за допомогою цільового пошуку в таких базах даних, як Google Scholar. Загалом 260 джерел було визнано релевантними для дослідження і відповідно проаналізовано.

Детальний аналіз оцінив придатність кормів, що містять водорості, для європейських видів риб у порівнянні з традиційними кормами, включаючи оцінку рівнів забруднення в риб'ячому жирі та олії з водоростей, що використовуються в аквакормі. Було здійснено багатокритеріальний аналіз (MCA) для порівняння ефективності різних типів кормів та рекомендації оптимальних рівнів включення на основі цих результатів. Для проведення MCA літературні джерела були поєднані з результатами 12 інтерв'ю з представниками галузі – семи виробниками кормів для аквакультури або інгредієнтів з водоростей та п'ятьма виробниками або асоціаціями аквакультури. Ці інтерв'ю охоплювали такі теми, як ефективність кормів, ціноутворення та операційні витрати.

Крім того, семінар з робочою групою EU4Algae з кормів з водоростей дозволив додатково контекстуалізувати дані та остаточно сформулювати рекомендації. Більш детальну інформацію про методологію MCA можна знайти в розділі 3.1.

У наступних розділах аналізуються та обговорюються різні аспекти та методики заміни інгредієнтів на основі риби водоростями. Серед них: оптимальні рівні включення водоростей; мінімальні цілі щодо додавання EPA та DHA, що не походять з риби; коефіцієнт залежності від кормової риби (FFDR); забруднювачі та застосування принципу "настільки низького рівня, наскільки це можливо" (ALARA); економічні міркування та фінансові стимули; а також нормативно-правова база для виробництва водоростей та їх використання в кормах, включаючи сертифікацію та стандарти. Зміст та рекомендації в кожному з цих розділів базуються на результатах MCA, додатковій науковій літературі та обговореннях експертів та зацікавлених сторін, пов'язаних з кожною конкретною темою, для отримання додаткової інформації.

Кожна рекомендація пройшла процес валідації: рекомендації та обґрунтування були узагальнені та передані зацікавленим сторонам з різних секторів, щоб забезпечити врахування широкого спектру точок зору по всьому ланцюжку створення вартості. Було отримано відгуки від зацікавлених сторін із семи різних організацій, включаючи виробників інгредієнтів з водоростей, виробників кормів для аквакультури, фермерів, які використовують корми, що містять водорості, та асоціацію аквакультури, які були включені до цього звіту.

У розділі 6 представлено три успішні ринкові приклади компаній, які вже використовують водорості. Кожен набір питань, перелічених у розділі, був розісланий відповідним компаніям, а їхні відповіді були включені безпосередньо до звіту.

Нарешті, було проведено прогнозний аналіз заміни кормових інгредієнтів на основі риби кормовими інгредієнтами на основі водоростей в ЄС. Він базувався на очікуваних показниках включення водоростей протягом наступних п'яти років у поєднанні з даними з останніх звітів про попит на рибне борошно та риб'ячий жир, зокрема від Європейської обсерваторії ринку продуктів рибальства та рибництва (EUMOFA) та Продовольчої та сільськогосподарської організації Об'єднаних Націй (ФАО).

Використання інструментів штучного інтелекту (AI) у WP1

Інструмент штучного інтелекту "Ecosia Chat" був використаний для поліпшення стилю написання шляхом надання пропозицій щодо вдосконалення окремих розділів цього звіту. Крім того, як "Ecosia Chat", так і "Perplexity" використовувалися для генерування додаткових ідей щодо конкретних тем, що полегшувало дослідження додаткових концепцій, які могли бути пропущені. У випадках, коли ці додаткові пропозиції,

згенеровані штучним інтелектом, вважалися релевантними, проводилося подальше дослідження для оцінки їх значущості, а для обґрунтування інтеграції цих ідей використовувався зміст наукових статей.

2. Водорості, придатні для аквакормів

Аквакультура є найшвидше зростаючим сегментом харчової промисловості, і, за прогнозами, до 2032 року її світове виробництво зросте на 17% порівняно з 2022 роком ([7]). Традиційно рибне борошно та риб'ячий жир були основними джерелами білків та ліпідів у кормах для аквакультури. У 2022 році 17 мільйонів тонн виловлених водних тварин (як з природних водойм, так і з аквакультури) було перероблено на рибне борошно та риб'ячий жир. З них понад 87% рибного борошна (2022) та 74% риб'ячого жиру (2021) було використано в аквакультурі ([8]). Така постійна залежність від інгредієнтів на основі риби чинить значний тиск на популяції диких риб, які є важливою складовою морських екосистем.

З метою сприяння сталому розвитку та зменшення залежності від інгредієнтів на основі риби сектор аквакультури активно досліджує альтернативні інгредієнти з наземних джерел, такі як високоякісні рослинні компоненти, наприклад соя, а також інгредієнти, отримані з водоростей та побічних продуктів морепродуктів. Водорості – як мікро-, так і макроводорості – стали перспективною альтернативою завдяки своїй поживній цінності та потенціалу для підвищення сталості порівняно з інгредієнтами на основі риби. Однак перед тим, як їхній повний потенціал у кормі для аквакультури буде реалізовано, необхідно вирішити багато проблем.

Питання сталого розвитку стало глобальним пріоритетом у політиці, наукових дослідженнях та науці, причому на першому плані стоять продовольча безпека та пом'якшення наслідків зміни клімату. Європейська зелена угода, стратегія Від ферми до виделки та комунікація щодо сталого розвитку блакитної економіки визнають потенціал водоростей у вирішенні цих проблем. Розуміння ризиків, перешкод та бар'єрів для розвитку сектору водоростей, а також усунення прогалин у знаннях є надзвичайно важливим для забезпечення прогресу в майбутньому.

2.1.1. Міркування щодо поживності

2.1.2. Потреби в поживних речовинах основних європейських видів риб та оптимальний склад корму

Не існує універсальної рецептури корму для риб. Кожен вид має свої специфічні потреби в поживних речовинах, і навіть у межах одного виду різні стадії життєвого циклу мають різні потреби в поживних речовинах, що безпосередньо впливає на склад корму (Додаток I, **Таблиці 12 - 14**).

Основною поживною речовиною в більшості кормів для аквакультури є білок, який зазвичай становить від 18% до 50% корму, залежно від виду. Ліпіди є другою за важливістю поживною речовиною для більшості видів, особливо для м'ясоїдних водних організмів, які потребують високого рівня енергії. Хоча вуглеводи не є прямим джерелом поживних речовин для м'ясоїдних видів, вони служать джерелом енергії для їх кишкових бактерій. Окрім макроелементів, корми для риб також містять необхідні вітаміни та мінерали, а також незначні кількості фосфору (менше 1,5%) і води (менше 10%) ([9]).

Крім того, незважаючи на те, що склад корму варіюється залежно від виду, загальний раціон для вирощування райдужної форелі, лосося, лаврака та доради є відносно схожим ([10]). У таблиці нижче наведено приблизний склад кормів для цих основних європейських видів риб.

У таблицях 12-14 у Додатку I наведено більш детальну інформацію щодо складу, включаючи оптимальні профілі амінокислот та рекомендований склад поживних речовин для різних стадій розвитку цих видів.

(7) FAO (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – *Blue Transformation in action*. Rome, https://doi.org/10.4060/cd0683en.

(8) FAO (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – *Blue Transformation in action*. Rome, https://doi.org/10.4060/cd0683en.

([9]) Yarnold, J., Hakan, K., Oey, M., & Hankamer, B. et al. (2019). Microalgal Aquafeeds as Part of a Circular Bioeconomy. *Trends in Plant Science,* 24(10). https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.06.005

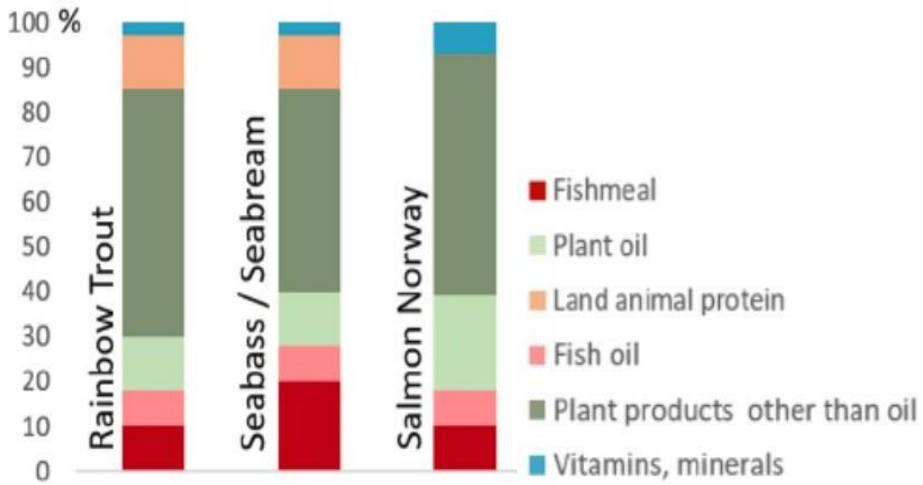
([10]) Mathieu-Resuge et al. (2023). Red muscle of small pelagic fishes' fillets are high-quality sources of essential fatty acids, *Journal of Food Composition and Analysis,* 120. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105304

Таблиця 2 – Потреби в поживних речовинах для різних основних видів риб Європи (вирощування)

Приблизний склад (% на основі сух.корму)	Сьомга, *Salmo salar* (морське вирощування)	Райд.пструг, *Oncorhynchus mykiss*	Європ.лаврак, *Dicentrarchu s labrax*	Дорада, *Sparus aurata*
Сирий протеїн, min [%]	40-45	42	45	45-50
Сирі ліпіди [%]	24-30	16-24	15-18	12-25
Вуглеводні, max [%]	12	12	12	20
EPA+DHA [%]	1-2,6	1,5	1,1-1,2	1,2-1,25
Засвоювана енергія [kJ/g]	20	15,5	19	19

Джерела: ([11];[12];[13];[14];[15]).

Рисунок 1 – Інгредієнти кормів [%], які зазвичай використовуються в кормах для вирощування окремих видів тварин (вирощування) у 2016 році



Джерело: Із змінами з Kreiss et al., 2020 ([16]). (райд.пструг, дорада/лаврак, сьомга норв.)(риб.борошно, росл.олія, жир наземних тварин, риб'яча олія, росл.продукти інші ніж олія, вітаміни та мінерали)

(11) National Research Council. (2011). *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13039
(12) Zhang, et al. (2023). Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in Atlantic salmon: Functions, requirements, sources, de novo biosynthesis and selective breeding strategies. https://doi.org/10.1111/raq.12882
(13) FAO (n.d.). FAQs. Aquaculture Feed and Fertilizer Resources Information System. Available here.
(14) Qian, C., Hart, B., Colombo, S.M. (2020). Re-evaluating the dietary requirement of EPA and DHA for Atlantic salmon in freshwater. *Aquaculture,* 518. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734870
(15) FAO (n.d.). Загальні потреби в поживних речовинах та їх використання райдужною фореллю, *Oncorhychus mykiss.* Доступно тут (fao.org/fileadmin/user_upload/affris/docs/Trout/English/table_2.htm.
(16) Kreiss, C.M., Papathanasopoulou, E., Harmon, K.G. et al. (2020). Future Socio-Political Scenarios for Aquatic Resources in Europe: An Operationalized Framework for Aquaculture Projections. *Front. Mar. Sci.*, 7, https://doi.org/10.3389/fmars.2020.568159

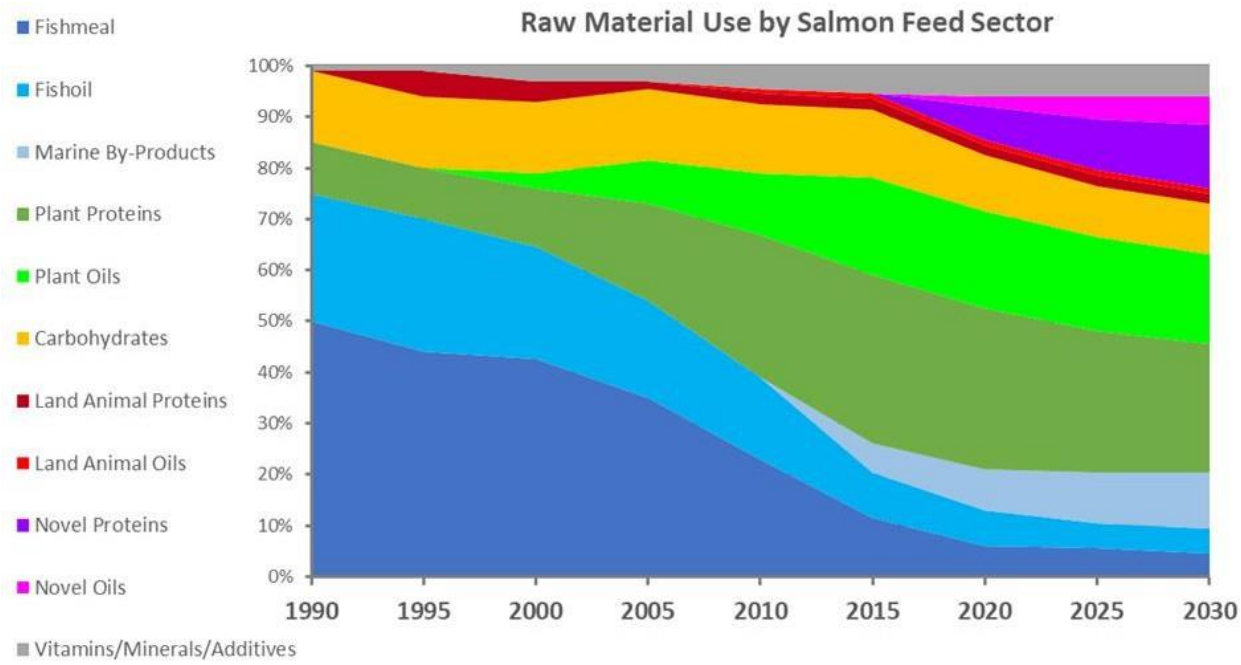
На **Рисунку 1** показано склад кормів для лосося, райдужної форелі, лаврака та доради. Оскільки склад кормів для доради та лаврака дуже схожий, вони представлені разом в одному стовпчику. Аналогічно, склад кормів для лососевих риб, включаючи райдужну форель та лосося, також є порівнянним. На рисунку підкреслено високу частку інгредієнтів рослинного походження в кормах для хижих риб, незважаючи на те, що їх природні раціони в значній мірі залежать від морських джерел.

Перехід на кормові інгредієнти рослинного походження

Перехід на рослинні інгредієнти відображає зусилля, спрямовані на зменшення залежності від інгредієнтів на основі риби в кормі для аквакультури. В даний час інгредієнти на основі риби складають лише приблизно 20% корму для лосося, що є значним зниженням порівняно з приблизно 75% у 1990 році (рис. 2). Це зниження є результатом широких досліджень та інновацій у секторі вирощування сьомги. З 2015 року до кормів для лосося додаються нові інгредієнти, такі як борошно з комах, одноклітинні білки, ферментовані продукти та мікроводорості. Більш детальний аналіз секторів рибного борошна та риб'ячого жиру наведено в розділі 7 цього звіту.

З 2010 року позитивним явищем є зростання використання морських побічних продуктів, таких як продукти переробки аквакультури, для заміни диких морських інгредієнтів у кормах.

Рисунок 2 – Тенденції змін інгредієнтів кормів у секторі лососівництва з 1990 до 2030



Джерело: IFFO ([17]). (Сировина, що використовується сектором годівлі лососів/сьомги. У стовпчику: рибне борошно, риб'яча олія, субпродукти після переробки морепродуктів, рослинні білки, рослинна олія, вуглеводні, білки наземних тварин, жири наземних тварин, новітні білки, новітні олії, вітаміни/мінерали/додатки)

EPA та DHA

Омега-3 довголанцюгові поліненасичені жирні кислоти, ейкозапентаєнова кислота (EPA) та докозагексаєнова кислота (DHA), відіграють важливу роль у підтримці цілісності клітинних мембран не тільки у людей, але й у водних видів, включаючи хижих риб, таких як лосось і форель. У дикій природі риби отримують ці жирні кислоти, споживаючи багату на омега-3 здобич, що підкреслює важливість включення EPA та DHA до складу кормів для риб, що вирощуються в умовах аквакультури. Традиційно для цієї мети в кормах для аквакультури використовували риб'ячий жир і рибне борошно, отримані з диких морських риб ([18]). Однак, щоб зменшити залежність від цих вичерпних ресурсів, протягом багатьох років поступово знижували вміст риб'ячого жиру та рибного борошна в кормах, замінюючи їх альтернативними інгредієнтами, як показано на рисунку 2. Наприклад, соя, канола/ріпак, кукурудза, люпин, пшениця та ячмінь зараз широко використовуються для заміни рибного борошна в кормах, а рослинні олії значною мірою замінили риб'ячий жир ([19]). Ці заміни призвели до загального зниження вмісту EPA та DHA в рибних продуктах, що спричинило зниження поживної цінності риби, вирощеної в умовах аквакультури.

Тому ідеальною стратегією є включення морських мікроорганізмів, включаючи мікроводорості – основних виробників омега-3 жирних кислот – до складу кормів. Ці мікроорганізми не тільки є джерелом EPA та DHA, але й містять високоякісний білок та інші біоактивні сполуки, що робить їх перспективною заміною рибного борошна та риб'ячого жиру в кормі для аквакультури. Останнім часом досліджується можливість використання олій мікроводоростей як альтернативи риб'ячому жиру та рослинній олії в кормі для аквакультури (20). Крім того, в останні роки в аквакультурній галузі все більшу увагу приділяють застосуванню пігментів, отриманих з мікроводоростей ([21]).

(17) IFFO (2021). Is feed evolution driving us towards new ingredients or into circularity?. Available here.
(18) Tocher, D.R., Betancor, M.B., Sprague, M. et al. (2019). Omega-3 Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acids, EPA and DHA: Bridging the Gap between Supply and Demand. *Nutrients*, 11(1). https://doi.org/10.3390/nu11010089
(19) Yarnold et al. (2019). Microalgal Aquafeeds As Part of a Circular Bioeconomy. *Trends in Plant Science,* 24(10). https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.06.005
(20) Tocher, D.R., Betancor, M.B., Sprague, M. et al. (2019). Omega-3 Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acids, EPA and DHA: Bridging the Gap between Supply and Demand. *Nutrients*, 11(1). https://doi.org/10.3390/nu11010089
(21) CEVA (2024). Report of the current algae industry in Europe. Available here.

2.1.3. Харчова цінність мікро- та макроводоростей як компонента корму

Використання водоростей у кормі для аквакультури не є новою концепцією і практикується вже багато років. Мікроводорості зазвичай використовуються як корм у інкубаторах та розплідниках, а також для племінного стада ([22]) у періоди, коли високий вміст ліпідів є необхідним для задоволення їх біологічних потреб ([23]). Мікроводорості також використовуються як живий корм для зоопланктону, яким, у свою чергу, годують молодь риб. Традиційно на цих етапах життя використовували живі водорості, але останнім часом все більшої популярності набуває використання концентратів і паст з водоростей замість живих водоростей ([24]).

Хоча мікроводорості вже тривалий час широко використовуються в аквакультурі, макроводорості історично не входили до складу кормів для аквакультури ([25]). Однак останніми роками використання водоростей в аквакультурі зросло, в першу чергу як частина інтегрованих мультитрофічних систем аквакультури та як природні джерела корму. Наприклад, такі види макроводоростей, як Ulva sp., зараз використовуються у вирощуванні морських вушок та морських їжаків ([26]).

Якість аквакорму залежить від інгредієнтів, що використовуються в його складі. Розглядаючи водорості як альтернативний інгредієнт корму, важливо переконатися, що вони містять необхідні поживні речовини, необхідні для оптимальної продуктивності риб.

Харчовий склад деяких видів мікроводоростей може бути порівнянним із складом загальновживаних інгредієнтів кормів. Залежно від виду та умов вирощування, мікроводорості можуть містити до 60 % білка, 70 % олії або 60 % вуглеводів ([27]). Крім того, вміст клітковини — виду складних вуглеводів — у мікроводоростях зазвичай становить від 5 % до 18 % ([28]).

---

(22) Shields, R., & Lupatsch, I. (2013). "5 Algae for aquaculture and animal feeds". Microalgal Biotechnology: Integration and Economy, edited by Clemens Posten and Christian Walter, Berlin, Boston: De Gruyter, pp. 79-100. https://doi.org/10.1515/9783110298321.79
(23) Bruce et al. (1999). Development of broodstock diets for the European Sea Bass (Dicentrarchus labrax) with special emphasis on the importance of n−3 and n−6 highly unsaturated fatty acid to reproductive performance. *Aquaculture,* 144(1-4). https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00071-X
(24) Yarnold et al. (2019). Microalgal Aquafeeds As Part of a Circular Bioeconomy. *Trends in Plant Science,* 24(10). https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.06.005
(25) Shields, R., & Lupatsch, I. (2013). "5 Algae for aquaculture and animal feeds". Microalgal Biotechnology: Integration and Economy, edited by Clemens Posten and Christian Walter, Berlin, Boston: De Gruyter, pp. 79-100. https://doi.org/10.1515/9783110298321.79
(26) CEVA (2024). Report of the current algae industry in Europe. Available here.
(27) Ahmad, A., Hassan, S.W., Banat, F. (2022). An overview of microalgae biomass as a sustainable aquaculture feed ingredient: food security and circular economy, Bioengineered, 13(4). https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2061148
(28) Nagappan et al. (2021). Potential of microalgae as a sustainable feed ingredient for aquaculture, Journal of Biotechnology, 341. https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.09.003

Однак поживний склад водоростей може значно відрізнятися залежно від виду. Екологічні фактори, такі як інтенсивність світла, температура, доступність поживних речовин та методи збору, також відіграють важливу роль у визначенні біохімічного складу водоростей ([29]).

Макроводорості також можуть служити інгредієнтом кормів для риб, забезпечуючи їх поживними речовинами, такими як білки, ліпіди та мінерали ([30]). Вміст білка значно варіюється між різними видами макроводоростей, коливаючись від 5% до 47% сухої маси, причому червоні водорості, як правило, мають вищий вміст білка, ніж бурі або зелені водорості ([31]). Вміст жиру зазвичай не перевищує 5%, а вуглеводи становлять від 20 до 76% загального складу. Більшість вуглеводів у водоростях – це харчові волокна, які становлять близько 33-62% сухої речовини ([32]).

У таблиці 3 наведено дані щодо білків, ліпідів та вуглеводів лише на декількох прикладах, але більш вичерпну таблицю можна знайти в додатку I (таблиця 16), де також підкреслено значну мінливість складу поживних речовин навіть у межах одного виду.

Окрім цих основних поживних речовин, існує багато інших поживних компонентів, які варіюються від виду до виду. Ці додаткові поживні речовини також роблять водорості цінним інгредієнтом кормів для аквакультури. Важливо зазначити, що пігменти, вітаміни та біоактивні речовини, що містяться у водоростях, можуть бути дуже корисними для риб ([33]).

(29) Ahmad, A., Hassan, S.W., Banat, F. (2022). An overview of microalgae biomass as a sustainable aquaculture feed ingredient: food security and circular economy, Bioengineered, 13(4). https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2061148
(30) Mwendwa et al. (2023). Potential for Use of Seaweed as a Fish Feed Ingredient: A Review. *Journal of Agricultural Science,* 152(2). http://dx.doi.org/10.5539/jas.v15n2p96
(31) Morais et al. (2020). Seaweed Potential in the Animal Feed: A review. *J. Mar. Sci. Eng.,* 8(8). https://doi.org/10.3390/jmse8080559
(32) Mwendwa et al. (2023). Potential for Use of Seaweed as a Fish Feed Ingredient: A Review. *Journal of Agricultural Science,* 152(2). http://dx.doi.org/10.5539/jas.v15n2p96
(33) Ahmad, A., Hassan, S.W., Banat, F. (2022). An overview of microalgae biomass as a sustainable aquaculture feed ingredient: food security and circular economy, Bioengineered, 13(4). https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2061148

Таблиця 3 – Приблизний склад окремих видів мікроводоростей та макроводоростей [% від сухої речовини]

Види водоростей	Білок	Жири	Вуглеводні
Chlorella sp.	52.0	7.5	24.3
Schizochytrium sp.	12.5	40.2	38.9
Nannochloropsis sp.	33-44	22-31	8-14
Ulva lactuca	10-25	0.6-1.6	36-43
Saccharina latissima	6-6.3	0.5–1.1	52–61
Palmaria palmata	8-35	0.7–3	46–56

Джерела: *Chlorella* sp. ([34]), *Schizochytrium* sp. ([35]), *Nannochloropsis* sp. ([36]), *Ulva lactuca* ([37]), *Saccharina latissima* ([38]), *Palmaria palmata* ([39]).

Високоненасичені жирні кислоти

Мікроводорості

Загальний вміст ліпідів у мікроводоростях зазвичай становить від 20% до 70% сухої маси. На відміну від інших рослинних джерел, водорості також можуть виробляти високоненасичені жирні кислоти HUFA), такі як EPA і DHA ([40]).

Залежно від виду, вміст EPA і DHA може коливатися від 20% до 45% від загальної кількості жирних кислот. Schizochytrium sp. є прикладом водоростей з винятково високим вмістом поліненасичених жирних кислот (PUFA) ([41];[42]).

(34) Shields, R., & Lupatsch, I. (2013). "5 Algae for aquaculture and animal feeds". Microalgal Biotechnology: Integration and Economy, edited by Clemens Posten and Christian Walter, Berlin, Boston: De Gruyter, pp. 79-100. https://doi.org/10.1515/9783110298321.79
(35) Shields, R., & Lupatsch, I. (2013). "5 Algae for aquaculture and animal feeds". Microalgal Biotechnology: Integration and Economy, edited by Clemens Posten and Christian Walter, Berlin, Boston: De Gruyter, pp. 79-100. https://doi.org/10.1515/9783110298321.79
(36) Ahmad, A., Hassan, S.W., Banat, F. (2022). An overview of microalgae biomass as a sustainable aquaculture feed ingredient: food security and circular economy, Bioengineered, 13(4). https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2061148
(37) Morais et al. (2020). Seaweed Potential in the Animal Feed: A review. *J. Mar. Sci. Eng.,* 8(8). https://doi.org/10.3390/jmse8080559
(38) Morais et al. (2020). Seaweed Potential in the Animal Feed: A review. *J. Mar. Sci. Eng.,* 8(8). https://doi.org/10.3390/jmse8080559
(39) Morais et al. (2020). Seaweed Potential in the Animal Feed: A review. *J. Mar. Sci. Eng.,* 8(8). https://doi.org/10.3390/jmse8080559
(40) Bature et al. (2022). Microalgae as feed ingredients and a potential source of competitive advantage in livestock production: A review. *Livestock Science,* 259. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104907

Макроводорості

Макроводорості, широко відомі як морські водорості, мають низький вміст ліпідів, що становить від 1% до 5% від їх сухої ваги. Значна частина цих ліпідів складається з PUFA, зокрема EPA (43). Деякі види червоних водоростей можуть містити до 48% EPA від загальної кількості жирних кислот. Як правило, коричневі та червоні водорості мають вищий вміст EPA порівняно із зеленими водоростями (44).

У наступній таблиці наведено вміст EPA і DHA у вибраних видах мікро- та макроводоростей, а також у видах риб, які зазвичай використовуються для видобутку риб'ячого жиру. Важливо зазначити, що вміст EPA може значно відрізнятися між різними видами Nannochloropsis (таблиця 4). Як згадувалося раніше, на склад впливають не тільки видові особливості, а й різні фактори, пов'язані з навколишнім середовищем та поживними речовинами (45).

У таблиці 4 підкреслено високий рівень EPA в Nannochloropsis sp. та низький вміст EPA і DHA у вибраних видах макроводоростей. З перелічених видів єдиним, що містить високий рівень DHA, є Schizochytrium sp. На основі їхнього профілю жирних кислот олії цих видів можуть бути особливо придатними як замінники риб'ячого жиру в кормі для аквакультури.

(41) Ahmad, A., Hassan, S.W., Banat, F. (2022). An overview of microalgae biomass as a sustainable aquaculture feed ingredient: food security and circular economy, Bioengineered, 13(4). https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2061148
(42) Yarnold et al. (2019). Microalgal Aquafeeds As Part of a Circular Bioeconomy. *Trends in Plant Science,* 24(10). https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.06.005
(43) Mwendwa et al. (2023). Potential for Use of Seaweed as a Fish Feed Ingredient: A Review. *Journal of Agricultural Science,* 152(2). http://dx.doi.org/10.5539/jas.v15n2p96
(44) Mwendwa et al. (2023). Potential for Use of Seaweed as a Fish Feed Ingredient: A Review. *Journal of Agricultural Science,* 152(2). http://dx.doi.org/10.5539/jas.v15n2p96
(45) Ahmad, A., Hassan, S.W., Banat, F. (2022). An overview of microalgae biomass as a sustainable aquaculture feed ingredient: food security and circular economy, Bioengineered, 13(4). https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2061148

Таблиця 4 – EPA та DHA у деяких видах риб та водоростей [мг/г сухої речовини]

Водоростева олія та риб'яча	EPA	DHA
Жир з менхадену	8.5	6.2
Жир з анчоусів	4.4	15.4
Жир з сардин	10.3	19.8
Nannochloropsis oceanica	23	/
Nannochloropsis oculata	23.3	/
Nannochloropsis limnetica	28.1	/
Nannochloropsis gaditana	54.9	0.2
Chlorella vulgaris	1.47	/
Schizochytrium sp.	(не вказано за сухою вагою)	51-60.5
Ulva sp.	0.7-1.4	/
Saccharina latissima	0.17-1.09	0.02-0.42
Palmaria palmata	8.3	/

Джерела: Menhaden oil ([46]), Anchovy oil ([47]), Sardine oil ([48]), *Nannochloropsis oceanica* ([49]), *Nannochloropsis oculate* ([50]), *Nannochloropsis limnetica* ([51]), *Nannochloropsis gaditana* ([52]), *Chlorella vulgaris* ([53]), *Schizochytrium* sp. ([54]), *Ulva* sp. ([55]), *Saccharina latissima* ([56]), *Palmaria palmata* ([57]).

(46) Watters, C.A. (2012). Nutrition Considerations in Aquaculture: the importance of omega-3 fatty acids in fish development and human health. Available here.
(47) Mathieu-Resuge et al. (2023). Red muscle of small pelagic fishes' fillets are high-quality sources of essential fatty acids. *Journal of Food Composition and Analysis, 120.* https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105304
(48) Mathieu-Resuge et al. (2023). Red muscle of small pelagic fishes' fillets are high-quality sources of essential fatty acids. *Journal of Food Composition and Analysis, 120.* https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105304
(49) Zanella, L., Vianello, F. (2020). Microalgae of the genus Nannochloropsis: Chemical composition and functional implications for human nutrition. *Journal of functional foods*, 68. https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103919
(50) Zanella, L., Vianello, F. (2020). Microalgae of the genus Nannochloropsis: Chemical composition and functional implications for human nutrition. *Journal of functional foods*, 68. https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103919
(51) Zanella, L., Vianello, F. (2020). Microalgae of the genus Nannochloropsis: Chemical composition and functional implications for human nutrition. *Journal of functional foods*, 68. https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103919
(52) Paterson et al. (2023). Bioactivity and Digestibility of Microalgae Tetraselmis sp. and Nannochloropsis sp. as Basis of Their Potential as Novel Functional Foods. *Nutrients,* 15(2). https://doi.org/10.3390/nu15020477
(53) Waqalevu et al. (2019). Enrichment effect on two Brachionus plicatilis sp. complex morphotypes fed three nutritional enrichment diets. http://dx.doi.org/10.11233/aquaculturesci.67.139

Амінокислоти

Білки складаються з амінокислот, містяться в багатьох видах мікроводоростей, а їх вміст досягає 60%. Деякі дослідження повідомляють про вміст білків у певних видах досягає навіть 70% ([58]). У макроводоростях вміст білків нижчий і становить від 5 до 47% сухої маси водоростей ([59]).

Потреба в незамінних амінокислотах для окремих ключових видів риб Європи наведена в наступній таблиці (таблиця 5). Крім того, в таблиці наведено вміст незамінних амінокислот у окремих видах мікроводоростей і макроводоростей. Для порівняння також наведено амінокислотний склад рибного борошна.

З обраних водоростей біомаса Chlorella vulgaris, Nannochloropsis sp., Schizochytrium sp. та білкові концентрати Saccharina latissima і Palmaria palmata мають амінокислотний профіль, порівнянний з рибним борошном (див. таблицю 5). Хоча ці види можуть бути хорошими кандидатами для заміни рибного борошна, слід зазначити, що деякі різновиди Chlorella sp. та Nannochloropsis sp. також мають високий загальний вміст білка, як показано в таблиці 3 ([60];[61]).

(54) Zeng et al. (2010). Development of a Temperature Shift Strategy for Efficient Docosahexaenoic Acid Production by a Marine Fungoid Protist, Schizochytrium sp. HX-308. Applied Biochemistry and Biotechnology. 164(3). http://dx.doi.org/10.1007/s12010-010-9131-9

(55) McCauley et al. (2018). Effects of nutrients and processing on the nutrionally important metabolites of Ulva sp. (Chlorophyta). *Algal Research, 35.* https://doi.org/10.1016/j.algal.2018.09.016

(56) Marinho, G. S., Holdt, S. L., Jacobsen, C., & Angelidaki, I. (2015). Lipids and Composition of Fatty Acids of *Saccharina latissima* Cultivated Year-Round in Integrated Multi-Trophic Aquaculture. *Marine Drugs*, *13*(7), 4357-4374. https://doi.org/10.3390/md13074357

(57) van Ginneken, V. J., Helsper, J. P., de Visser, W., van Keulen, H., & Brandenburg, W. A. (2011). Polyunsaturated fatty acids in various macroalgal species from North Atlantic and tropical seas. *Lipids in health and disease*, *10*, 104. https://doi.org/10.1186/1476-511X-10-104

(58) Ahmad, A., Hassan, S.W., Banat, F. (2022). An overview of microalgae biomass as a sustainable aquaculture feed ingredient: food security and circular economy, Bioengineered, 13(4). https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2061148

(59) Morais et al. (2020). Seaweed Potential in the Animal Feed: A review. *J. Mar. Sci. Eng.,* 8(8). https://doi.org/10.3390/jmse8080559

(60) Shields, R., & Lupatsch, I. (2013). "5 Algae for aquaculture and animal feeds". Microalgal Biotechnology: Integration and Economy, edited by Clemens Posten and Christian Walter, Berlin, Boston: De Gruyter, pp. 79-100. https://doi.org/10.1515/9783110298321.79

(61) Ahmad, A., Hassan, S.W., Banat, F. (2022). An overview of microalgae biomass as a sustainable aquaculture feed ingredient: food security and circular economy, Bioengineered, 13(4). https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2061148

Таблиця 5 – Амінокислоти у деяких видах водоростей та які вважаються незамінними для риб [г/100 г протеїну]

Nr.	Водорості та рибне борошно	Arginine	Histidine	Isoleucine	Leucine	Lysine	Methionine	Phenylalanine	Threonine	Tryptophan	Valine
1	Рибне борошно	5.8-6.4	2-2.4	3.7-4.5	6.5-7.5	6.9-7.7	2.6-2.9	3.3-3.9	3.9-4.3	0.9-1.2	4.5-5.4
2	*Chlorella vulgaris*	8	2.4	4.8	10.8	8.4	2.2	6	5.6	2.3	7.9
3	*Nannochloropsis oceanica*	5.7	1.7	4.2	7.1	5.9	2.2	5.0	5.0	-	5.6
4	*Nannochloropsis granulata*	7.4	2.3	5.6	11.0	8.5	3.5	6.2	5.4	2.8	7.1
5	*Nannochloropsis gaditana*	6.5	2.0	4.9	9.9	5.3	2.3	5.3	5.2	2.3	6.0
6	*Schizochytrium* sp.	7.81	1.57	3.52	9.96	5.79	1.35	5.27	3.93	3.93	5.17
7	*Ulva capensis, U. lactuca, U. rigida*	3.3-4.6	1.4-1.8	3.1-3.7	5.2-6.8	3.7-4.2	1.5-1.6	3.3-4.0	4.7-5	-	5.6-6.3
8	*Saccharina latissima,* Ціла біомаса	4.4	0.6	4.1	7.0	4.3	1.7	3.8	4.8	1.6	5.3
9	*Saccharina latissima,* Протеїнновий концентрат	5.7	1.7	5.0	8.6	5.2	2.4	5.6	5.5	1.8	6.1
10	*Saccharina latissima*	3.3-8.1	0.3-1.2	1.2-4.3	5.3-12.9	4.6-6.5	2.3-6.0	3.4-11.3	2.4-4.3	-	2.2-6.4
11	*Palmaria palmata,* Ціла біомаса	3.0	0.7	2.0	3.3	2.9	0.8	2.1	2.5	0.6	3.0
12	*Palmaria palmata*	6.3	1.6	3.8	6.1	5.8	1.7	4.2	4.8	1.2	6.1

Sources: 1 ([62]), 2 ([63]), 3 ([64]), 4 ([65]), 5 ([66]), 6 ([67]), 7 ([68]), 8 ([69]), 9 ([70]), 10 (71), 11 ([72]),12 ([73])

(62) FAO (n.d.). Fish meal.
(63) Ru, I. T. K., Sung, Y. Y., Jusoh, M., Wahid, M. E. A., & Nagappan, T. (2020). *Chlorella vulgaris*: a perspective on its potential for combining high biomass with high value bioproducts. *Applied Phycology*, *1*(1), 2–11. https://doi.org/10.1080/26388081.2020.1715256
(64) Guo, X., et al. (2024). Comprehensive insights into microalgae proteins: Nutritional profiles and innovative applications as sustainable alternative proteins in health and food sciences, *Food Hydrocolloids*, 154. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110112
(65) Tibbets et al. (2014). Chemical composition and nutritional properties of freshwater and marine microalgal biomass cultured in photobioreactors. Journal of Applied Phycology, 27(3). http://dx.doi.org/10.1007/s10811-014-0428-x
(66) Qazi et al. (2021). Protein Enrichment of Wheat Bread with Microalgae: Microchloropsis gaditana, Tetraselmis chui and Chlorella vulgaris. *Foods, 10*(12). https://doi.org/10.3390/foods10123078
(67) Cai et al. (2017). In Vitro Antioxidant Activities of Enzymatic Hydrolysate from Schizochytrium sp. and Its Hepatoprotective Effects on Acute Alcohol-Induced Liver Injury In Vivo. Mar. Drugs., 15(4). https://doi.org/10.3390/md15040115
(68) Shuuluka, D. et al. (2012). Protein content, amino acid composition and nitrogen-to-protein conversion factors of Ulva rigida and Ulva capensis from natural populations and Ulva lactuca from an aquaculture system, in South Africa. Journal of Applied Phycology, 25(2). http://dx.doi.org/10.1007/s10811-012-9902-5
(69) Krogdahl et al. (2021). Protein value and health aspects of the seaweeds Saccharina latissima and Palmaria palmata evaluated with mink as model for monogastric animals. Animal Feed Science and Technology, 276. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114902
(70) Krogdahl et al. Protein value and health aspects of the seaweeds Saccharina latissima and Palmaria palmata evaluated with mink as model for monogastric animals. Animal Feed Science and Technology, 276. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114902
(71) Marinho et al. Seasonal variations in the amino acid profile and protein nutritional value of Saccharina latissima cultivated in a commercial IMTA system.
Journal of Applied Phycology. 27(5). http://dx.doi.org/10.1007/s10811-015-0546-0
(72) Krogdahl et al. (2021). Protein value and health aspects of the seaweeds Saccharina latissima and Palmaria palmata evaluated with mink as model for monogastric animals. Animal Feed Science and Technology, 276. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114902
(73) Krogdahl et al. (2021). Protein value and health aspects of the seaweeds Saccharina latissima and Palmaria palmata evaluated with mink as model for monogastric animals. Animal Feed Science and Technology, 276. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114902

Вітаміни і мінерали

Мікроводорості

Вміст мінералів у мікроводоростях становить від 2,2% до 4,8% сухої речовини. Мікроводорості містять кальцій, калій, залізо, мідь, натрій, сірку, цинк, фосфор і магній. Вміст вітамінів у мікроводоростях зазвичай високий, причому вітамін Е є одним з найбільш накопичуваних вітамінів ([74]). Крім того, мікроводорості, такі як Spirulina sp., містять більшу кількість вітаміну B12, ніж рослинні або тваринні продукти харчування ([75]).

Макроводорості

Макроводорості багаті на мінерали, які вони в основному поглинають з морської води. Ці мінерали можуть становити до 36% їх сухої речовини. Необхідні мінерали, такі як йод, кальцій, натрій, селен, залізо, цинк, калій і фосфор, зазвичай містяться в макроводоростях. Примітно, що бурі водорості містять вищий рівень мінералів у порівнянні з червоними водоростями. Крім мінералів, водорості також є джерелом вітамінів A, E і C, а також різних вітамінів групи B ([76]).

Значний вміст вітамінів і мінералів у водоростях підкреслює їх потенціал як альтернативи неорганічним мінеральним солям у кормі для тварин. Однак виникають проблеми через значні коливання вмісту вітамінів, на які впливають такі фактори, як вид, сезон вирощування, умови культивування та методи переробки ([77]).

Пігменти

Пігменти в водоростях особливо актуальні для аквакультури, оскільки виробництво кормів для аквакультури в основному покладається на синтетичні пігменти для поліпшення забарвлення м'яса і шкіри.

---

(74) Nagappan et al. (2021). Potential of microalgae as a sustainable feed ingredient for aquaculture. *Journal of Biotechnology,* 342. https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.09.003

(75) Ahmad, A., Hassan, S.W., Banat, F. (2022). An overview of microalgae biomass as a sustainable aquaculture feed ingredient: food security and circular economy, Bioengineered, 13(4). https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2061148

(76) Morais et al. (2020). Seaweed Potential in the Animal Feed: A review. *J. Mar. Sci. Eng.,* 8(8). https://doi.org/10.3390/jmse8080559

(77) CEVA (2024). Report of the current algae industry in Europe. Available here.

Пігменти, отримані з водоростей, такі як каротиноїди (наприклад, астаксантин з *Haematococcus pluvialis*), є природною альтернативою ([78]). Ці пігменти відіграють важливу роль у покращенні кольору філе у вирощених риб, таких як атлантичний лосось і райдужна форель, що є ключовою характеристикою для сприйняття ринку та переваг споживачів ([79]).

Мікроводорості

Каротиноїди, такі як β-каротин, лютеїн, фікобіліпротеїни, фукоксантин, є важливими фотосинтетичними пігментами мікроводоростей ([80]). Деякі пігменти можуть покращувати якість і здоров'я риби завдяки своїм барвним, антиоксидантним та імуномодулюючим властивостям, що робить їх цінними для аквакультури ([81]). Каротиноїдний пігмент астаксантин, що міститься в деяких мікроводоростях, є ключовим для надання популярних рожевих і помаранчевих відтінків, характерних для філе лосося ринкового розміру ([82]).

Макроводорості

Макроводорості також містять цінні пігменти і зазвичай класифікуються за кольором поверхні на зелені, червоні та бурі водорості. Зелений колір зелених водоростей обумовлений високою концентрацією хлорофілу. Ці водорості також містять β-каротин і ксантофіли. Бурий колір бурих водоростей обумовлений, в першу чергу, високим вмістом фукоксантину, потужного каротиноїду, який маскує зелений пігмент хлорофілу. Червоний колір червоних водоростей можна пояснити фікобіліпротеїнами, такими як фікоеритрин і фікоціанін. Ці пігменти на основі білка значною мірою сприяють вищому вмісту білка в червоних водоростях порівняно з коричневими та зеленими водоростями ([83]).

(78) Ahmad, A., Hassan, S.W., Banat, F. (2022). An overview of microalgae biomass as a sustainable aquaculture feed ingredient: food security and circular economy, Bioengineered, 13(4). https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2061148
(79) Morais et al. (2020). Seaweed Potential in the Animal Feed: A review. *J. Mar. Sci. Eng.,* 8(8). https://doi.org/10.3390/jmse8080559
(80) Ahmad, A., Hassan, S.W., Banat, F. (2022). An overview of microalgae biomass as a sustainable aquaculture feed ingredient: food security and circular economy, Bioengineered, 13(4). https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2061148
(81) Yarnold et al. (2019). Microalgal Aquafeeds As Part of a Circular Bioeconomy. *Trends in Plant Science,* 24(10). https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.06.005
(82) Ahmad, A., Hassan, S.W., Banat, F. (2022). An overview of microalgae biomass as a sustainable aquaculture feed ingredient: food security and circular economy, Bioengineered, 13(4). https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2061148
(83) Morais et al. (2020). Seaweed Potential in the Animal Feed: A review. *J. Mar. Sci. Eng.,* 8(8). https://doi.org/10.3390/jmse8080559

Таблиця 6 – Стислий огляд застосування окремих мікро- та макроводоростей як замінників у кормі для аквакультури

Організм	Види	Застосування у кормах	
Microalgae	*Schizochytrium* sp. *Nannochloropsis* sp. *Chlorella* sp.	**DHA** (+білок) EPA + білок Білок	(додатково, наприклад, для біоактивних сполук/функціональних добавок, таких як пігменти)
Macroalgae	*Ulva* sp. *Saccharina latissima Palmaria palmata*	(не як замінник рибного борошна або риб'ячого жиру, а, наприклад, для біоактивних сполук/функціональних добавок, таких як пігменти)	

2.2. Підвищення засвоюваності та біодоступності поживних речовин за допомогою оптимальних методів переробки

При оцінці поживних властивостей інгредієнтів кормів дуже важливо враховувати їхню засвоюваність, оскільки вона є ключовим показником їхньої поживної цінності. Засвоюваність поживних речовин в водоростях значно відрізняється у різних видів риб через їхні різні травні можливості ([84]). Засвоюваність білка в рибному борошні зазвичай коливається від 70% до 92%. Для порівняння, коефіцієнти видимої перетравності (ADC) сухої речовини та білка в Schizochytrium sp., Chlorella vulgaris, Nannochloropsis oceanica та Nannochloropsis oculata можуть перевищувати 80% у райдужної форелі та європейського лаврака ([85]). Ці значення перетравності можуть варіюватися залежно від методів обробки, видів водоростей та видів риб.

Хоча засвоюваність білка в деяких видах водоростей може досягати 88% ([86]), було зроблено висновок, що риби загалом ефективніше перетравлюють мікроводорості, ніж макроводорості ([87]). Наприклад, засвоюваність білка водоростей виду *Ulva* sp.

(84) Ahmad, A., Hassan, S.W., Banat, F. (2022). An overview of microalgae biomass as a sustainable aquaculture feed ingredient: food security and circular economy, Bioengineered, 13(4). https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2061148
(85) Annamalai, S. N., Das, P., Thaher, M. I. A., et al. (2021). Nutrients and Energy Digestibility of Microalgal Biomass for Fish Feed Applications. *Sustainability*, *13*(23), 13211. https://doi.org/10.3390/su132313211
(86) Pereira et al. (2012). Apparent nutrient digestibility of seaweeds by rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) and Nile tilapia (Oreochromis niloticus). Algal Research, 1(1). https://doi.org/10.1016/j.algal.2012.04.002
(87) Annamalai, S. N., Das, P., Thaher, M. I. A., et al. (2021). Nutrients and Energy Digestibility of Microalgal Biomass for Fish Feed Applications. *Sustainability*, *13*(23), 13211. https://doi.org/10.3390/su132313211

у райдужної форелі становить близько 60% ([88]). Однією з причин загалом нижчої перетравності білка макроводоростей є високий загальний вміст фенолів порівняно з мікроводоростями ([89]). Ці антинутриційні фактори, при споживанні у великих кількостях, можуть негативно впливати на ріст риб ([90]). Інші антинутриційні фактори в макроводоростях включають лектини, фітинову кислоту, інгібітори трипсину та інгібітори амілази ([91]). Мікроводорості також містять антинутриційні фактори, такі як фітинова кислота та поліфеноли. Іншим фактором, що сприяє зниженню засвоюваності поживних речовин у макроводоростях та мікроводоростях, є наявність складних полісахаридів, які важко розщеплюються ([92]).

Жодна з оглянутих публікацій не пропонувала конкретних рішень для ефективного усунення антипоживних факторів у водоростях. Однак Ahmad et al. ([93]) підкреслили, що зменшення вмісту цих компонентів було досягнуто в інших джерелах білка за допомогою попередньої обробки, такої як екстракція, смаження, бланшування або замочування. Враховуючи, що деякі з цих методів виявилися ефективними для певних рослинних джерел білка, можна припустити, що деякі з них можуть мати позитивний вплив і на водорості. Подальші дослідження в цій галузі були б корисними для підвищення засвоюваності та поживної цінності водоростей.

Загалом, мікроводорості з товстими клітинними стінками, такі як Nannochloropsis або Chlorella, важче засвоюються рибами, ніж водорості з тонкими клітинними стінками або без них ([94]). Кілька досліджень показали, що фізична та ферментативна обробка цих водоростей є ефективною для поліпшення перетравності поживних речовин ([95;96]). У випробуваннях з видами Nannochloropsis було виявлено, що фізична обробка, така як подрібнення кульками та холодна пастеризація, а також екструзія та ферментативна

(88) Pereira et al. (2012). Apparent nutrient digestibility of seaweeds by rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) and Nile tilapia (Oreochromis niloticus). Algal Research, 1(1). https://doi.org/10.1016/j.algal.2012.04.002
(89) Annamalai, S. N., Das, P., Thaher, M. I. A., et al. (2021). Nutrients and Energy Digestibility of Microalgal Biomass for Fish Feed Applications. *Sustainability*, *13*(23), 13211. https://doi.org/10.3390/su132313211
(90) Ahmad, A., Hassan, S.W., Banat, F. (2022). An overview of microalgae biomass as a sustainable aquaculture feed ingredient: food security and circular economy, Bioengineered, 13(4). https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2061148
(91) Nagappan et al. (2021). Potential of microalgae as a sustainable feed ingredient for aquaculture. *Journal of Biotechnology,* 342. https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.09.003
(92) Nagappan et al. (2021). Potential of microalgae as a sustainable feed ingredient for aquaculture. *Journal of Biotechnology,* 342. https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.09.003
(93) Ahmad, A., Hassan, S.W., Banat, F. (2022). An overview of microalgae biomass as a sustainable aquaculture feed ingredient: food security and circular economy, Bioengineered, 13(4). https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2061148
(94) Ahmad, A., Hassan, S.W., Banat, F. (2022). An overview of microalgae biomass as a sustainable aquaculture feed ingredient: food security and circular economy, Bioengineered, 13(4). https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2061148
(95) Nagappan et al. (2021). Potential of microalgae as a sustainable feed ingredient for aquaculture. *Journal of Biotechnology,* 342. https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.09.003
(96) Annamalai, S. N., Das, P., Thaher, M. I. A., et al. (2021). Nutrients and Energy Digestibility of Microalgal Biomass for Fish Feed Applications. *Sustainability*, *13*(23), 13211. https://doi.org/10.3390/su132313211

обробка, значно підвищують перетравність. Спеціальна ферментативна обробка також показала позитивний вплив на перетравність білка в *Chlorella vulgaris* ([97]).

Кілька досліджень показали високі показники засвоюваності білка та DHA у біомасі цілих водоростей Schizochytrium. У дослідженні засвоюваності, проведеному Hart et. al. ([98]), атлантичний лосось зміг ефективно засвоїти як DHA, так і білок, що містяться в біомасі цілих клітин Schizochytrium, включеній до їх раціону. На відміну від Nannochloropsis і Chlorella, Schizochytrium не має товстої клітинної стінки на основі целюлози і містить відносно низький вміст білка (12,5% порівняно з 44% у Nannochloropsis і 52% у Chlorella) ([99]). За даними досліджень, засвоюваність PUFA і білка в біомасі цілих клітин Schizochytrium становить відповідно 94% і 97% ([100]). Аналогічно, висока засвоюваність цих поживних речовин у біомасі Schizochytrium спостерігалася у форелі. При цьому нижча температура 8°C порівняно з 15°C призводила до поліпшення засвоюваності DHA([101]).

Олія з водоростей Schizochytrium sp. також використовувалася як замінник риб'ячого жиру в раціоні райдужної форелі, причому автори повідомляють про дуже високі показники засвоюваності — понад 99% як для EPA, так і для DHA ([102]). Крім того, аналогічно висока засвоюваність насичених жирних кислот була виявлена при використанні олії водоростей як замінника риб'ячого жиру в раціоні сьомги, навіть коли клітинні стінки водоростей не руйнувалися перед екструзією або вакуумним покриттям гранул ([103]).

Ефективність попередньої обробки водоростей може значно відрізнятися залежно від виду водоростей, виду риб та інших факторів. Тому надання загальних рекомендацій щодо оптимальної обробки може бути оманливим. Наприклад, один фермент може покращити перетравність певного виду водоростей, а інший може не мати жодного впливу на той самий вид або на інший вид риби.

(97) Nagappan et al. (2021). Potential of microalgae as a sustainable feed ingredient for aquaculture. *Journal of Biotechnology,* 342. https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.09.003
(98) Hart et al. (2021). Digestibility of Schizochytrium sp. whole cell biomass by Atlantic salmon (Salmo salar). https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736156
(99) Shivakumar et al. (2024). Cell Walls of Lipid-Rich Microalgae: A Comprehensive Review on Characterisation, Ultrastructure, and Enzymatic Disruption. *Fermentation*, *10*(12), 608. https://doi.org/10.3390/fermentation10120608
(100) Hart et al. (2021). Digestibility of Schizochytrium sp. whole cell biomass by Atlantic salmon (Salmo salar). https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736156
(101) Bélanger, A., Sarker, P. K., Bureau, D. P., Chouinard, Y., & Vandenberg, G. W. (2021). Apparent Digestibility of Macronutrients and Fatty Acids from Microalgae (*Schizochytrium* sp.) Fed to Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*): A Potential Candidate for Fish Oil Substitution. *Animals*, *11*(2), 456. https://doi.org/10.3390/ani11020456
(102) Santigosa et al. (2020). A novel marine algal oil containing both EPA and DHA is an effective source of omega-3 fatty acids for rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). http://dx.doi.org/10.1111/jwas.12699
(103) Samuelson et al. (2024). Microalgae suspension as a source of n-3 long-chain PUFA in feed for Atlantic Salmon (Salmo salar L) – Technical constraints and nutritional quality. Aquculture, 581. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.740459

Проте, хоча загальна перетравність мікроводоростей порівнянна з перетравністю інгредієнтів на основі риби та рослин, багато досліджень показали, що методи руйнування клітин можуть значно покращити перетравність, особливо у видів водоростей з товстими клітинними стінками. На відміну від цього, для водоростевого масла або біомаси, отриманої з Schizochytrium sp., високу перетравність можна досягти навіть без застосування процесів попередньої обробки.

2.3. Інгредієнти з водоростей з високим потенціалом використання в кормах для аквакультури

У розділах 2.1 та 2.2 було проведено детальний огляд літератури щодо шести видів водоростей, які були обрані за їх потенційну актуальність для задоволення потреб у поживних речовинах основних видів риб, що вирощуються в Європі. Вибрані види водоростей виявилися корисними з різних точок зору. Наприклад, їх можна використовувати за їх біоактивними сполуками, які можуть слугувати добавками до кормів для аквакультури. Деякі з цих водоростей були визначені як ідеальні замінники риб'ячого жиру та рибного борошна.

Для заміни риб'ячого жиру Schizochytrium sp. було визнано найбільш відповідним видом, оскільки це єдиний з досліджених у цьому звіті вид, відомий високим вмістом DHA, незамінної жирної кислоти в раціоні риб. Однак Schizochytrium sp. зазвичай виробляє мало або взагалі не виробляє EPA, іншу жирну кислоту, необхідну для морських видів риб. Проте деякі дослідження показали, що можна модифікувати Schizochytrium sp. для спільного виробництва EPA. Наприклад, у дослідженні Wang Ma et al. ([104]) активація специфічного ендогенного гена (MetE-подібного комплексу) та використання змішаних джерел вуглецю призвели до збільшення виробництва EPA з 4,19 до 29,83 мг на г сухої маси клітин.

Однак, як зазначено в розділі 2.1.2, існують інші види, які містять більше EPA. Тому поєднання Schizochytrium sp. з іншими видами, багатими на EPA, є прийнятним варіантом у рецептурах кормів для аквакультури. Особливо високий вміст EPA виявлено у фототрофних мікроводоростях Nannochloropsis sp., зокрема у Nannochloropsis gaditana.

Для заміни рибного борошна Nannochloropsis sp. та Chlorella sp. виявилися придатними для рецептури аквакормів, залежно від обраного штаму.

Хоча Schizochytrium sp. також має сприятливий амінокислотний профіль, він містить меншу кількість білка, ніж два інші види.

(104) Ma, W., Liu, M., Zhang, Z. et al. (2022). Efficient co-production of EPA and DHA by *Schizochytrium* sp. via regulation of the polyketide synthase pathway. *Commun Biol*, 5, https://doi.org/10.1038/s42003-022-04334-4

Для виробництва водоростей як замінників рибного борошна та риб'ячого жиру, Schizochytrium sp. та Nannochloropsis sp. можуть слугувати додатковими джерелами: *Schizochytrium* в першу чергу для компонента риб'ячого жиру, а білкові фракції обох видів як замінники рибного борошна.

Можуть існувати інші комбінації або види водоростей, не включені в це дослідження, або навіть види, які ще не досліджувалися. Важливо також враховувати, що поживні властивості можуть значно відрізнятися в межах одного виду, залежно від конкретного штаму та умов його вирощування, як обговорювалося в попередніх розділах. Наприклад, якщо з'явиться штам хлорели з високим вмістом ЕПК, комбінація Chlorella sp. та Schizochytrium sp. для виробництва водоростевого борошна та олії також може бути досить перспективною.

2.3.1. Доступність, масштабованість та надійність цих видів для задоволення потреб аквакультурної галузі

2.3.1.1. Ринок водоростей: глобальний та європейський

У 2019 році було вироблено приблизно 35,82 млн тонн водоростей, причому понад 97 % загального обсягу виробництва припадало на Азію, а 99 % вироблених водоростей становили макроводорості ([105]).

На Європу припадає лише близько 0,8% світового виробництва водоростей. У 2019 році в Європі було вироблено 287 390 тонн водоростей, більшість з яких становили макроводорості. Лише близько 1% від цього загального обсягу становили мікроводорості. Більшість компаній, що займаються мікроводоростями, були розташовані в Іспанії, Німеччині, Франції та Італії ([106]).

У 2022 році, за оцінками, у світі було вироблено приблизно 130 000 тонн мікроводоростей (суха вага) з ринковою вартістю в €2,6 млрд. Ця цифра, ймовірно, включає всі види мікроводоростей, у тому числі ціанобактерії та Labyrinthulomycetes, такі як Schizochytrium sp. ([107]).

(105) Kuech, A., Breuer, M., Popescu, I., 2023, Research for PECH Committee – The future of the EU algae sector, European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Brussels. Available here.
(106) Kuech, A., Breuer, M., Popescu, I., 2023, Research for PECH Committee – The future of the EU algae sector, European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Brussels Available here.
(107) CEVA (2024). Report of the current algae industry in Europe. Available here.

У 2021 році обсяг продукції з мікроводоростей, що реалізувалася в Європі, становив 6266 тонн, а її вартість — 918,2 млн доларів США. За прогнозами, до 2031 року цей показник досягне 9720 тонн, а вартість — 1,6 млрд доларів США ([108]).

У 2021 році світовий ринок водоростевих олій становив приблизно 2034 тонни ([109]). Однак, залежно від використовуваного джерела, ці оцінки можуть значно відрізнятися. Glencross et al. підрахували, що у 2023 році водоростеві олії вже забезпечили приблизно 12 000 тонн EPA та DHA у всьому світі ([110]).

2.3.1.2. Деякі види мікроводоростей

Nannochloropsis sp. є автотрофним видом, який для росту використовує світло та CO_2. В Європі його виробляють переважно у фотобіореакторах ([111]).
Приблизно 73 % світового виробництва Nannochloropsis використовується на ринку кормів для аквакультури. Цей вид використовується переважно в інкубаторах завдяки своїй поживній цінності, зокрема вмісту білка, EPA та пігменту ([112]). Виробництво Nannochloropsis в ЄС у 2021 році оцінювалося в 21 тонну, що походило від 25 компаній. Однак цей обсяг виробництва може бути заниженим, оскільки інші джерела вказують на значно вищі цифри ([113]).
У перспективі прогнозується, що середньорічний темп зростання (CAGR) світового ринку Nannochloropsis у період з 2024 по 2031 рік становитиме 9,4%, а до 2031 року обсяг виробництва досягне 122 тонн, а ринкова вартість — 14 мільйонів доларів США. Очікується, що основним фактором цього зростання буде зростаючий попит на білок водоростей. За оцінками, на Європу припадає 35,7% загальної вартості ринку *Nannochloropsis* ([114]).

Як уже згадувалося раніше, Chlorella sp. також містить велику кількість білка і має сприятливий білковий склад. У 2020 році її світове виробництво перевищило 3500 тонн на рік. Європа виробляє приблизно 82 тонни на рік, які виробляються 30 компаніями, і більша частина цієї продукції використовується для харчових та кормових цілей.

(108) Transparency Market Research (n.d.) Europe Microalgae Products Market. Available here.
(109) CEVA (2024). Report of the current algae industry in Europe. Available here.
(110) Glencross, B. D. et al. (2024). Omega-3 Futures in Aquaculture: Exploring the Supply and Demands for Long-Chain Omega-3 Essential Fatty Acids by Aquaculture Species. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, *33*(2), 167–216. https://doi.org/10.1080/23308249.2024.2388563
(111) CEVA (2024). Report of the current algae industry in Europe. Available here.
(112) Lawande & Bombe (2024). Nannochloropsis Market Size, Share, Forecast, & Trends Analysis by Form (Frozen, Liquid, Powder, Fresh Pastes), Application (Aquafeed, Extraction Companies)—Global Forecast to 2031. Available here.
(113) CEVA (2024). Report of the current algae industry in Europe. Available here.
(114) Lawande & Bombe (2024). Nannochloropsis Market Size, Share, Forecast, & Trends Analysis by Form (Frozen, Liquid, Powder, Fresh Pastes), Application (Aquafeed, Extraction Companies)—Global Forecast to 2031. Available here.

Хлорела може вироблятися у фотобіореакторах, системах відкритих ставків або ферментаторах ([115]).

Schizochytrium sp. культивується гетеротрофно, тобто не потребує світла, а для росту використовує джерело вуглецю, таке як цукор або гліцерин ([116]). Цей вид викликає значний інтерес в аквакультурі з 2020 року. Хоча поточні обсяги виробництва не є загальнодоступними, комерційне великомасштабне виробництво Schizochytrium sp. для екстракції олії з водоростей вже ведеться. Наприклад, Corbion і Veramaris — два відомі виробники, які постачають олію, отриману з Schizochytrium sp., для використання в аквакормах. Важливо зазначити, що існують також інші виробники цього типу олії для кормів для аквакультури, виробничі потужності яких розташовані як в ЄС, так і в інших регіонах ([117]).

2.3.1.2. Надійність

Велика перевага мікроводоростей як джерела білка або олії, що замінюють інгредієнти на основі риби, полягає в їх надійності. На відміну від кормової риби, що виловлюється в океані, мікроводорості зазвичай культивуються в контрольованих умовах, що забезпечує кращий захист від зовнішніх факторів. Ця перевага часто підкреслювалася різними зацікавленими сторонами під час консультацій і стосується видів мікроводоростей, що розглядаються в цьому звіті. Виробництво автотрофних мікроводоростей Nannochloropsis sp. та Chlorella sp. також можливе у відкритих ставках (для Chlorella лише близько 10 % в Європі); проте в Європі більшість виробляється у фотобіореакторах ([118]). Schizochytrium sp. зазвичай виробляється у ферментаторах. Ці закриті та контрольовані системи захищають продукт від впливу навколишнього середовища. Цей метод виробництва також значно зменшує вплив шкідливих речовин, таких як PCB та діоксини, забезпечуючи більш стабільний та безпечний для споживання продукт. Це різко контрастує з кормовою рибою, яка використовується як джерело рибного борошна та риб'ячого жиру, яка піддається дії забруднюючих речовин в океані, що з часом призводить до їх накопичення, як детально описано в розділі 3.3 про забруднювачі. Крім того, кліматичні явища, такі як південна осциляція Ель-Ніньо, впливають на можливість вилову кормових видів риб ([119]). Такі природні явища можуть мати значний вплив на доступність рибного борошна та риб'ячого жиру, а отже, і на їх ціни, як показано в розділі 7 цього звіту.

(115) CEVA (2024). Report of the current algae industry in Europe. Available here.
(116) Monterey Bay Aquarium (2023). Forage species feed a lot of marine life. Available here.
(117) CEVA (2024). Report of the current algae industry in Europe. Available here.
(118) CEVA (2024). Report of the current algae industry in Europe. Available here.
(119) FAO (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – *Blue Transformation in action*. Rome, https://doi.org/10.4060/cd0683en

2.4 Висновки

Зростаючий інтерес до використання інгредієнтів з водоростей може ще більше збільшити їх виробництво і, як наслідок, зменшити попит на риб'ячий жир і рибне борошно в кормі для аквакультури. Хоча рослинні олії допомогли зменшити залежність від риб'ячого жиру в останні роки, вони не містять необхідних омега-3 жирних кислот, таких як EPA і DHA. Тому подальша заміна решти інгредієнтів на основі риби інгредієнтами на основі рослин негативно вплине на поживну цінність риби, вирощеної в умовах аквакультури. На відміну від цього**,** олії на основі водоростей є більш перспективною альтернативою, оскільки вони містять природні високі концентрації цих життєво важливих поживних речовин, що допомагає підтримувати здоров'я риби та поживну цінність продуктів аквакультури.

Джерела з мікроводоростей включають Nannochloropsis sp. та Schizochytrium sp., які можуть забезпечити високий вміст EPA та DHA відповідно. Крім того, Chlorella sp. та Nannochloropsis sp. мають сприятливий амінокислотний профіль та високий вміст білка. Хоча макроводорості також виробляють білок та омега-3 жирні кислоти, загальний склад та кількість, що містяться в мікроводоростях, роблять їх кращим джерелом. Крім того, як мікро-, так і макроводорості містять цінні мікроелементи та пігменти, які можуть поліпшити здоров'я та якість риби.

Для підтримки більш широкого застосування мікроводоростей у кормі для аквакультури обробка біомаси водоростей з метою руйнування клітинних стінок – за допомогою механічних або ферментативних методів – може підвищити біодоступність, а отже, поліпшити перетравність і біодоступність поживних речовин для риб. Однак необхідність такої обробки залежить від конкретного виду водоростей; багато з них можна використовувати в кормах без будь-якої попередньої обробки.

Ринок інгредієнтів з водоростей за останні роки зазнав значного зростання і, за прогнозами, продовжить розширюватися. Харчові властивості водоростей особливо цінні як альтернатива білкам і ліпідам, що отримуються з риби. Оскільки водорості зазвичай виробляються в контрольованих умовах, вони також підвищують безпеку та надійність кормів для аквакультури.

Таким чином, водорості можуть служити відповідною альтернативою інгредієнтам на основі риби в кормах для аквакультури.

3. Переваги та проблеми кормів, що містять водорості

У цьому розділі розглядаються відповідні аспекти, що стосуються включення інгредієнтів з водоростей до кормів для аквакультури, такі як характеристики риби та кормів, економічна доцільність та екологічні наслідки. Для порівняння цих аспектів у різних категоріях кормів – тих, що містять значну кількість інгредієнтів на основі риби, водоростей або комах – використовується комплексний багатокритеріальний аналіз (MCA). MCA базується на всебічному огляді наукової літератури та висновках, отриманих в результаті інтерв'ю з 12 різними організаціями по всьому ланцюжку створення вартості. Цей порівняльний аналіз має на меті дослідити переваги та виклики, пов'язані з використанням водоростей у кормі для аквакультури.
Представлено стратегії зниження поточного коефіцієнта залежності від кормової риби (FFDR), що дозволить зменшити тиск на популяції диких риб, а також підходи до мінімізації рівня забруднення кормів для аквакультури.
На основі висновків MCA було розраховано оптимальні рівні включення інгредієнтів з водоростей у відсотках від загального корму, враховуючи конкретний склад корму для різних видів риб. Крім того, було досліджено встановлення мінімальних рівнів включення незамінних жирних кислот (EPA та DHA) нерибного походження.
Для кожного з цих аспектів розроблено рекомендації на основі результатів MCA, відповідної наукової літератури та висновків експертів із зацікавлених сторін галузі. Ці висновки та рекомендації були додатково підтверджені у співпраці з низкою організацій, що працюють у ланцюжку створення вартості.

3.1. Порівняння різних інгредієнтів та рецептур кормів для риб (багатокритеріальний аналіз)

У цьому розділі описано процес MCA, проведений для оцінки придатності різних рецептур кормів для риб та інгредієнтів для аквакультури в Європі. Методологія MCA була реалізована за допомогою систематичного та структурованого підходу, що складався з восьми окремих послідовних етапів:

1. **Визначення мети та сфери застосування –** метою було чітко сформулювати призначення MCA.
2. **Визначення варіантів, що підлягають аналізу –** було складено перелік кормів для риб, кожен з яких містив конкретні інгредієнти, для оцінки в ході аналізу. Ці варіанти були обрані для представлення життєздатних альтернатив, які наразі доступні на ринку або з'являються на ньому.
3. **Визначення критеріїв –** метою було визначити ключові критерії для оцінки кожного варіанту з урахуванням екологічних, економічних та пов'язаних з продуктивністю факторів. Ці критерії були обрані з урахуванням пріоритетів та вимог зацікавлених сторін у сфері аквакультури.

4. **Визначення ефективності кожного варіанту відповідно до критеріїв –** цей крок був спрямований на оцінку ефективності кожного варіанту корму для риб відповідно до визначених критеріїв. Цей крок передбачав узагальнення даних з оглядів літератури та експертних оцінок.

5. **Присвоєння ваги критеріям –** цей крок був включений для визначення відносної важливості кожного критерію на основі пріоритетів та цілей зацікавлених сторін. Процес присвоєння ваги забезпечує відображення в MCA компромісів, притаманних процесу прийняття рішень.

6. **Розробка матриці прийняття рішень та застосування коефіцієнтів для розрахунку балів –** метою було створити матрицю прийняття рішень, в якій рейтинги ефективності всіх варіантів були поєднані з присвоєними коефіцієнтами. Цей крок дозволив розрахувати загальний бал для кожного варіанту корму для риб.

7. **Аналіз чутливості** – надійність результатів була перевірена шляхом зміни коефіцієнтів, присвоєних критеріям, та аналізу впливу цих змін на рейтинг варіантів кормів.

8. **Результати та рекомендації** – результати MCA були узагальнені для визначення варіантів кормів для риб, які найкраще відповідають цілям WP1.

Кожен з описаних вище кроків детально розглядається в наступних розділах, де детально описано методологію, джерела даних та результати на кожному етапі процесу.

3.1.1. Визначення мети та сфери застосування

Перший крок у процесі MCA полягає у чіткому визначенні мети та сфери застосування. Цей крок закладає основу для аналізу, встановлюючи мету оцінки, очікувані результати та обмеження, які будуть визначати дослідження. У цьому звіті основною метою MCA є оцінка ефективності різних типів кормів для аквакультури з метою підтримки прийняття рішень щодо впровадження сталих практик годування в європейській аквакультурі.

Аналіз був зосереджений конкретно на основних європейських видах риб, а саме: сьомзі, райдужній форелі, європейському лавракові та дораді. Хоча ці види є переважно м'ясоїдними і мають схожі харчові потреби, було визнано за необхідне розрізняти лососевих (лосось і форель) та лаврака і дораду. Це розмежування було зроблено, оскільки ці дві категорії мають різні біологічні, фізіологічні та екологічні вимоги, що може призвести до різної реакції на різні склади кормів. Що стосується етапу життєвого циклу риби, розглянутого в MCA, аналіз зосереджувався виключно на етапі товарного вирощування риби. Цей етап, на якому риба вирощується до ринкових розмірів, вимагає найбільших витрат корму і має найзначніший вплив на результати аквакультури. Щодо включення інгредієнтів корму, коли джерела подавали кілька

рівнів включення для альтернативних типів кормів, як оптимальний склад для цього дослідження було обрано лише рецептуру, яка показала найкращі результати.

3.1.2. Визначення варіантів кормів, що підлягають аналізу

Другий крок у процесі MCA передбачає вибір типів кормів (або варіантів), які будуть проаналізовані. Ці варіанти кормів представляють альтернативи, які будуть порівняні на основі заздалегідь визначених критеріїв. Для детального аналізу було визначено чотири типи кормів:

1. **"Стандартний" корм без альтернативних інгредієнтів:** відповідає базовому варіанту, що відображає найпоширеніший склад кормів, який зараз використовується в європейській аквакультурі. Цей корм містить традиційні інгредієнти, включаючи риб'ячий жир і рибне борошно, без додавання альтернативних інгредієнтів.

Альтернативні корми:

2. **Корм, що містить водорості, риб'ячий жир і рибне борошно:** корм, що містить не менше 3% мікроводоростей, наприклад у вигляді водоростевої олії або водоростевого борошна, а також риб'ячий жир і рибне борошно. Водоростева олія або водоростеве борошно в кормі цього типу замінюють лише частину риб'ячого жиру або рибного борошна, що містяться в звичайних кормах.

3. **Корм, що містить водорості, без риб'ячого жиру або рибного борошна:** корм, що містить не менше 3% мікроводоростей, але відрізняється від попередньої категорії тим, що повністю замінює риб'ячий жир або рибне борошно іншими інгредієнтами. Хоча 3% інгредієнтів на основі водоростей є мінімальним рівнем включення для цього типу, повна заміна рибного борошна або риб'ячого жиру може бути досягнута шляхом поєднання інгредієнтів на основі водоростей і рослин.

4. **Корми, що містять комах:** ці корми містять значну частку інгредієнтів, отриманих з комах, в першу чергу як джерело білка. На відміну від варіантів, що містять водорості, ця категорія не містить водоростей і зосереджується на потенціалі комах як стійкої альтернативи рибному борошну.

Варіанти, що містять водорості (корми № 2 та № 3), зосереджувалися переважно на видах мікроводоростей Schizochytrium sp., Nannochloropsis sp. та Chlorella sp., хоча також було розглянуто літературу, що охоплює додаткові види мікроводоростей. Щодо кормів на основі комах, до аналізу було включено всі види комах, задокументовані в кормах для аквакультури.

Спочатку були розглянуті інші типи кормів, такі як корми, що містять виключно рослинні інгредієнти, макроводорості, дріжджі або гриби. Однак через недостатність

даних їх не було включено до MCA. Аналогічно, під час попередньої фази дослідження були оцінені корми на рослинній основі, що не містили ні риби, ні альтернативних інгредієнтів. Незважаючи на свої економічні переваги, ці рецептури показали значно нижчу продуктивність риби та корму для вибраних видів і тому були виключені з подальшого розгляду.

3.1.3. Визначення критеріїв

Критерії, використані в цьому MCA, були ретельно підібрані, щоб відобразити цілісну оцінку ефективності кормів для аквакультури. Кожна категорія представляє важливий аспект загальної оцінки, а конкретні критерії в цих категоріях були обрані на основі їхньої актуальності для сектору аквакультури та їхнього вимірюваного впливу. Були обрані наступні критерії:

1. **Характеристики риби та кормів**
    a. Кормовий коефіцієнт (FCR);
    b. Питомий темп росту (SGR);
    c. Здоров’я риб;
    d. Якість риби;
    e. Забруднювачі.
2. **Економічні критерії**
    a. Виробничі витрати;
    b. Роздрібні ціни;
    c. Стабільність цін.
3. **Екологічні критерії**
    a. Вплив виробництва кормів;
    b. Коефіцієнт залежності від кормової риби (FFDR).

Кожен з цих окремих критеріїв детально пояснюється в Додатку III.

3.1.4. Ефективність чотирьох варіантів кормів за кожним набором критеріїв

Ефективність чотирьох варіантів кормів оцінювалася за допомогою комплексного підходу, що поєднував первинні та вторинні джерела інформації. Це включало дані з лабораторних та промислових досліджень, що забезпечило надійну та всебічну оцінку. Аналіз базувався на двох основних джерелах інформації: інтерв'ю з зацікавленими сторонами галузі та всебічному огляді літератури. При огляді літератури пріоритет надавався публікаціям за останні шість років, але також були враховані і більш ранні дослідження, де це було необхідно для усунення прогалин у даних. Загалом було відібрано 122 відповідних джерела. З них 67 були детально проаналізовані, а 27 були

визнані безпосередньо застосовними до МСА. Повний перелік цих джерел наведено в додатку III, розділ 9.9. Переглянуті дослідження включали дані як з експериментальних випробувань, так і з реальних промислових застосувань. На додаток до огляду літератури було проведено дванадцять інтерв'ю з різними зацікавленими сторонами: виробниками риби, виробниками кормів, постачальниками інгредієнтів з водоростей та представниками асоціацій аквакультури. Серед них дані від двох виробників риби та п'яти виробників кормів були визнані безпосередньо релевантними для аналізу. Респонденти представляли як великі, так і малі організації з різних географічних регіонів, з акцентом на кормах, призначених для сьомги, райдужної форелі, європейського лаврака та доради.

Важливо зазначити, що об'єднання висновків, отриманих в результаті інтерв'ю та вивчення літератури, призводить до певної мінливості через відмінності в методології, умовах виробництва та масштабах діяльності. Наприклад, деякі джерела відображають великомасштабні комерційні операції, а інші базуються на контрольованих лабораторних експериментах. Щоб зменшити невідповідності, висновки були перевірені шляхом консультацій зі спеціалізованою робочою групою, що займається кормами, які містять водорості. Ця перевірка забезпечила узгодженість між академічними дослідженнями та практичним досвідом у реальному світі.

Методологія оцінки показників ефективності кормів передбачала синтез даних з різних джерел та проведення порівняльного аналізу. Кожен тип корму оцінювався за визначеними критеріями з використанням кількісних показників, якщо такі були доступні. У випадках, коли кількісні дані були відсутні або суперечливі, для контекстуалізації та підтвердження висновків використовувалися непрямі дані.

Основні висновки огляду літератури та інтерв'ю представлені нижче за трьома основними критеріями: характеристики риби та кормів, економічні критерії та екологічні критерії.

3.1.4.1. Характеристики риби та кормів

Що стосується кормових коефіцієнтів (FCR), аналіз показав, що ефективність чотирьох типів кормів була в цілому схожою, і лише корм 3 – "корм, що містить водорості, без риб'ячого жиру або риб'ячого борошна" – мав дещо вищі значення FCR. Відмінності в FCR значною мірою залежали від таких факторів, як вид риби, розмір, склад корму та умови експерименту, незалежно від того, чи проводився він у промислових умовах, чи в лабораторних випробуваннях. Наприклад, стандартні корми для сьомги та райдужної форелі вагою 400 грамів і більше дали показники FCR від 1,0 до 1,3 ([120;121]), тоді як корми для доради та лаврака дали показники FCR від 1,5 до 1,7 ([122;123]). Хоча деякі дослідження вказували на вищий FCR для альтернативних типів кормів, що містять інгредієнти на основі водоростей ([124]) або замінники комах ([125]), інші повідомляли про нижчі FCR за різних умов ([126]), підкреслюючи мінливість результатів. Загалом, більшість джерел показали подібні значення FCR при порівнянні традиційних кормів з кормами на основі водоростей або кормами, що містять комах ([127;128]); проте, кілька досліджень, що вивчали корми, що містять рослинні інгредієнти як замінники рибного борошна або риб'ячого жиру, показали дещо вищі значення FCR ([129;130]). Проте, більшість опитаних вказали, що значення FCR є подібними для всіх типів кормів.

Щодо конкретного темпу росту (SGR), були виявлені подібні тенденції, як і у випадку з FCR. Хоча в деяких статтях було виявлено значне збільшення темпу росту для деяких альтернативних типів кормів у порівнянні зі стандартними кормами ([131;132]), інші джерела продемонстрували негативні ефекти ([133]). Однак інші дослідження ([134]) показали, що корми, які повністю замінили рибне борошно або риб'ячий жир, призвели до дещо нижчого SGR, як це спостерігалося для FCR.

---

(120) AllerAqua (2025). Atlantic Salmon, Atlantic Flux, Grower Feed. Available here.
(121) AllerAqua (2025). Rainbow Trout, Aller Gold, Grower Feed. Available here.
(122) AllerAqua (2025). Sea bream, Ocean Pearl, Grower Feed. Available here.
(123) AllerAqua (2025). Sea Bass – Europe, Ocean Blue, Grower Feed. Available here.
(124) Scholz, B. (2021). Northern Icelandic marine microalgae as health promoting multi-functional feed protein and lipid source for Atlantic salmon (Salmo salar) - A whole algae concept. http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.25481.98405
(125) Reyes, M., Rodríguez, M., Montes, J. et al. (2020). Nutritional and Growth Effect of Insect Meal Inclusion on Seabass (*Dicentrarchuss labrax*) Feeds. *Fishes*, *5*(2), 16. https://doi.org/10.3390/fishes5020016
(126) Nagappan et al. (2021). Potential of microalgae as a sustainable feed ingredient for aquaculture. Journal of Biotechnology, 342. https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.09.003
(127) Santigosa et al. (2023). Algal oil gives control of long-chain omega-3 levels in full-cycle production of Atlantic salmon, without detriment to zootechnical performance and sensory characteristics. Journal of the World Aquaculture Society, 54(4). https://doi.org/10.1111/jwas.12947
(128) Samuelsen et al. (2024). Microalgae suspension as a source of n-3 long-chain PUFA in feed for Atlantic Salmon (Salmo salar L) – Technical constraints and nutritional quality, Aquaculture, 581. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.740459
(129) Scholz, B. (2021). Northern Icelandic marine microalgae as health promoting multi-functional feed protein and lipid source for Atlantic salmon (Salmo salar) - A whole algae concept. http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.25481.98405
(130) Nagappan et al. (2021). Potential of microalgae as a sustainable feed ingredient for aquaculture. *Journal of Biotechnology,* 342. https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.09.003

(131) Santigosa et al. (2023). Algal oil gives control of long-chain omega-3 levels in full-cycle production of Atlantic salmon, without detriment to zootechnical performance and sensory characteristics. Journal of the World Aquaculture Society, 54(4). https://doi.org/10.1111/jwas.12947
(132) Biancarosa et al. (2019). Replacing fish meal with insect meal in the diet of Atlantic salmon (Salmo salar) does not impact the amount of contaminants in the feed and it lowers accumulation of arsenic in the fillet. Food Additives and Contaminants, 36. https://doi.org/10.1080/19440049.2019.1619938
(133) Scholz, B. (2021). Northern Icelandic marine microalgae as health promoting multi-functional feed protein and lipid source for Atlantic salmon (Salmo salar) - A whole algae concept. http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.25481.98405
(134) Nagappan et al. (2021). Potential of microalgae as a sustainable feed ingredient for aquaculture. *Journal of Biotechnology,* 342. https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.09.003

Про це також зазначалося під час інтерв'ю, де одна із зацікавлених сторін зазначила, що існує чітка кореляція між нижчими значеннями SGR та заміною інгредієнтів на основі риби інгредієнтами на основі рослин. В середньому, жоден тип корму не продемонстрував стабільної переваги над іншими, хоча в окремих дослідженнях було відзначено кореляцію між FCR і SGR, що означає, що дослідження, які показали, що корми, пов'язані з поліпшеним FCR, часто демонстрували відповідне поліпшення SGR, і навпаки. Таким чином, всі альтернативні корми демонструють подібний SGR до стандартного корму, за винятком корму 3 "корм, що містить водорості, без риб'ячого жиру або риб'ячого борошна", який демонструє дещо нижчі значення SGR.

За більшістю показників здоров'я корми, що містять водорості, продемонстрували порівнянні результати з стандартними кормами, при цьому було відмічено незначне поліпшення імунної відповіді ([135]) та мікробіоти кишечника ([136]). Корми, що містять комах, продемонстрували ще більші поліпшення загального стану здоров'я риб, ніж корми, що містять водорості ([137]), особливо в плані здоров'я кишечника ([138]) та стійкості до захворювань. Важливо, що жодного з альтернативних типів кормів не було виявлено значного негативного впливу на здоров'я риб. Отже, можна зробити висновок, що корми, що містять водорості, можуть поліпшити здоров'я риб, а корми, що містять комах, можуть забезпечити значні переваги для здоров'я.

Всі три альтернативні типи кормів продемонстрували поліпшення якості філе в порівнянні зі стандартними кормами, з поліпшеним вмістом EPA і DHA ([139]),

(135) Eroldoğan et al. (2022). From the sea to aquafeed: A perspective overview. Reviews in Aquaculture, 15(3). https://doi.org/10.1111/raq.12740
(136) Scholz, B. (2021). Northern Icelandic marine microalgae as health promoting multi-functional feed protein and lipid source for Atlantic salmon (Salmo salar) - A whole algae concept. http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.25481.98405
(137) Belforti et al. (2015). Tenebrio Molitor Meal in Rainbow Trout (Oncorhynchus Mykiss) Diets: Effects on Animal Performance, Nutrient Digestibility and Chemical Composition of Fillets. Italian Journal of Animal Science, 14(4). http://dx.doi.org/10.4081/ijas.2015.4170
(138) Frontier Economics (2023). Delivering insect-based feed at scale. Available here.

поліпшеними фенотипічними ознаками ([140]) і підвищеною пружністю філе (результати інтерв'ю). Спеціальні корми, що містять водорості, сприяли підвищенню вмісту омега-3 жирних кислот у рибі, підвищуючи її поживну цінність ([141]).
Це також знайшло відображення в інтерв'ю, де багато зацікавлених сторін висловили позитивну думку про якість риби, включаючи кращий смак, пігментацію та вміст поживних речовин у філе. Це свідчить про те, що всі альтернативні корми покращують якість риби, причому корми, що містять водорості, демонструють кращі результати порівняно з кормами, що містять комах.
Альтернативні типи кормів виявилися кращими за стандартні корми з точки зору вмісту забруднюючих речовин. Повідомлялося, що корми, які містять комах, мають нижчий рівень вмісту важких металів ([142]), а корми, що містять водорості, мають знижену концентрацію діоксинів ([143]). Ці висновки були підтверджені в ході інтерв'ю та консультацій робочої групи, де зацікавлені сторони послідовно пов'язували нижчий рівень забруднюючих речовин з контрольованими умовами виробництва, в яких вирощуються водорості та комахи. На відміну від цього, рибне борошно та риб'ячий жир морського походження мають тенденцію до накопичення забруднюючих речовин, таких як діоксини та важкі метали з океану, що робить стандартні корми більш вразливими до таких ризиків. Серед альтернативних кормів найкращі результати щодо зменшення вмісту забруднюючих речовин показали корми на основі комах та водоростей без рибного борошна або риб'ячого жиру.

Хоча корми, що містять водорості, але все ще містять рибне борошно або риб'ячий жир, показали кращі результати, ніж стандартні корми, вони не відповідали профілю забруднюючих речовин повністю безрибних рецептур.

У таблиці 17 в додатку наведено середні рівні відповідних забруднюючих речовин у риб'ячому жирі, що використовується для виробництва кормів у Норвегії. Результати показали, що рівні забруднюючих речовин у протестованому риб'ячому жирі були нижчими за встановлені Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) межі для токсичних речовин. Хоча рівні забруднюючих речовин у риб'ячому жирі добре задокументовані, відповідна інформація про водоростевий жир ще не опублікована.

(139) Santigosa et al. (2023). Algal oil gives control of long-chain omega-3 levels in full-cycle production of Atlantic salmon, without detriment to zootechnical performance and sensory characteristics. Journal of the World Aquaculture Society, 54(4). https://doi.org/10.1111/jwas.12947
(140) Eroldoğan et al. (2022). From the sea to aquafeed: A perspective overview. Reviews in Aquaculture, 15(3). https://doi.org/10.1111/raq.12740
(141) Santigosa et al. (2023). Algal oil gives control of long-chain omega-3 levels in full-cycle production of Atlantic salmon, without detriment to zootechnical performance and sensory characteristics. Journal of the World Aquaculture Society, 54(4). https://doi.org/10.1111/jwas.12947
(142) Frontier Economics (2023). Delivering insect-based feed at scale. Available here
(143) Santigosa, E., Brambilla, F., & Milanese, L. (2021). Microalgae Oil as an Effective Alternative Source of EPA and DHA for Gilthead Seabream (*Sparus aurata*) Aquaculture. *Animals*, *11*(4), 971. https://doi.org/10.3390/ani11040971

3.1.4.2.Економічні критерії

Для визначення економічної ефективності стандартних кормів та трьох інших альтернативних кормів аналіз базувався переважно на висновках, отриманих під час інтерв'ю з представниками галузі. Виробничі витрати включають витрати на виробництво інгредієнтів, упаковку та розподіл, а також переробку та формулювання. Опитані підкреслили, що виробничі витрати на альтернативні корми значно різняться залежно від якості виробленого корму. Вартість виробництва самих інгредієнтів може значно відрізнятися. Наприклад, вартість кормів, що містять водорості, коливалася від 0,62 євро/кг для низьковитратних методів виробництва до 5,00 євро/кг для більш високовартісних методів ([144]).

Під час інтерв'ю з представниками галузі було зазначено, що додавання значної кількості водоростей до стандартних кормів, як правило, призводить до 10% збільшення виробничих витрат. Для кормів, що містять комах, можна очікувати підвищення ціни на 10–20 %. Однак замінники на рослинній основі можуть бути приблизно на 10 % дешевшими за стандартні корми, і їх включення може компенсувати вищі витрати на інгредієнти на основі водоростей. Ціна на риб’ячий жир є дуже нестабільною, як показано в розділі 7 цього звіту. Тому виробничі витрати на корми, що містять водорості з риб'ячим жиром і риб'ячим борошном, а також корми, що містять комах, можуть бути вищими, ніж на стандартні корми. Навпаки, виробничі витрати на корми, що містять водорості без риб'ячого жиру або без риб'ячого борошна, вважаються порівнянними зі стандартними кормами, оскільки включення рослинної сировини для заміни рибних інгредієнтів може компенсувати вищі витрати, пов'язані з водоростевими інгредієнтами.

Хоча виробничі витрати на чотири типи кормів різняться, опитані зазначили, що комерційна націнка в основному залишиться незмінною. Різниця між виробничими витратами та роздрібною ціною продажу, за оцінками, становить близько 10–20 %. Наприклад, стандартний корм для лаврака та доради, за повідомленнями, коштує приблизно 1,35 євро/кг, тоді як корм, що містить комах, наразі можна продати за ціною близько 1,70 євро/кг. Слід зазначити, що ці оцінки були надані двома різними респондентами, і слід очікувати відмінностей у якості кормів. Тому критерій роздрібної ціни відповідає тій самій тенденції, що й виробничі витрати для різних типів кормів.

Стабільність цін виявилася явною перевагою альтернативних кормів. На відміну від стандартних кормів, які в значній мірі залежать від рибного борошна та риб'ячого жиру і піддаються значним коливанням цін, альтернативні корми демонстрували більш стабільні ціни. У період з 2011 по 2023 рік ціна на риб'ячий жир зросла на 181%, а ціна на рибне борошно — на 67% ([145]). Колівання цін на ці інгредієнти на основі риби більш

(145) EUMOFA (2023). Fishmeal and Fish Oil. Available here.

детально описані в розділі 7. Ці коливання підкреслюють вразливість стандартних кормів до порушень ланцюга поставок та кліматичних подій. Альтернативні корми, які менше залежать від морських інгредієнтів, забезпечують більшу стабільність у цьому відношенні. У роки з дуже високими цінами на риб'ячий жир і рибне борошно корми з альтернативними інгредієнтами, що замінюють інгредієнти на основі риби, можуть навіть стати дешевшими за стандартні корми**.** Як результат, два корми, що містять водорості, мають значну перевагу в стабільності цін порівняно зі стандартними кормами. Натомість корми, що містять комах, мають меншу перевагу, оскільки виробництво комах ще перебуває на початковій стадії.

3.1.4. Екологічні критерії

Вплив виробництва кормів на навколишнє середовище охоплює кілька факторів, включаючи землекористування, споживання прісної води та енергетичні потреби, пов'язані з виробництвом різних видів кормів. Однак важливо зазначити, що не всі розглянуті статті однаково враховували всі аспекти, а відсутність стандартизованої методології в різних джерелах призвела до різних результатів. Ця невідповідність особливо очевидна в дослідженнях, в яких оцінювався вплив альтернативних кормів на навколишнє середовище в порівнянні зі стандартними кормами. Альтернативні корми, особливо ті, що містять водорості, часто демонструють гірші екологічні показники, ніж стандартні корми, коли викиди CO_2 оцінюються як самостійний вплив. Проте викиди CO_2 не оцінювалися окремо в цьому аналізі, оскільки вони зазвичай включаються в більшість LCA. LCA показали, що екологічний слід кормів, що містять водорості, значно варіюється залежно від масштабів і методів виробництва. Наприклад, огляд ([146]) показав, що, хоча корми, що містять мікроводорості, можуть мати набагато вищий вуглецевий слід, ніж рибне борошно, при виробництві в невеликих масштабах (0,024 га), великомасштабне виробництво водоростей (2,5 га) продемонструвало 20-кратне зменшення викидів вуглецю в порівнянні з пілотними установками. Крім того, було показано, що використання циркулярних підходів у виробництві кормів з водоростей покращує екологічні показники.

На відміну від цього, корми, що містять комах, мають загалом сприятливий екологічний профіль. Дослідження показали, що через навантаження на клімат, пов'язані з низькою вартістю раціону, білки комах є порівнянними або навіть кращими за інгредієнти кормів для риб, на основі сільськогосподарських культур, які зараз використовуються в Норвегії ([147]). Наприклад, три з чотирьох проаналізованих білків на основі комах виявилися конкурентоспроможними з точки зору екологічних

(147) Modahl & Brekke (2022). Environmental performance of insect protein: a case of LCA results for fish feed produced in Norway. SN Applied Sciences, 4(6). http://dx.doi.org/10.1007/s42452-022-05065- 1

показників порівняно з білком рибного борошна з путасу. Крім того, розведення комах має значні переваги перед традиційним тваринництвом, особливо з точки зору використання земельних і водних ресурсів ([148]). Крім того, для виробництва борошна з комах потрібно лише 32 м² землі на тонну сухої речовини, а його потенціал глобального потепління (GWP) значно нижчий, ніж у рибного борошна, і становить 169 кг еквіваленту CO_2 на тонну (або 497 кг еквіваленту CO_2, включаючи непрямі ефекти) порівняно із середнім показником 1400 кг еквіваленту CO_2 для рибного борошна ([149]). Вплив кормів, що містять комах, на навколишнє середовище ще більше зменшується, коли для вирощування личинок використовуються малоцінні ресурси або органічні побічні продукти, особливо з точки зору використання землі та споживання води.

Підсумовуючи, два види кормів, що містять водорості, продемонстрували незначну тенденцію до більшої шкоди навколишньому середовищу (переважно в пілотному масштабі) порівняно зі стандартними кормами, головним чином через викиди парникових газів, пов'язані з виробництвом водоростей, хоча великомасштабні та циркулярні методи виробництва можуть пом'якшити цей вплив. Натомість корми, що містять комах, продемонстрували дещо кращі екологічні показники, ніж стандартні корми, що пояснюється меншим використанням землі та водного сліду, а також меншим потенціалом глобального потепління.

З точки зору FFDR, який вимірює залежність кормів для аквакультури від диких кормових риб, всі альтернативні корми є кращою альтернативою, ніж стандартні корми. У період з 2010 по 2020 рік було зафіксовано значне зниження FFDR: значення показника зменшилося з 1,43 до 0,67 для лососевих риб і з 0,71 до 0,53 для морських риб, таких як лаврак і дорада ([150]). Заміна всіх кормових риб, що використовуються в кормах, альтернативними інгредієнтами дозволила б звести FFDR до нуля. Серед проаналізованих кормів найкращі результати демонструють корми, що містять водорості без риб'ячого жиру або риб'ячого борошна, оскільки вони замінюють найбільшу частку кормової риби, ефективно сприяючи істотному зниженню FFDR. Корми, що містять водорості з риб'ячим жиром і риб'ячим борошном, а також корми, що містять комах, також перевершили стандартні корми в цьому відношенні, оскільки обидва можуть замінити частину кормової риби. Однак їхній внесок у зменшення FFDR є менш значним, ніж у кормів, що містять водорості без риб'ячого жиру або рибного борошна. Підсумовуючи, корми, що містять водорості без риб'ячого жиру або рибного борошна, мають найвищий показник у зменшенні FFDR, тоді як інші два альтернативні корми також позитивно впливають на зменшення FFDR, хоча і в меншій мірі, ніж перші.

---

(148) Modahl & Brekke (2022). Environmental performance of insect protein: a case of LCA results for fish feed produced in Norway. SN Applied Sciences, 4(6). http://dx.doi.org/10.1007/s42452-022-05065- 1

(149) Su, M., Bastiaens, L., Verspreet, J., & Hayes, M. (2023). Applications of Microalgae in Foods, Pharma and Feeds and Their Use as Fertilizers and Biostimulants: Legislation and Regulatory Aspects for Consideration. *Foods*, *12*(20), 3878. https://doi.org/10.3390/foods12203878

(150) IFFO (n.d.). FFDR Data.

3.1.5. Присвоєння ваги критеріям

Розподіл ваги між обраними критеріями в цьому аналізі базувався як на думках зацікавлених сторін, так і на основних цілях щодо ефективності кормів, економічної доцільності та екологічної сталості. Кожна вага відображає відносну важливість кожного критерію, яка була визначена на основі відгуків експертів, зібраних під час спеціального семінару за участю зацікавлених сторін галузі, що гарантує відповідність призначеної ваги точці зору фахівців з аквакультури. Детальне пояснення та обґрунтування ваги кожного критерію можна знайти в Annex III.

3.1.6. Розробка матриці прийняття рішень

Матриця рішень була розроблена для порівняння ефективності чотирьох варіантів кормів за визначеними критеріями. Кожен варіант корму оцінювався за властивостями, з присвоєнням балів, що відображали їх відносну ефективність у порівнянні зі стандартним базовим кормом.

Система балів була розроблена для відображення напрямку змін, а не абсолютних кількісних відмінностей. Через невідповідності в доступних кількісних даних, в аналізі було застосовано описовий, непрямий підхід до оцінювання, який класифікував зміни ефективності наступним чином:

- +1,5: Значно ліпший аніж базовий;
- +1: Ліпший за базовий;
- +0,5: Дещо ліпший за базовий;
- 0: Подібний до базового;
- -0,5: Дещо гірший за базовий;
- -1: Гірший за базовий;
- -1,5: Значно гірший за базовий.

Стандартному корму було присвоєно оцінку 0 за всіма критеріями, що слугувало орієнтиром для порівняння. Решта варіантів кормів оцінювалися відносно цього базового корму.

Як видно з матриці рішень нижче (таблиця 7), корм, що містив водорості без риб'ячого жиру або рибного борошна, продемонстрував найперспективніші загальні результати. Він виділявся за економічними та екологічними критеріями, а також мав кращі показники за якістю риби (+1) та рівнем забруднення (+1). Крім того, він мав найкращі економічні показники порівняно з іншими кормами, а виробничі витрати та роздрібні ціни були подібними до стандартного корму. На відміну від цього, інші альтернативні корми мали вищі виробничі витрати та ціни, але водночас забезпечували стабільність

цін. Щодо екологічного впливу корму, що містить водорості, без риб'ячого жиру та рибного борошна, надана оцінка (+1,5) була особливо високою, враховуючи низький FFDR, що свідчить про значні екологічні переваги.

Корм, що містить комах, також показав хороші результати в порівнянні з іншими кормами. Його основні переваги стосуються здоров'я риб (+0,5) та екологічних показників (+0,5), де він перевершив всі інші корми. Його головний недолік полягає у виробничих витратах (-1) та роздрібній ціні (-1), де він отримав гірші оцінки, ніж всі інші корми, включаючи стандартний корм.

Хоча корм, що містить комах, покращує здоров'я риб і є менш схильним до забруднення, додавання комах значно збільшує виробничі витрати, не забезпечуючи при цьому стабільності цін. Отже, хоча корм, що містить комах, приносить значні переваги з точки зору продуктивності риб та навколишнього середовища, його головний недолік полягає в економічних критеріях.

Корм, що містить водорості з риб'ячим жиром і риб'ячим борошном, показав результати, порівнянні з кормом, що містить комах. З точки зору критеріїв характеристик риби та корму, він отримав кращі результати, ніж корм, що містить водорості без риб'ячого жиру або риб'ячого борошна, головним чином завдяки дещо нижчим результатам останнього за критеріями FCR та SGR.

Підсумовуючи, з чотирьох варіантів найперспективніші результати порівняно з іншими варіантами кормів продемонстрували корми, що містять водорості без риб'ячого жиру або рибного борошна. Корми, що містять водорості з риб'ячим жиром і рибним борошном, а також корми, що містять комах, також показали хороші результати і були кращими за стандартні корми без альтернативних інгредієнтів. Загалом, результати підкреслюють кілька ключових компромісів між трьома основними категоріями. Хоча альтернативні корми демонструють значні переваги для біорізноманіття (тобто зменшують FFDR), вони часто стикаються з проблемами, пов'язаними з виробничими витратами та роздрібною ціною.

Таблиця 7 – Матриця рішень, що порівнює всі типи кормів за трьома категоріями критеріїв.

	Характеристики кормів та риби							**Економічні критерії**				**Екологічні критерії**			**Загальний бал**
	Вага	30%	15%	25%	20%	10%		35%	30%	35%		50%	50%		
No.	Корми	FCR	SGR	Здоров'я риб	Якість риби	Забруднення	Проміжний бал	Виробничі витрати	Роздрібна ціна	Стабільність цін	Проміжний бал	Вплив від вир-ва кормів	FFDR	Проміжний бал	
		Score	Score	Score	Score	Score		Score	Score	Score		Score	Score		
1	Стандарт корму	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.00**
2	Корм з вмістом водоростей з риб'ячою олією та борошном	0.00	0.00	0.25	1.00	0.50	0.31	-0.50	-0.50	1.00	0.03	-0.50	1.00	0.25	**0.20**
3	Корм з водоростями без риб'ячої олії та борошна	-0.25	-0.25	0.25	1.00	1.00	0.25	0.00	0.00	1.00	0.35	-0.50	1.50	0.50	**0.37**
4	Корм з вмістом комах	0.00	0.00	0.50	0.50	1.00	0.33	-1.00	-1.00	0.50	-0.48	0.50	1.00	0.75	**0.20**

3.1.7. Аналіз чутливості

Аналіз чутливості показує, що рейтинги чотирьох кормів у різних сценаріях зважування є відносно стабільними для кормів з найкращими та найгіршими показниками, тоді як рейтинги другого та третього найкращих варіантів змінюються залежно від акценту, що робиться на різних категоріях критеріїв.

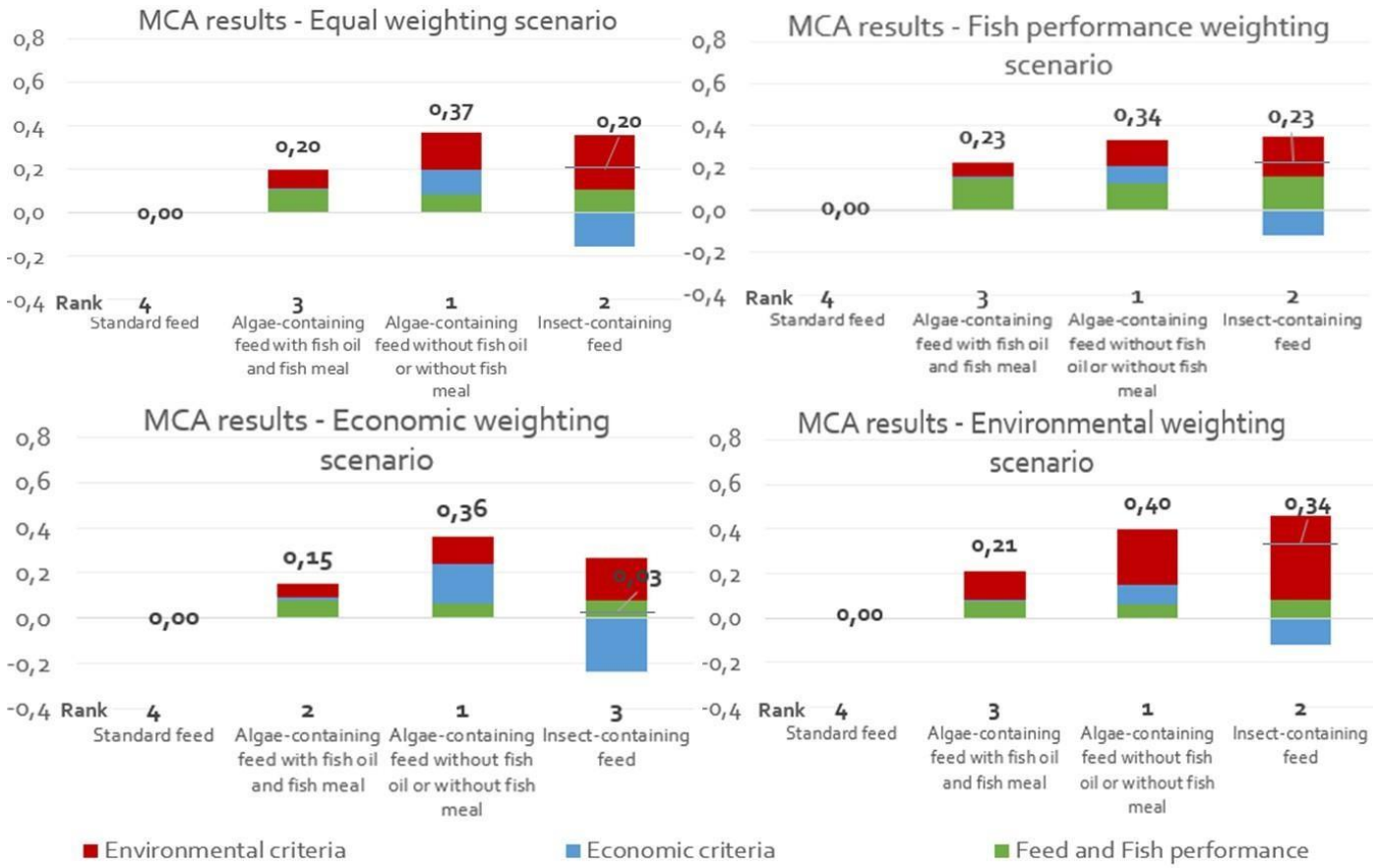
У сценарії рівного зважування (верхній лівий графік на рисунку 3 нижче) корм, що містить водорості без риб'ячого жиру або рибного борошна, отримав найвищий бал і посів перше місце. Корм, що містить комах, посів друге місце, за ним слідує корм, що містить водорості з риб'ячим жиром і риб'ячим борошном - на третьому місці, а стандартний корм посів останнє місце. Цей сценарій збалансовує ефективність усіх критеріїв однаково, що дає просте уявлення про ефективність кожного корму в категоріях екологічної, економічної ефективності та ефективності риби і корму без упередженості до будь-якої окремої категорії.

У сценарії зважування ефективності риби та корму (графік праворуч вгорі), де критерії ефективності риби та корму були зважені на 50 %, а дві інші категорії отримали по 25 %, загальний рейтинг залишається незмінним. Однак у цьому сценарії бали всіх кормів покращилися, за винятком корму, що містить водорості, без риб'ячого жиру та рибного борошна. Примітно, що корм, що містить водорості, без риб'ячого жиру або рибного борошна, зберігає своє лідерство завдяки стабільно високій ефективності у всіх категоріях.

У сценарії економічного зважування економічним критеріям присвоюється вага 50 %, а екологічним критеріям і критеріям кормової ефективності — по 25 %. Хоча в цьому сценарії корм, що містить водорості без риб'ячого жиру або рибного борошна, залишається найкращим варіантом, корм, що містить водорості з риб'ячим жиром і рибним борошном, виходить на друге місце, значно випереджаючи корм, що містить комах. Фактично, оцінка корму, що містить комах, значно знижується, майже зрівнюючись із стандартним кормом. Ця зміна підкреслює відносно слабкі економічні показники корму, що містить комах, який вимагає високих виробничих витрат і має високу роздрібну ціну.

Нарешті, сценарій екологічної ваги приділяє 50% ваги екологічним критеріям і 25% ваги двом іншим категоріям критеріїв. Тут корм, що містить комах, посів друге місце, випередивши корм, що містить водорості, риб'ячий жир і рибне борошно. Це підкреслює значні екологічні переваги, такі як нижчі викиди парникових газів і використання ресурсів. Корм, що містить водорості, без риб'ячого жиру та рибного борошна, залишається найбільш підходящим варіантом, що підтверджується його позитивним екологічним профілем, зокрема значним внеском у зменшення FFDR.

Рисунок 3 – Показники варіантів кормів за чотирма сценаріями зважування



Аналіз чутливості демонструє надійність корму, що містить водорості, без риб'ячого жиру або рибного борошна, як найбільш підходящого варіанту для всіх сценаріїв зважування. Цей аналіз підтверджує результати цього MCA і забезпечує детальне розуміння компромісів між конкуруючими (екологічними та економічними) критеріями сталості, допомагаючи визначити найбільш підходящий корм в різних контекстах.

3.1.8. Рекомендації на основі MCA

На основі результатів цього аналізу, корми, що містять водорості, демонструють великий потенціал як стала альтернатива стандартним кормам, особливо в плані підвищення якості риби, стабілізації цін та зменшення залежності від кормової риби. Однак для оптимізації їх екологічних та економічних показників необхідно вирішити кілька проблем. Зокрема, на екологічний вплив кормів, що містять водорості, значною мірою впливає масштаб виробництва. Дослідження показують, що великі водоростеві ферми мають значно нижчі викиди парникових газів порівняно з меншими установками ([151]), причому викиди на одиницю продукції

(151) Nagappan et al. (2021). Potential of microalgae as a sustainable feed ingredient for aquaculture. *Journal of Biotechnology,* 342. https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.09.003

зменшуються із збільшенням виробничої потужності. Тому для реалізації цих екологічних переваг слід надати пріоритет інвестиціям у розширення потужностей з виробництва водоростей. Особливо в поєднанні з дослідженнями та розробкою технологій у фотобіореакторах ([152]) та системах відкритих ставків ([153]), оптимізованих для великомасштабного виробництва, це може ще більше підвищити ефективність та результативність вирощування водоростей та їх екологічну сталість.

Крім того, інтеграція виробництва водоростей в рамки циркулярної економіки може значно поліпшити екологічні показники ([154]). Наприклад, для вирощування водоростей можна використовувати промислові побічні продукти, такі як CO_2 з електростанцій або поживні речовини з води, що використовується в системах виробництва харчових продуктів, що дозволить зменшити споживання ресурсів і викиди. Політики та промисловість повинні заохочувати розвиток водоростевих ферм, які використовують ці синергії, сприяючи промисловому симбіозу з метою мінімізації впливу на навколишнє середовище та зниження виробничих витрат шляхом утилізації відходів або невикористаних ресурсів.

Існує також значний потенціал для поліпшення економічної рентабельності вирощування водоростей за рахунок ефекту масштабу. Корми, що містять водорості, в даний час є менш економічно вигідними, ніж стандартні корми, через високі витрати на їх виробництво. Однак, у міру збільшення обсягів виробництва водоростей, очікується, що витрати на одиницю вироблених водоростей значно зменшаться завдяки ефекту масштабу ([155]). Державні та приватні інвестиції можуть прискорити цей перехід, зробивши корми, що містять водорості, більш конкурентоспроможними на ринку.

Додатковим важливим фактором, який може сприяти використанню кормів, що містять водорості, в аквакультурі, є підвищення обізнаності споживачів та ринкового попиту. Інформування споживачів про переваги кормів, що містять водорості, може стимулювати попит на рибу, вирощену з використанням таких кормів, та сприяти подальшому зростанню аквакультурної галузі. Сертифікати або екологічні маркування, що вказують на тип корму, який використовується для вирощування риби, можуть допомогти диференціювати такі продукти на ринку.

Нарешті, з огляду на високу ефективність кормів, що містять комах, особливо їх низький вплив на землю та воду, підтримка розвитку кормів, що містять комах, як додаткової опції до кормів з водоростей може принести додаткові переваги. Диверсифікація альтернативних кормів забезпечує аквакультурній галузі можливість мати кілька стійких опцій для задоволення різних потреб та умов.

---

(152) Razzak et al. (2024). Microalgae cultivation in photobioreactors: sustainable solutions for a greener future. Green Chemical Engineering, 5(4). https://doi.org/10.1016/j.gce.2023.10.004

(153) Qin et al. (2023). Biotechnologies for bulk production of microalgal biomass: from mass cultivation to dried biomass acquisition. *Biotechnol Biofuels*, 16, 131.https://doi.org/10.1186/s13068-023-02382-4

(154) Greene et al. (2022). Transforming the future of marine aquaculture: a circular economy approach. Oceanography, 35(4). https://doi.org/10.5670/oceanog.2022.213

(155) Cai et al. (2021). Seaweeds and microalgae: an overview for unlocking their potential in global aquaculture development. FAO. https://doi.org/10.4060/cb5670en

3.2 Коефіцієнт залежності від кормової риби (FFDR)

3.2.1. Розуміння значення FFDR

3.2.1.1. Кількісні показники для оцінки морських інгредієнтів для аквакультури

Протягом багатьох років в галузі аквакультури було розроблено кілька методик оцінки ефективності морських інгредієнтів у кормі для аквакультури. Ці інструменти дозволяють продемонструвати такі фактори, як вплив, ефективність, цінність та сталість ([156]). Одним з найбільш широко використовуваних показників ефективності виробництва в системах аквакультури є кормовий коефіцієнт (FCR), який пояснюється в додатку III, розділ 9.7, і порівнюється для декількох варіантів кормів в MCA в розділі 3.1 цього звіту.

Іншим добре відомим показником є коефіцієнт «риба на вході – риба на виході" (FIFO), який вказує кількість, у кілограмах, інгредієнтів на основі риби, необхідних для виробництва одного кілограма вирощеної риби. Хоча він слугує дуже спрощеним екологічним орієнтиром, його широко критикують за його обмеження, зокрема за те, що він не розрізняє дику рибу та побічні продукти як джерела сировини, що може призвести до неточного відображення впливу на навколишнє середовище ([157]). Для усунення обмежень методу FIFO було розроблено FFDR. Хоча його формула схожа на FIFO, FFDR конкретно враховує рибні інгредієнти з дикої риби, що використовуються для виробництва одного кілограма риби, вирощеної в умовах фермерського господарства, виключаючи інші джерела, такі як рибні побічні продукти.

На відміну від цього, оцінка життєвого циклу (LCA) використовує інший підхід і вважається найскладнішою з чотирьох описаних тут методів. LCA була запроваджена для забезпечення більш цілісного підходу до оцінки екологічної сталості. Вона враховує серед багатьох такі фактори, як потенціал глобального потепління та використання води.

Що стосується кормової риби, то споживання палива на тонну вилову є відносно низьким, головним чином завдяки ефективним методам рибальства, що застосовуються ([158]). Деякі інші аспекти, які зазвичай враховуються в LCA, такі як

(156) IFFO (2024). The Evolution of Sustainability metrics for marine ingredients. Available here.
(157) IFFO (2024). The Evolution of Sustainability metrics for marine ingredients. Available here.
(158) IFFO (2024). The Evolution of Sustainability metrics for marine ingredients. Available here.

використання землі, також є низькими для кормової риби ([159]). Тому при проведенні LCA використання дикої риби в кормах часто може вважатися вигідним у розрахунках LCA, особливо у порівнянні з іншими інгредієнтами в кормах. Як результат, використання кормової риби в деяких випадках може (хоча це залежить від багатьох факторів) вважатися більш екологічним з точки зору ефективності використання ресурсів і мати кращі результати в LCA, порівняно з водоростями ([160]). Однак у деяких LCA інгредієнти з водоростей показали значно менший вплив на зміну клімату в порівнянні з інгредієнтами на основі риби ([161;162]). Це демонструє, що водорості мають потенціал показувати кращі результати LCA, ніж кормова риба, але це сильно залежить від конкретної організації виробництва, а також від масштабів діяльності.

Важливо також зазначити, що більшість доступних на сьогоднішній день оцінок життєвого циклу (LCA) для виробництва кормів для аквакультури не проводилися з використанням стандартизованих методологій, що також підкреслюється в MCA, представленому в розділі 3.1.

Крім того, LCA (зокрема ті, що були проаналізовані для MCA в цьому звіті) не враховували певні критичні екологічні аспекти, такі як біорізноманіття або збереження екосистем, що часто є недоліком більшості LCA. Нестала експлуатація кормової риби може мати негативний вплив на згадані ключові компоненти морських екосистем ([163]).

FFDR детально обговорюється в наступних розділах. Він може бути цінним показником для непрямої оцінки потенційного впливу на біорізноманіття, надмірний вилов риби та здоров'я екосистеми в контексті аквакультури, але він оцінює лише один вимір. Хоча LCA та FFDR мають свої обмеження, ефективна стратегія для забезпечення більш цілісного огляду може передбачати комбіноване використання FFDR та LCA.

3.2.1.2. Міркування щодо сталості в контексті FFDR та використання кормової риби

FFDR має на меті надати інформацію про вплив на навколишнє середовище. Однак Організація з морських інгредієнтів (IFFO) стверджує, що морські інгредієнти також можуть бути отримані з добре керованих рибних господарств і, отже, є сталим ресурсом для кормів для тварин. У цьому зв'язку вони також стверджують, що

(159) Davis et al. (2021). Life cycle assessment of heterotrophic algae omega-3. Algal research, 60. https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102494
(160) Valenti et al. (2018). Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. Ecological Indicators, 88. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.068
(161) Davis et al. (2021). Life cycle assessment of heterotrophic algae omega-3. Algal Research
(162) Marine Stewardship Council (n.d.). Overfishing. Available here.
(163) IFFO (2024). The Evolution of Sustainability metrics for marine ingredients. Available here.

припущення щодо впливу на навколишнє середовище експлуатації кормової риби часто є перебільшеними або не є загальноприйнятими ([164]).

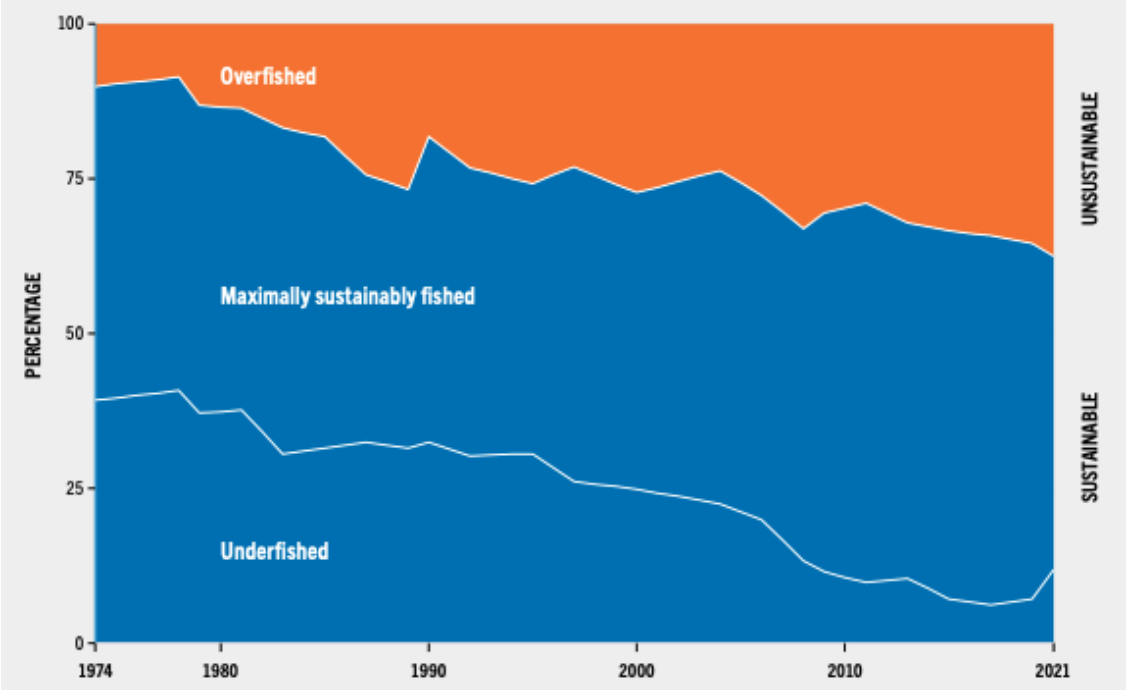
Однак часто залишається незрозумілим, чи враховується споживання палива по-різному для донного тралення та риболовлі за допомогою жаберних сіток (які суттєво відрізняються між собою), а також чи враховують ці оцінки життєвого циклу викиди парникових газів від виробництва рибальського спорядження з пластику на основі викопного палива та інших матеріалів, споживання енергії на борту суден або негативний вплив на морські екосистеми.

Однак не вся кормова риба виловлюється в добре керованих рибних господарствах. Окрім факторів, які зазвичай аналізуються в оцінках життєвого циклу, вилов кормової риби також може призвести до надмірного вилову, що є серйозною проблемою. Це може мати значний негативний вплив на природне морське середовище та біорізноманіття, які відіграють важливу роль у забезпеченні клімату, чистого повітря, води та їжі. За даними Морської наглядової ради (MSC), станом на 2024 рік понад 37 % світових рибних запасів вже переловлені ([165]). У 2021 році такі нестабільні запаси становили 23% від загального вилову диких риб ([166]). Частка кормових риб, виловлених безвідповідально, варіюється залежно від регіону та виду. Більшість решти рибних запасів вже досягли максимально сталих меж (див. рисунок 4). Крім того, деякі експерти застерігають, що певні рибні господарства можуть бути екологічно переловлені, навіть якщо вони офіційно не класифіковані як такі. ([167]).

Хоча використання диких кормових риб у кормі для аквакультури може бути сталим за умови відповідального управління, поточний стан світового рибальства підкреслює необхідність вдосконалення практик для забезпечення довгострокової перспективи. Оскільки очікується, що сектор аквакультури, що годується кормом, буде продовжувати зростати, а запаси дикої риби залишаються обмеженими, слід впроваджувати стратегії для збільшення використання альтернативних інгредієнтів, отриманих з екологічно сталих джерел. Такий підхід не обов'язково вимагає повної заміни, а скоріше цілеспрямованого доповнення кормів для аквакультури, щоб зменшити залежність від рибного борошна та риб'ячого жиру, отриманих з екологічно нестійких джерел.

(164) Marine Stewardship Council (n.d.). Overfishing. Available here.
(165) FAO (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – *Blue Transformation in action*. Rome, https://doi.org/10.4060/cd0683en.
(166) ASC (2023). ASC Salmon Standard Version 1.4. Available here.
(167) FAO (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – *Blue Transformation in action*. Rome, https://doi.org/10.4060/cd0683en.

Рисунок 4 – Динаміка стану запасів риби у світі 1975 – 2021



Джерело: оцінка FAO ([168]). (надмірний вилов; максимальний сталий вилов; недовилов. Сталий стан-несталий стан (помаранчевий колір)

3.2.2. Приклади та розрахунок FFDR для потенційного включення інгредієнта з водоростей

Формули для розрахунку FFDR наведені в Додатку II. Важливо зазначити, що рибне борошно та риб'ячий жир, отримані з побічних продуктів рибного господарства (наприклад, обрізки або субпродукти), не враховуються у формулі FFDR.

3.2.2.1. Порогові значення FFDR, встановлені стандартом ASC

Стандарт ASC для лосося, розроблений з метою підвищення екологічної сталості та соціальної відповідальності, використовує FFDR для встановлення порогових значень використання дикої риби в аквакультурі лосося. Крім того, інші вимоги, такі як закупівля риб'ячого жиру та борошна у сертифікованих постачальників, можуть допомогти поліпшити простежуваність та підтримати впровадження сталих практик ([169]).

Окрім розрахунку комбінованого FFDR для рибного борошна та олії, можна розрахувати їх окремо як FFDRm (коефіцієнт залежності рибного борошна від кормової риби) та FFDRo (коефіцієнт залежності рибної олії від кормової риби), що

(168) ASC (2023). ASC Salmon Standard Version 1.4. Available here.
(169) ASC (2023). ASC Salmon Standard Version 1.4. Available here.

забезпечує більш конкретну оцінку залежності від кормової риби для кожного компонента корму (див. Додаток II). Порогові значення, описані в стандарті ASC, визначають, що FFDRm повинен бути менше 1,2, а FFDRo повинен бути менше 2,52, або корм повинен містити менше 30 г EPA і DHA разом на 1 кг корму, отриманих саме з морських джерел, за винятком побічних продуктів. За допомогою цієї вимоги ASC прагне ефективно зменшити вміст рибного борошна та риб'ячого жиру в кормах для лосося, одночасно заохочуючи використання олії та борошна з обрізків та субпродуктів, а також з альтернативних джерел ([170]). Однак середні рівні FFDRm та FFDRo, що становлять відповідно 0,5 та 1,5, у норвезькому лососевому господарстві були розраховані на 2020 рік Aas et al. ([171]). У порівнянні з цими середніми значеннями, обмеження, встановлені ASC, здаються досить високими. Важливо зазначити, що в консультаційному звіті ASC від 2022 року зазначалося, що "екологічні НУО та інші зацікавлені сторони висловили значну стурбованість тим, що значення FFDR не були переглянуті, особливо для лосося" (172).

У листуванні з ASC було повідомлено, що показники ефективності корму, включаючи FFDR, в програмі ASC наразі переглядаються. Нові критерії та рекомендації ASC щодо ефективності корму планується включити до нового консолідованого стандарту.

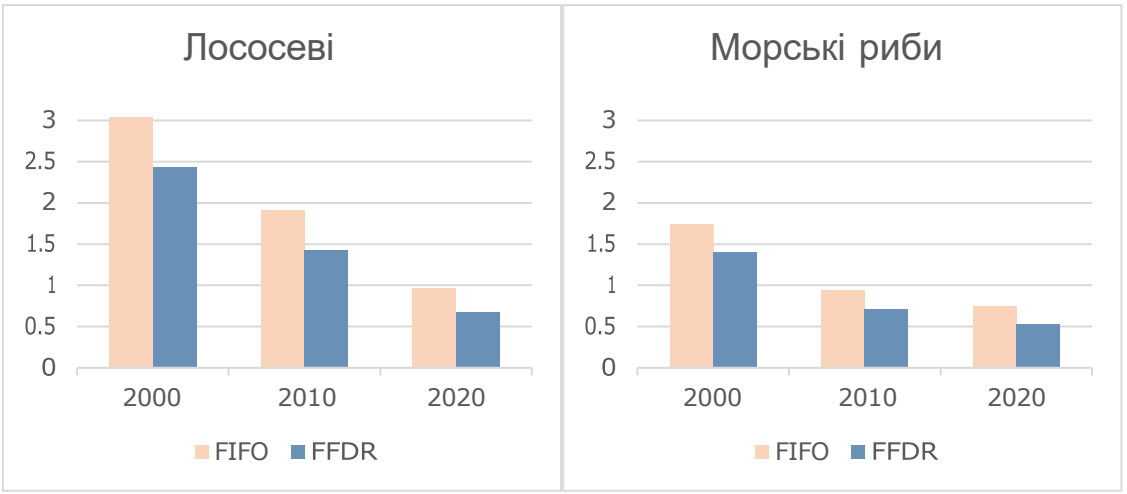
Окрім стандарту ASC, інші переглянуті стандарти сертифікації наразі не визначають чітких цільових показників FFDR.

---

(170) Aas et al. (2022). Utilization of feed resources in the production of Atlantic salmon (Salmo salar) in Norway: An update for 2020. Aquaculture Reports. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101316
(171) Aas et al. (2022). Utilization of feed resources in the production of Atlantic salmon (Salmo salar) in Norway: An update for 2020. Aquaculture Reports. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101316
(172) IFFO (n.d.). FFDR Data.

3.2.2.2. Динаміка FFDR та поточні величини

Рисунок 5 – FIFO та FFDR для лососів та морських риб 2000 - 2020



Джерело: Графіки, побудовані на основі даних за 2000, 2010 та 2020 роки IFFO ([173]).

Два графіки вище (рис. 5) ілюструють тенденції в FIFO та FFDR. З 2000 по 2020 рік відбулося значне зниження як FIFO, так і FFDR.

Середні значення FFDR у 2020 були наступними:

- Сьомга: 0.68;
- Інший лососеві (зокрекма райдужний пструг): 0.67;
- Морські риби (зокрема європейський лаврак та дорада): 0.53 ([174]).

У 2020 році eFCR, ключовий параметр для розрахунку FFDR, становив 1,27 для лососевих риб і 0,86 для морських риб ([175]). Використовуючи ці значення у формулі FFDR (див. Додаток II), середня частка кормових інгредієнтів, отриманих з кормової риби, у 2020 році була оцінена приблизно в 14,5% для лососевих риб і 17% для морських риб.

3.2.2.3. Розрахунок для гіпотетичного включення 5% водоростей

Зниження FFDR до нуля технічно можливо шляхом заміни рибного борошна та риб'ячого жиру альтернативними інгредієнтами, такими як водорості, рослинні джерела та побічні продукти аквакультури, наприклад, обрізки. Серед них інгредієнти з водоростей є перспективним рішенням завдяки високому вмісту незамінних жирних кислот та можливості їх сталого виробництва.

(173) IFFO (n.d.). FFDR Data.
(174) IFFO (n.d.) eFCR Data.

Експерти галузі та зацікавлені сторони оцінюють, що включення інгредієнтів з водоростей до кормів для аквакультури може досягти приблизно 5% протягом наступних п'яти років. Наступний розрахунок має на меті оцінити вплив на FFDR включення загалом 5% інгредієнтів з водоростей (включаючи борошно та олію) до складу корму.

Слід зазначити, що інгредієнти на основі водоростей вже використовуються в аквакормах у обмеженій кількості. Оцінити середній поточний рівень включення залишається складним завданням, оскільки конкретні рецептури кормів часто є конфіденційною інформацією. Для цього звіту передбачається, що поточні аквакорми містять в середньому 1% інгредієнтів з водоростей.
Крім того, слід зазначити, що пряме порівняння водоростевої олії та риб'ячого жиру не є простим. Включення 1% водоростевої олііа не дорівнює 1% риб'ячого жиру, перш за все через вищу концентрацію EPA та DHA у водоростевій олії. Це робить водоростеву олію більш ефективним джерелом незамінних омега-3 жирних кислот. Фактичний потенціал заміщення залежить від концентрації цих жирних кислот, яка може значно відрізнятися між різними продуктами з водоростевої олії. У цьому звіті передбачається, що додавання додаткових 4% водоростевих інгредієнтів (суміш водоростевого борошна та олії з більшою часткою водоростевої олії, оскільки вона вже більш широко використовується, тоді як водоростеве борошно, як очікується, буде впроваджуватися довше) може призвести до зменшення на 6% інгредієнтів на основі риби.
Враховуючи, що приблизно 76% морських інгредієнтів на даний момент походять з кормової риби (відсоток на основі рисунка 6 щодо показників включення, дані для норвезького лососевого господарства, 2020 р.), зменшення морських інгредієнтів на 6% відповідатиме приблизному зменшенню використання кормової риби в кормі на 4,6%. Це зменшення призведе до загального включення кормової риби в кормі на рівні 9,9% для лососевих і 12,4% для морських риб.
Зміни в FCR (eFCR) у порівнянні з кормом без водоростей не були визнані значущими (див. таблицю 7 MCA). Тому для розрахунку FFDR використовуються ті самі середні значення eFCR.

З огляду на вищезазначені припущення, FFDR для корму, що містить 5 % водоростей, становитиме 0,46 для лососевих риб і 0,39 для морських риб (див. розрахунок у додатку II). Такий рівень заміщення відповідатиме зниженню поточного (2020 р.) FFDR приблизно на 32 % для лососевих риб і на 26 % для морських риб.

Важливо зазначити, що ці розрахунки базуються на багатьох припущеннях і залежать від багатьох факторів. Хоча окремі значення можуть відрізнятися, цей приклад показує, що значне зниження FFDR можна досягти шляхом включення водоростей до складу корму.

3.2.3. Рекомендації щодо корегування поточного FFDR

FFDR не розрізняє рибу, виловлену в сталий спосіб, та рибу з надмірно експлуатованих промислів, а на даний момент приблизно 37 % запасів риби, що використовується як корм, є надмірно виловленими ([176]). FFDR відображає тиск на запаси риби, що використовується як корм, і може бути цінним непрямим показником впливу на втрату біорізноманіття або зміни екосистеми, що є наслідком рибальської діяльності.

Включення навіть невеликої кількості водоростей може значно знизити FFDR. Це стосується водоростевої олії, яка зазвичай містить більше EPA та DHA, ніж риб'ячий жир. Використання побічних продуктів або інших альтернативних інгредієнтів може ще більше знизити FFDR.

Хоча не рекомендується зосереджуватися виключно на досягненні низького FFDR, слід враховувати й інші аспекти, такі як стан запасів кормових риб або сталість методів вилову. Хоча сертифікація може бути корисним інструментом у цьому відношенні, сталість рибних інгредієнтів, а також їх замінників, слід оцінювати стандартизованим і цілісним чином, щоб отримати надійну оцінку відповідних інгредієнтів.

Таким чином, FFDR, що відповідає поточним середнім значенням (сьомга: 0,68, інші лососеві: 0,67, морська риба: 0,53 у 2020 році ([177]), слід вважати базовим показником. Крім того, значно нижчий показник FFDR може бути винагороджений заохочувальними заходами, спрямованими на сприяння використанню побічних продуктів та альтернативних інгредієнтів. Рекомендується одночасно інтегрувати ці цілі з іншими показниками, такими як LCA та сертифікації, що може забезпечити більш цілісний підхід. У міру зростання сектору аквакультури середні значення FFDR будуть далі знижуватися, оскільки кормова риба є вичерпним ресурсом. Тому цілі не повинні бути статичними, а повинні переглядатися і, можливо, знижуватися через певні проміжки часу, наприклад, кожні п'ять років.

Слід зазначити, що під час процесу валідації більшість зацікавлених сторін визнали цей підхід реалістичним. Однак було висловлено припущення, що ефективніше було б встановити цілі конкретно для FFDRo та FFDRm, а не для комбінованого FFDR. У цьому випадку застосовувалися б ті самі міркування, що й для FFDR, але стосовно поточного середнього FFDRo та FFDRm (відповідно 1,5 та 0,5 у 2020 році для норвезької сьомги ([178]).

(175) Marine Stewardship Council (n.d.). Overfishing. Available here.
(176) IFFO (n.d.). FFDR Data.
(177) Aas et al. (2022). Utilization of feed resources in the production of Atlantic salmon (Salmo salar) in Norway: An update for 2020. Aquaculture Reports. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101316
(178) EFSA (2025). Dioxins and PCBs.

3.3 Забруднювачі в риб'ячому та водоростевій олії та застосування принципу "настільки низького рівня, наскільки це можливо" (‘as low as reasonably achievable’- ALARA) для забруднювачів

3.3.1. Вміст забруднюючих речовин у риб'ячому жирі та водоростевій олііі, призначених для кормів для аквакультури

3.3.1.1. Забруднювачі в борошні та оліях, отриманих з риби та водоростей

Забруднювачі в кормах можуть впливати на здоров'я людини, оскільки вони можуть накопичуватися в рибі, призначеній для споживання людиною. Інгредієнти на основі риби, що отримуються переважно з кормової риби, можуть містити значну кількість забруднювачів, що походять з океану і біоакумулюються через харчовий ланцюг. Оскільки уникнути забруднювачів в океанській воді складно, інгредієнти, отримані з альтернативних джерел і вироблені в контрольованих умовах, як правило, містять меншу кількість шкідливих речовин. Мікроводорості, що використовуються в кормі для аквакультури, зазвичай культивуються в закритих приміщеннях, що допомагає обмежити потрапляння забруднюючих речовин.
Хоча забруднення важкими металами може бути проблемою, особливо в рибному борошні, це також може бути проблемою в морських водоростях, вирощених у морі. Для мікроводоростей в контрольованих системах та інгредієнтів, отриманих з них, це не згадується як поширена проблема. Щодо риб'ячого жиру та водоростевої олії, важкі метали, як правило, не є значною проблемою, згідно з опитаними зацікавленими сторонами.
Іншими речовинами, які потребують ретельного моніторингу, є діоксини та PCB, які є токсичними і вважаються стійкими органічними забруднювачами, що містяться в навколишньому середовищі. Ці сполуки можуть з часом накопичуватися в харчовому ланцюзі, особливо в тваринному жирі. Діоксини є небажаними побічними продуктами термічних та промислових процесів, тоді як PCB широко використовувалися в різних галузях промисловості, поки не були заборонені в більшості країн у 1980-х роках. Тривалий вплив цих речовин може завдати шкоди нервовій, імунній та ендокринній системам, погіршити репродуктивні функції та збільшити ризик розвитку раку ([179]).

Цей розділ присвячений стратегіям мінімізації рівня забруднення рибних кормів, що дозволяє знизити рівень забруднення кінцевої рибної продукції та сприяє поліпшенню здоров'я людини.

3.3.1.2. Діоксини та PCBs у риб’ячому жирі

Риб'ячий жир у кормі для аквакультури вважається основним джерелом діоксинів та PCB у рибі, вирощеній у неволі, оскільки він накопичує ці забруднювачі під час росту в морі ([180]). У таблиці 17 у додатку I наведено рівні забруднювачів у риб'ячому жирі,

що використовується як інгредієнт у кормі для норвезької сьомги, які значно нижчі за встановлені законодавством межі. Максимально допустимі рівні діоксинів та PCB у вибраних продуктах для корму тварин, встановлені Директивою 2002/32/ЄС, наведені в таблиці 18 додатка I до цього звіту. Крім того, для цих забруднюючих речовин встановлено порогові значення, при перевищенні яких держави-члени повинні провести розслідування. Ці порогові значення детально описані в додатку II до тієї ж Директиви.

Порівнюючи максимально допустимі рівні забруднюючих речовин для риб'ячого жиру з рівнями для інших кормових інгредієнтів, слід зазначити, що межі для риб'ячого жиру значно вищі, ніж для інгредієнтів рослинного походження. Наприклад, допустимий рівень діоксинів у риб'ячому жирі більш ніж у шість разів вищий, ніж у рослинних матеріалах, що використовуються для кормів (5 ппт для риб'ячого жиру проти 0,75 ппт у рослинних матеріалах), а для недіоксиноподібних PCB різниця ще більша – більш ніж у 17 разів (20 ппт у риб'ячому жирі проти 1,5 ппт у рослинних матеріалах). Слід зазначити, що комбікорми для риб (які часто містять риб'ячий жир) є єдиним видом комбікормів для худоби, для яких дозволено вищі порогові значення цих забруднювачів.

3.3.1.3. Діоксин та PCBs у водоростевій олії

Оскільки водоростева олія виробляється в контрольованих умовах, вона, як правило, містить набагато меншу кількість забруднюючих речовин ([181]). З інтерв'ю, проведених для цього звіту, а також з літературних досліджень випливає, що заміна риб'ячого жиру на водоростеву олію в кормі для аквакультури може значно знизити рівень PCB та діоксинів у кормі; ці поліпшення відзначаються нижчим рівнем цих небажаних сполук у рибному філе. Для ілюстрації: одне дослідження виявило, що при додаванні 3,5 або 7% водоростевої олії підліток може безпечно споживати приблизно втричі більше доради, вирощеного на мікроводоростевій олії, порівняно з радою, вирощеним на риб'ячому жирі (тобто 680 г з 3,5% водоростевого масла або 735 г з 7% водоростевої олії; тоді як рибу, яку годували риб'ячим жиром, можна споживати лише 218 г), з урахуванням допустимого тижневого споживання діоксинів або діоксиноподібних PCB, рекомендованого Європейським агентством з безпеки харчових продуктів ([182]).

(179) Santigosa et al. (2021). Microalgae Oil as an Effective Alternative Source of EPA and DHA for Gilthead Seabream (Sparus aurata) Aquaculture. Animals, 11(4). https://doi.org/10.3390/ani11040971
(180) On some occasions, contaminants may originate from input sources in algae cultivation, e.g. from used water, nutrients or from the crops that are used as sugar source for algae cultivation.
(181) Santigosa et al. (2021). Microalgae Oil as an Effective Alternative Source of EPA and DHA for Gilthead Seabream (Sparus aurata) Aquaculture. Animals, 11(4). https://doi.org/10.3390/ani11040971
(182) Maes et al. (2010). Process optimization for the removal of environmental contaminants from fish oils, OCL, 17(2). https://doi.org/10.1051/ocl.2010.0298

3.3.2. Технології переробки та варіанти джерел інгредієнтів для зменшення вмісту забруднюючих речовин

Існує кілька стратегій для зниження рівня діоксинів та PCB у кормі для аквакультури, які мають вирішальне значення для мінімізації накопичення забруднюючих речовин у кінцевому рибному продукті.

Технології переробки:

- PCBs: такі методи, як дезодорація та просте вилучення з колонки, виявилися ефективними для видалення PCB ([183]);
- Діоксини та діоксиноподібні PCBs: комбінація різних методів деконтамінації виявилася більш ефективною для зменшення вмісту діоксинів і діоксиноподібних PCB в інгредієнтах кормів для аквакультури, ніж окремі методи обробки. Наприклад, було встановлено, що комбіноване використання дезодорації та обробки активованим вугіллям значно зменшує рівень забруднення, не погіршуючи поживну цінність олії ([184]). Аналогічно, інше дослідження продемонструвало, що протиструмна екстракція надкритичним CO_2 ефективно видаляє діоксиноподібні PCB і підтверджує, що обробка активованим вугіллям є особливо ефективною для видалення діоксинів ([185]). Ці висновки підтверджують доцільність використання інтегрованих стратегій деконтамінації для підвищення безпеки кормів та харчових продуктів.

Вибір інгредієнтів

Рівень забруднення кормових риб, які зазвичай використовуються для виробництва рибного борошна та олії, таких як оселедець та шпроти, значно варіюється залежно від географічного походження. У деяких регіонах рівень забруднення навіть перевищує встановлені норми, причому значні відмінності спостерігаються навіть у межах окремих басейнів ([186]). Ці регіональні відмінності слід ретельно враховувати при закупівлі інгредієнтів на основі риби, щоб уникнути високого рівня забруднення аквакормів.

Окрім зменшення вмісту забруднюючих речовин у риб'ячому жирі за допомогою методів деконтамінації або постачання з менш забруднених регіонів, часткова або повна заміна риб'ячого жиру альтернативними джерелами також є дієвою стратегією.

---

(183) Maes et al. (2010). Process optimization for the removal of environmental contaminants from fish oils, OCL, 17(2). https://doi.org/10.1051/ocl.2010.0298

(184) Kawashima et al. (2009). Removal of dioxins and dioxin-like PCBs from fish oil by countercurrent supercritical CO2 extraction and activated carbon treatment. Chemosphere. 75(6). http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.12.057

(185) HELCOM (2018). Polychlorinated biphenyls (PCBs), dioxins and furans. Available here.

(186) Bell et al. (2012). Complete replacement of fish oil with a blend of vegetable oils affects dioxin, dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCBs) and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in 3 Atlantic salmon (*Salmo salar*) families differing in flesh adiposity, Aquaculture 324-325. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.11.004

Наприклад, в одному дослідженні лосося спочатку годували раціоном на основі рослинної олії протягом 55 тижнів, а потім 24 тижні — раціоном, що містив деконтамінований риб'ячий жир, щоб відновити рівень омега-3 жирних кислот. Такий підхід призвів до зменшення вмісту діоксинів і фуранів на 52 %, а також до зменшення вмісту діоксиноподібних PCB на 79 % порівняно з рибою, яку годували стандартною дієтою на основі риб'ячого жиру (187). Слід зазначити, що ця стаття не була присвячена зростанню та здоров'ю риби, тому для підтвердження ефективності цієї стратегії годування в лососевому господарстві та виявлення недоліків методології необхідні подальші дослідження. Однією з таких перешкод може бути те, що здоров'я кишківника м'ясоїдних риб, яких годують раціоном на основі рослинних продуктів, може бути гіршим, ніж у риб, яких годують раціоном на основі риб'ячого жиру та рибного борошна, що може негативно вплинути на ріст та конверсію корму, як зазначено в інтерв'ю з експертами галузі. Це не було згадано щодо раціонів на основі водоростей.

Дані, отримані в ході інтерв'ю та з опублікованої літератури, свідчать про те, що заміна риб'ячого жиру на водоростевий жир або комбінацію водоростевого та рослинного жирів призводить до значного зниження вмісту PCB та діоксинів ([188;189]). Як вже зазначалося в цьому звіті, значну частину риб'ячого жиру можна замінити водоростевою олією, який забезпечує організм необхідними омега-3 жирними кислотами, одночасно сприяючи зниженню рівня забруднення корму. У дослідженні, в якому загальна кількість риб'ячого жиру була замінена на водоростеву олію, було відзначено зниження вмісту діоксинів і фуранів на 70% та діоксиноподібних PCB на 79% ([190]), що ще раз підтверджує водоростеву олію як більш безпечний варіант у кормі для аквакультури.

У сукупності ці висновки показують, що існує кілька практичних та ефективних стратегій для зменшення або уникнення забруднювачів у кормі для аквакультури, при цьому зберігаючи поживну цінність кінцевого продукту.

(187) Santigosa et al. (2021). Microalgae Oil as an Effective Alternative Source of EPA and DHA for Gilthead Seabream (Sparus aurata) Aquaculture. Animals, 11(4). https://doi.org/10.3390/ani11040971
(188) Belanger-Lamonde et al. (2018). Algal and Vegetable Oils as Sustainable Fish Oil Substitutes in Rainbow Trout Diets: An Approach to Reduce Contaminant Exposure. Journal of Food Quality (1). https://doi.org/10.1155/2018/7949782
(189) Zatti et al. (2023). Full replacement of fish oil with algae oil in farmed Atlantic salmon (Salmo salar) – Debottlenecking omega 3. Aquaculture. 574. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739653
(190) DIRECTIVE 2002/32/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 7 May 2002 on Undesirable Substances in Animal Feed," November 28, 2019, https://eur-lex.europa.eu/legal content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02002L0032-20191128.

3.3.3. Рекомендації щодо застосування принципу ALARA для забруднюючих речовин

ALARA у продуктах харчування та кормах

Коли було вперше прийнято Регламент 2023/915 про забруднювачі харчових продуктів, в ньому наголошувалося, що "у разі можливого ризику для здоров'я максимальні рівні забруднювачів повинні бути встановлені на рівні, який є найнижчим з розумно досяжних (ALARA). Такий підхід гарантує, що оператори харчового бізнесу застосовують заходи для запобігання та зменшення забруднення наскільки це можливо з метою захисту здоров'я населення. Цей принцип ALARA слугував основною підставою для прийняття нового регламенту.
Хоча цей Регламент стосується конкретно харчових забруднювачів, аналогічний пункт, що стосується принципу ALARA, міститься в Регламенті (ЄС) № 183/2005, стаття 4 (2), в якій викладено вимоги до гігієни кормів: "При годуванні тварин, що використовуються для виробництва харчових продуктів, фермери повинні вживати заходів і застосовувати процедури для того, щоб ризик біологічного, хімічного та фізичного забруднення кормів, тварин і продуктів тваринного походження був настільки низьким, наскільки це можливо".
Однак Регламент про гігієну застосовує принцип ALARA конкретно до годування тварин, що використовуються для виробництва харчових продуктів, і не стосується безпосередньо виробництва кормів.

Застосування принципу ALARA для забруднювачів кормів

Слід зазначити, що під час консультацій було підкреслено, що хоча принцип ALARA прямо не згадується в Директиві 2002/32/ЄС про небажані речовини, він уже застосовується на практиці при встановленні максимальних рівнів.

Однак у прикладах, наведених у таблиці 17 додатка I, рівні забруднення риб'ячого жиру значно нижчі за максимальні межі для діоксинів, діоксиноподібних PCB та недіоксиноподібних PCB, зазначених у таблиці 18. Крім того, як зазначено в розділі 3.3.2, існує багато ефективних методів та стратегій щодо джерел постачання, що дозволяють ще більше знизити рівні забруднення аквакормів. З огляду на це, здається, що існуючі на даний момент максимальні рівні встановлені вище, ніж це необхідно, і в першу чергу виключають з ринку лише найбільш забруднену риб'ячу олію. Такий підхід не відповідає принципу ALARA.

Тому рекомендується чітко включити принцип ALARA до Директиви 2002/32/ЄС, особливо стосовно виробництва кормів, під час її наступної оцінки. Це сприятиме посиленню зусиль щодо зниження рівнів PCB, діоксинів та інших забруднюючих речовин у кормах, а отже, і в харчових продуктах тваринного походження.

Майже всі зацікавлені сторони, які брали участь у валідації, підтвердили, що ця рекомендація є реалістичною.

Перегляд граничних значень вмісту діоксинів та PCB у кормах

Крім того, настійно рекомендується переглянути поточні максимальні рівні та рівні дії для діоксинів, діоксиноподібних PCB та PCB.

З квітня 2012 року максимальні рівні цих забруднювачів у риб'ячому жирі та аквакормі відповідно до Директиви 2002/32/ЄС не переглядалися. Проте за останні 13 років склад кормів для аквакультури зазнав кардинальних змін. Рівень вмісту риб'ячого жиру в сучасних рецептурах значно нижчий, ніж у 2012 році (порівняння на рисунку 2 у розділі 2.1.1). З огляду на те, що риб'ячий жир залишається основним джерелом діоксинів та PCB, допустимі граничні значення в кормах для аквакультури мали бути відповідно знижені.

Слід зазначити, що під час консультацій було зазначено, що поправка до Директиви 2002/32/ЄС, в якій знижуються максимальні межі для діоксинів та діоксиноподібних PCB у риб'ячому жирі, майже завершена. Крім того, у 2026 році передбачається проведення комплексного перегляду законодавства щодо діоксинів та PCB у кормах та харчових продуктах, в ході якого планується подальше зниження цих граничних значень у кормах та харчових продуктах.

Таблиця 8 – Пропозиції щодо зниження законодавчо встановлених верхніх меж вмісту діоксинів та PCB у риб'ячому жирі та окремих комбікормах (Поточне значення пропозиції)

Корм або матеріали для кормів	Діоксини (*1) Макс.вміст у нг WHO PCDD/F-PCB-TEQ/кг (ppt) (*4) відносно корму з вмістом вологи 12%	Сумарно – діоксини та діоксиноподібні e PCBs (*2) Макс.вміст у нг WHO PCDD/F- PCB-TEQ/кг (ppt) (*4) відносно корму з вмістом вологи 12%	Недіоксин.-подібні PCBs (*3) Макс.вміст у µг/кг (ppb) відносно корму з вмістом вологи 12% (*5)
Риб'ячий жир	5.0 □ 3.5 (пропозиція ЕС до WTO)	20.0 □ 12.0 (пропозиція ЕС до WTO)	175 □ зниження можливе, не вказано
Комбікорм для риби	1.75 □ 1.0 (пропозиція ЕС до WTO)	5.5 □ 2.0 (пропозиція ЕС до WTO)	40 □ зниження можливе, не вказано
Деталі *1, *2, *3, *4, *5: див. Таблицю 18 (Додаток I)			

Джерело: Поточні максимальні значення: Directive 2002/32EC ([191]); Пропоновані значення: нотифікація ЄС до СОТ ([192]).

З огляду на постійні досягнення у сфері розробки рецептур кормів та зменшення вмісту забруднюючих речовин, у 2023 році Європейська комісія (ЄК) повідомила Світову організацію торгівлі (СОТ) про свій намір знизити певні граничні значення для діоксинів та суми діоксинів і діоксиноподібних PCB.
Крім того, ЄК повідомила СОТ про свій намір знизити максимальні рівні для інших високожирних інгредієнтів морського походження, включаючи гідролізований рибний білок, що містить більше 20% жиру, та борошно з ракоподібних ([193]).
Крім того, ЄК повідомила про зниження порогу дії для діоксинів з 4,0 до 2,5 нг WHO-PCDD/F-TEQ/кг у риб'ячому жирі та з 1,25 до 0,75 нг WHO-PCDD/F-TEQ/кг у комбікормі для риб. Для діоксиноподібних PCB запропоновані зниження становлять від 11,0 до 8,0 нг WHO PCDD/F-PCB-TEQ/кг у риб'ячому жирі та від 2,5 до 1,25 нг WHO PCDD/F-PCB-TEQ/кг у комбінованих кормах для риб ([194]).

Слід зазначити, що пропозиція конкретних значень не є частиною цієї роботи і повинна бути результатом всебічної оцінки. Однак запропоновані ЄК обмеження для діоксинів та сукупної кількості діоксинів і діоксиноподібних PCB у риб'ячому жирі та комбінованих кормах для риб (див. таблицю 8) видаються обґрунтованими, зважаючи на істотне зниження рівня вмісту риб'ячого жиру в сучасних кормах для аквакультури, а також наявність ефективних технологій деконтамінації та стратегій постачання.

Хоча ЄК наразі не пропонує рекомендацій щодо зниження обмежень для недіоксиноподібних PCB, зниження цих значень, особливо в риб'ячому жирі та комбінованих рибних кормах, також видається можливим з зазначених причин і може бути розглянуто.

Рекомендується знизити поточні законодавчі значення для діоксинів та сукупної кількості діоксинів і діоксиноподібних PCB. Крім того, можна також розглянути можливість зниження значень для недіоксиноподібних PCB у риб'ячому жирі та комбінованих кормах для риб.

Поряд із цими запропонованими значеннями слід також знизити поточні порогові значення для діоксинів та сукупної кількості діоксинів і діоксиноподібних PCB.

Хоча визначення конкретних нижчих значень належить до компетенції відповідних органів, під час валідації було підтверджено, що подальше зниження поточних максимальних рівнів та порогових значень загалом видається обґрунтованим.

(191) World Trade Organisation Committee on Sanitary and Phytosanitary Measures (2023). Notification.
(192) World Trade Organisation Committee on Sanitary and Phytosanitary Measures (2023). Notification.
(193) World Trade Organisation Committee on Sanitary and Phytosanitary Measures (2023). Notification
(194) Santigosa et al. (2023). Algal oil gives control of long-chain omega-3 levels in full-cycle production of Atlantic salmon, without detriment to zootechnical performance and sensory characteristics. Journal of the World Aquaculture Society, 54(4). https://doi.org/10.1111/jwas.12947

3.3.4. Рівні включення водоростей

3.3.4.1. Оптимальні рівні включення вдоростей

У розглянутих джерелах було протестовано різні рівні включення інгредієнтів на основі водоростей. Статті, в яких досліджувалися дуже малі кількості інгредієнтів на основі водоростей, наприклад, ті, що використовуються як добавки, були виключені з аналізу, оскільки цей звіт зосереджується на заміні інгредієнтів на основі риби. Були розглянуті лише статті, в яких досліджувалося включення мінімум 3% водоростей.

На основі інтерв'ю та після оцінки літературних джерел загальні результати показали, що включення 3% або більше інгредієнтів на основі водоростей дозволить зберегти порівнянні показники FCR та SGR. Хоча корми, що містять водорості, можуть становити економічні виклики та мати певний вплив на навколишнє середовище, залежно від виробничої структури, вони також мають значні переваги, включаючи зменшення забруднення, стабільність цін та зменшення тиску на природні запаси риби. Оптимальний рівень включення водоростей до кормів для аквакультури залежить від балансу цих факторів та конкретних цілей, таких як сталість, якість риби та вимоги ринку. Тим не менш, проведений MCA показав, що включення щонайменше 3% водоростей до кормів для лососевих (сьомга і райдужна форель), а також для лаврака і доради, виявилося загалом вигідним у порівнянні з

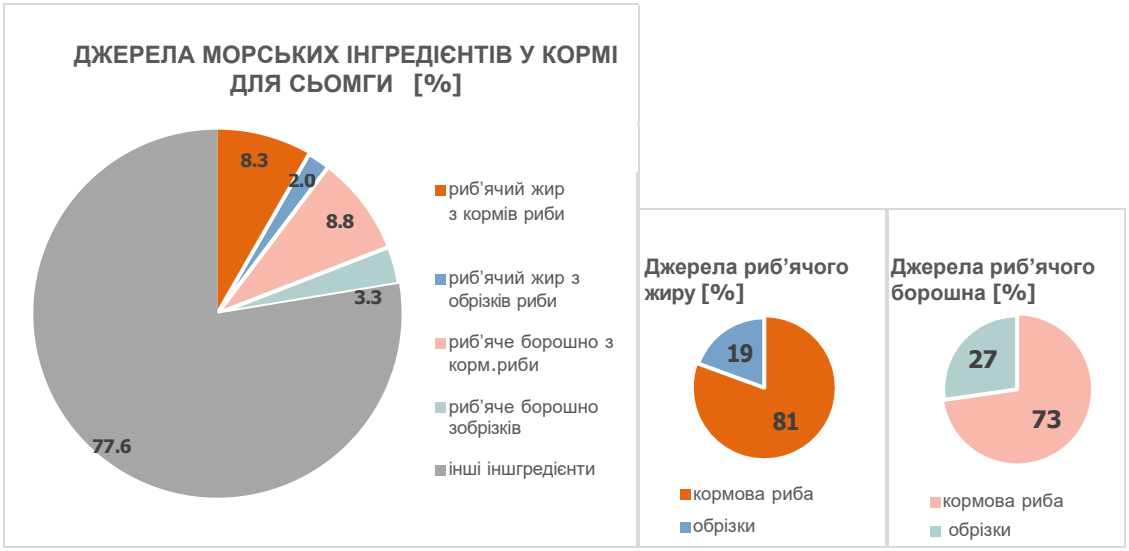
кормами без водоростей. Можлива навіть заміна всього риб'ячого жиру ([195]) або рибного борошна ([196]) ([197]). Це свідчить про те, що поточне використання риб'ячого жиру або рибного борошна з кормової риби може бути припинено, враховуючи, що частина риб'ячого жиру та рибного борошна вже походить з більш сталих, циркулярних підходів, включаючи використання побічних продуктів, таких як відходи ([198]). Тому акцент слід робити на включенні побічних продуктів переробки аквакультури разом з біодоступними інгредієнтами, отриманими з водоростей.

Хоча інгредієнти на основі риби, отримані з побічних продуктів, як правило, є більш сталими, ніж ті, що отримуються з кормової риби, важливо зазначити, що використання кормової риби для корму не є несталим за своєю суттю. Сталість побічних продуктів також залежить від різних факторів, включаючи джерела постачання, методи переробки та загальні практики управління.

(195) Nagappan et al. (2021). Potential of microalgae as a sustainable feed ingredient for aquaculture. *Journal of Biotechnology,* 342. https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.09.003
(196) Scholz, B. (2021). Northern Icelandic marine microalgae as health promoting multi-functional feed protein and lipid source for Atlantic salmon (Salmo salar) - A whole algae concept. http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.25481.98405
(197) Kreiss et al. (2020). Future Socio-Political Scenarios for Aquatic Resources in Europe: An Operationalized Framework for Aquaculture Projections. Front. Mar. Sci., 7. https://doi.org/10.3389/fmars.2020.568159
(198) Aas et al. (2022). Utilization of feed resources in the production of Atlantic salmon (Salmo

У 2020 році корм для норвезької сьомги містив в середньому 12,1% морського білка та 10,3% морських олій. З них 8,8% та 8,3% відповідно були отримані з кормової риби ([199]).

Рисунок 6 – Джерела морських інгредієнтів у кормах для норвезької сьомги 2020



Джерело: Креслення – за рис. з роботи Aas, Åsgård et al. ([200]).
Дві кругові діаграми праворуч показують частку відходів морського походження в морських джерелах олії та білка, що використовуються у кормі для лосося.

Якщо ці 8,8% рибного борошна та 8,3% риб'ячого жиру, отриманих з кормової риби, можна було б замінити водоростевим борошном та олією, решту можна було б покрити інгредієнтами на основі риби, отриманими з відходів, виходячи з даних за 2020 рік щодо корму для норвезького лосося. Корми для райдужної форелі мають поживний склад, порівнянний з кормом для лосося, а саме містять 13,4% рибного борошна і 10,8% риб'ячого жиру, з яких 9,5% і 8,4% відповідно отримують з кормової риби ([201]).

Як показано на рисунку 1 у розділі 2.1, корми для лаврака і доради містять подібну кількість риб'ячого жиру. Варто зазначити, що рівень включення рибного борошна майже вдвічі перевищує рівень у кормах для лососевих, які еволюціонували протягом багатьох років, дотримуючись принципів сталого розвитку. Можна припустити, що виробники кормів для аквакультури поступово замінять інгредієнти з кормової риби на відходи та альтернативні інгредієнти. Інгредієнти на основі риби в кормах для цих видів будуть замінені пропорційними кількостями. Це призведе до заміни приблизно 8% риб'ячого жиру та 18 % рибного борошна в загальному складі корму.

Важливо зазначити, що під час інтерв'ю виробники риби та кормів прогнозували, що використання водоростевої олії може зрости до 5% протягом наступних п'яти років, а вміст водоростевого борошна може досягти 3% за той самий період.

У довгостроковій перспективі додавання відповідної кількості інгредієнтів з водоростей – приблизно 10-15% для лосося і форелі та приблизно 20-25% для морського окуня і морського ляща – видається як доцільним, так і перспективним для підвищення екологічності майбутніх кормів для аквакультури.

Що стосується водоростевої олії, то вона цінується насамперед за вміст EPA та DHA. З огляду на те, що концентрація цих жирних кислот може значно відрізнятися в різних видах водоростевої олії, рівень EPA та DHA часто визначає відповідну кількість водоростевої олії, яку слід додавати до кормів для аквакультури. Інтерв'ю з експертами показали, що заміна риб'ячого жиру на водоростеву олію зазвичай не відбувається на основі 1:1, оскільки водоростева олія часто має більш високу концентрацію EPA та DHA. Як результат, для досягнення бажаного харчового ефекту потрібні лише невеликі кількості водоростевої олії. Конкретні мінімальні цілі щодо додавання EPA та DHA, що не походять з риби, будуть обговорені в наступному розділі.

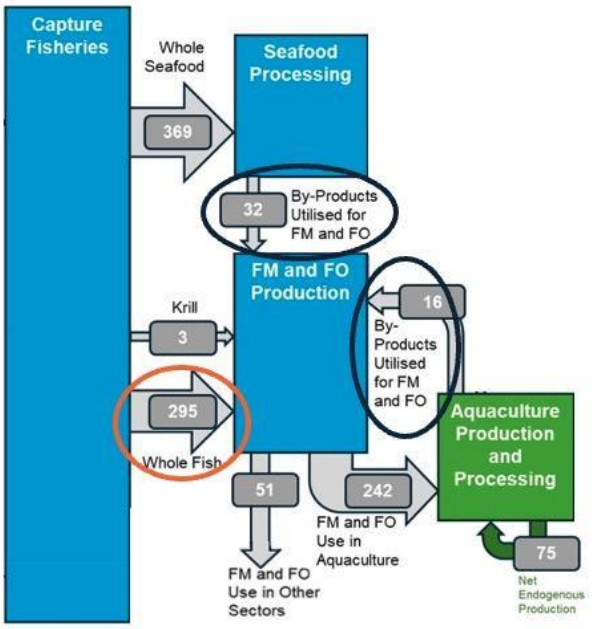
3.3.5. Рекомендації щодо мінімальних рівнів EPA і DHA з нерибних джерел у кормі для аквакультури

Комерційно доступні EPA та DHA в основному отримують з морських організмів. Промисловість з виробництва кормів для аквакультури продовжує в значній мірі покладатися на ці інгредієнти, особливо в кормах, розроблених для вирощуваних морських хижих риб та креветок. Незважаючи на постійні зусилля, спрямовані на пошук сталих альтернатив, багатих на поліненасичені жирні кислоти, в даний час в постачанні продовжують переважати морські джерела. Як показано на малюнку нижче, ціла кормова риба є основним джерелом риб'ячого жиру та рибного борошна, що становить приблизно 85% (295 кілотонн) поставок EPA та DHA. Натомість лише 14% (48 кілотонн) отримують з побічних продуктів, що походять з промисловості переробки морепродуктів та аквакультури.

---

(199) Aas et al. (2022). Utilization of feed resources in the production of Atlantic salmon (Salmo salar) in Norway: An update for 2020. Aquaculture Reports. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101316
(200) Aas et al. (2022). Utilization of feed resources in the production of Atlantic salmon (Salmo
(202) Brett et al. (2024). “Omega-3 Futures in Aquaculture: Exploring the Supply and Demands for Long-Chain Omega-3 Essential Fatty Acids by Aquaculture Species,” *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, September 2024, 1–50, https://doi.org/10.1080/23308249.2024.2388563.

Рисунок 7 – Модельовані глобальні потоки EPA and DHA для виробництва риб'ячого жиру та рибного борошна [кілотонни]



Джерело: Із змінами за Brett D. Glencross et al. (2024) ([202]), які у свою чергу використали дані Hamilton et al. (2020).

FM = рибне борошно; FO = риб’ячий жир

Встановлення мінімальних рівнів включення джерел EPA та DHA, що не походять з риби, до кормів для аквакультури є важливим першим кроком на шляху до зменшення залежності від дикої риби як джерела цих необхідних поживних речовин. З часом частка EPA та DHA з альтернативних джерел у кормах для аквакультури повинна збільшитися, потенційно замінивши, якщо не всю кількість, то принаймні значну частину того, що зараз надходить з дикої риби.

Рекомендується мінімальний рівень додавання 25% EPA та DHA з джерел, що не походять з риби. Під час процесу валідації всі зацікавлені сторони підтвердили, що це є реалістичним. Як показано на рисунку 2 у розділі 2.1, олії з альтернативних джерел вже становлять значну частку загального вмісту олії в кормі для аквакультури. Під час процесу валідації зацікавлені сторони підтвердили, що в деяких випадках такі рівні включення вже застосовуються. Насправді, деякі провідні компанії в галузі вирощування лосося вже застосовують мінімум 30% EPA та DHA з альтернативних джерел.

Хоча рекомендована мінімальна ціль у 25% може здаватися скромною для компаній, які вже додають водорості до кормів для аквакультури, це може не здаватися таким для тих, хто ще не перейшов на альтернативні джерела. Необхідно зважити інтереси всіх сторін. Хоча повна заміна EPA та DHA, отриманих з риби, на джерела з водоростей може бути технічно можливою, це може бути не обов'язково, оскільки побічні

продукти переробки морепродуктів та аквакультури залишаються цінним додатковим джерелом цих важливих жирних кислот.

Нинішні обмеження, пов'язані з сектором водоростей, полягають у нижчій виробничій потужності та вищих цінах порівняно з традиційними інгредієнтами, що унеможливлює великий попит у короткостроковій перспективі. Однак з погляду харчування водорості, багаті на EPA та DHA, є ідеальною заміною рибного борошна та риб'ячого жиру. Як показано в MCA, представленому в розділі 3.1, корми, що містять водорості, мають порівнянні, а в деяких аспектах навіть кращі характеристики, ніж традиційні корми. Переваги включають стабільність цін, нижчий рівень забруднення та зменшену залежність від продукції рибальства.

Вміст EPA та DHA значно варіюється між різними видами кормових риб і ще більш помітно між видами та штамами водоростей, як показано в таблиці 4 розділу 2.1.2. Примітно, що вміст EPA та DHA в конкретних штамах водоростей набагато вищий, ніж у рибі. Отже, кількість водоростевої олії, необхідна для досягнення таких самих рівнів EPA та DHA, як у риб’ячому жирі, є порівняно нижчою. На основі проведених інтерв'ю було підраховано, що для досягнення рівнів EPA та DHA у кормах, еквівалентних тим, що отримуються з риб'ячого жиру, потрібно лише дві третини кількості водоростевої олії. При націлюванні на 25% необхідного EPA та DHA з джерел, що не походять від риби, таких як водоростева олія, корм, який зазвичай містить 12% риб'ячого жиру, можна переформулювати так, щоб він містив лише 9% риб'ячого жиру, доповненого приблизно 2% водоростевої олії. Однак також доступні більш концентровані варіанти водоростевої олії, що дозволяють додавати 1,5% або менше для задоволення потреб риби, вирощеної в умовах фермерських господарств.

У таблиці 9 наведено вимоги до вмісту EPA та DHA у грамах на кілограм корму для основних видів риби, вирощеної в умовах фермерських господарств Європи, на різних стадіях розвитку, а також наслідки додавання 25% EPA та DHA, що не походять з риби.

Хоча початкова мінімальна мета щодо отримання 25% EPA та DHA у кормах для вирощування з джерел, що не походять від риби, здається досяжною, важливо зазначити, що це залишається лише рекомендованим мінімальним порогом. Цей мінімальний поріг слід переоцінити у міру розвитку ринку. Як оцінено в MCA, ціна на водоростеві олії все ще є відносно високою, що може стати перешкодою для підвищення порогу. Тому рекомендації в розділі 4 щодо фінансових стимулів слід розглядати в поєднанні з цими цілями. Більше того, прогнозується, що не тільки сектор аквакультури, але й ринок водоростевої олії продовжуватимуть зростати, що дозволить збільшити частку включення в майбутньому в міру зростання доступності та зниження цін.

Таблиця 9 – Орієнтовні вимоги до EPA, DHA та EPA + DHA для окремих видів та рекомендована мінімальна ціль для заміни EPA та DHA, що не походять з риби [г/кг їжі]

Вид	Вага риби (г)*	EPA	DHA	EPA + DHA**	Мінімальна ціль для EPA+DHA, що не походять з риби (заміщення 25%)
Сьомга (*Salmo salar*)	< 0.5	6	18	24	6.0
	0.5-2	7	15	22	5.5
	2-5	8	14	21	5.3
	5-15	9	12	20	5.0
	15-50	9	11	20	5.0
	50-200	9	9	18	4.5
	200-500	9	9	17	4.3
	500-1000	9	9	17	4.3
	1000-2000	8	8	17	4.3
	2000-4000	7	7	15	3.8
Лаврак (*Dicentrarchus labrax*)	< 0.5	9	9	17	4.3
	0.5—2	8	8	16	4.0
	2-10	7	7	14	3.5
	10-50	6	6	12	3.0
	50-200	6	6	11	2.8
	200-500	5	5	10	2.5
	500-1000	5	5	9	2.3
Дорада (*Sparus aurata*)	< 0.5	7	14	20	5.0
	0.5-2	8	12	20	5.0
	2-10	9	10	19	4.8
	10-50	10	7	16	4.0
	50-200	10	5	15	3.8
	200-500	10	5	15	3.8
	500-1000	10	5	15	3.8
Райд.пструг (*Oncorhynchus mykiss*)	Очікується, що значення для райдужної форелі (також лососевої риби) будуть схожими на ті, що вказані для сьомги.				

* Хоча індивідуальна класифікація може відрізнятися, розміри, виділені жирним шрифтом у цьому списку, зазвичай вважаються галуззю етапом росту для цих видів. (жирне виділення базувалося на специфікаціях кормів від AllerAqua для кормів на стадії вирощування)

** EPA Вважалося, що співвідношення DHA + EPA становить 1:1, якщо не було протилежних доказів. Вважалося, що потреби в EPA та DHA дорівнюють 50% від загальних потреб в EPA + DHA.

Джерело: Glencross et al. (2024) ([203]).

3.4. Висновки

Підсумовуючи, корми, що містять водорості, є привабливою альтернативою традиційним аквакорму. Вони мають низку переваг, зокрема покращують якість риби та стабілізують ціни. Важливо, що вони сприяють більшій екологічній сталості, зменшуючи залежність від кормової риби. Навіть мінімальне додавання водоростей може значно знизити коефіцієнт залежності від кормової риби (FFDR), зменшивши тиск на природні рибні запаси, багато з яких вже надмірно виловлюються або вичерпані. У гіпотетичному прикладі розрахунку включення 5 % водоростей може зменшити FFDR на 32 % (лососеві) і 26 % (морські риби) (див. Додаток II). Крім того, заміна інгредієнтів на основі риби на водорості може призвести до значного зменшення шкідливих забруднювачів, таких як PCB та діоксини. Повна заміна риб'ячого жиру на водорості призвела до зменшення діоксинів та фуранів на 70% та діоксиноподібних PCB на 79% ([204]).

Наразі висока вартість кормових інгредієнтів на основі водоростей залишається основною перешкодою для їх широкого використання. Хоча ціни на інгредієнти на основі риби можуть значно відрізнятися, а ціни на водоростеву олію варіюються залежно від їх концентрації, загальна ціна кормів, що містять водорості, в середньому приблизно на 10% вища порівняно з кормами без альтернативних інгредієнтів. Крім того, для забезпечення сталого виробництва водоростей необхідний подальший розвиток технологій їх вирощування та переробки. MCA, включений до цього звіту, демонструє, що повна заміна риб'ячого жиру або рибного борошна значною часткою водоростей є технічно здійсненною та вигідною. Однак більш прагматична та швидко реалізована стратегія може передбачати поєднання інгредієнтів на основі водоростей із рибним борошном та риб'ячим жиром, отриманими з екологічно чистих джерел, зокрема з побічних продуктів аквакультури.

Хоча корми на основі комах також мають свої переваги, вони продовжують стикатися з проблемами, пов'язаними з масштабованістю, вартістю виробництва та нестабільністю цін. Тим не менш, підтримка розвитку інгредієнтів на основі комах – як доповнення до водоростей – може розширити асортимент сталих кормових варіантів для сектора аквакультури.

Заохочення до зниження значень FFDR та перегляд поточних максимальних обмежень для таких забруднювачів, як PCB та діоксини, є важливими кроками для забезпечення використання високоякісних інгредієнтів у кормах. Одночасно встановлення мінімальних цільових показників для EPA та DHA нерибного походження в кормі для аквакультури може прискорити перехід до альтернативних джерел. Інгредієнти з

(203) Glencross, B. D., Bachis, E., Betancor, M. B., Calder, P., Liland, N., Newton, R., & Ruyter, B. (2024). Omega-3 Futures in Aquaculture: Exploring the Supply and Demands for Long-Chain Omega-3 Essential Fatty Acids by Aquaculture Species. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, *33*(2), 167–216. https://doi.org/10.1080/23308249.2024.2388563

(204) Zatti et al. (2023). “Full Replacement of Fish Oil with Algae Oil in Farmed Atlantic Salmon (*Salmo Salar*) – Debottlenecking Omega 3.” Aquaculture, 574, https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739653

водоростей мають всі можливості для досягнення цих цілей. Поступова інтеграція водоростей у корм для аквакультури не тільки зміцнить ринок водоростей, але й сприятиме подоланню очікуваного дефіциту поставок, що виникає внаслідок постійного зростання світової аквакультури.

Галузь залишається оптимістичною щодо досягнення рівня включення близько 5% водоростевої олії в корми для аквакультури протягом найближчих п'яти років. Хоча водоростеве борошно ще не широко використовується в аквакультурі, включення до 3% все ж може бути можливим протягом того ж періоду. З огляду на їх потенціал замінити як риб'ячий жир, так і рибне борошно, можна розумно передбачити, що в довгостроковій перспективі можна досягти значно вищих рівнів включення. Якщо замінити всі інгредієнти на основі кормової риби, що використовуються на даний момент, теоретичний рівень включення може досягти приблизно 10–15% у кормах для лосося та форелі та 20–25% у кормах для лаврака та доради. Більша частка в останньому випадку відображає більшу залежність їх раціону від інгредієнтів на основі риби (див. рисунок 1 з розділу 2.1). Однак очікується, що економічні обмеження значно затримають терміни досягнення таких високих рівнів включення, особливо у випадку лаврака та доради.

Що стосується незамінних жирних кислот, зокрема EPA та DHA, то, як видається, можливо забезпечити щонайменше 25 % загальної потреби в раціоні з джерел, що не походять з риби. Залежно від виду та стадії виробництва, це дорівнює приблизно 2,3–4,5 грамам EPA+DHA на кілограм корму для вирощування відповідних видів риб. Слід також зазначити, що концентрація омега-3 жирних кислот в олії водоростей зазвичай набагато вища, ніж у риб'ячому жирі. Це дозволяє включати невеликі кількості олії водоростей у рецептури кормів, досягаючи при цьому тих самих поживних переваг, що призводить до більш ефективного використання простору в кормі. За оцінками, риб'ячий жир можна замінити олією водоростей у співвідношенні 3:2, але, за словами опитаних зацікавлених сторін, можливі навіть вищі концентрації.

Отже, інгредієнти з водоростей мають значний потенціал як альтернатива риб'ячому жиру та рибному борошну в кормі для аквакультури, пропонуючи шлях до більш сталої аквакультури. Для підтримки їх більш широкого впровадження рекомендується вжити таких заходів, як встановлення мінімальних цілей для EPA+DHA, що не походять з риби, сприяння зниженню коефіцієнта залежності від кормової риби (FFDR) та посилення вимог до допустимого рівня забруднюючих речовин у кормі для аквакультури. Ці заходи є як практичними, так і необхідними для прискорення інтеграції інгредієнтів з водоростей у практику аквакультури.

4. Економічна доцільність/життєздатність

Економічна життєздатність кормів, що містять водорості, є критичним фактором, що впливає на їх впровадження в секторі аквакультури. Економічні показники кормів, що містять водорості, порівняно з іншими варіантами кормів були проаналізовані в MCA, зокрема в розділі 3.1.4.2. Наразі виробництво кормів, що містять водорості, загалом є дорожчим, ніж стандартних кормів, що зазвичай призводить до збільшення загальних виробничих витрат та ціни приблизно на 10%. Таким чином, фінансова підтримка є важливою для того, щоб галузь могла масштабуватися та підвищувати конкурентоспроможність. Незважаючи на вищі початкові витрати, корми на основі водоростей пропонують більшу цінову стабільність порівняно зі звичайними кормами, які схильні до коливань на ринках рибного борошна та риб'ячого жиру. Ця стабільність зменшує вплив перебоїв у ланцюжку поставок та раптових стрибків цін. Цільова фінансова підтримка може допомогти скоротити розрив у витратах, стимулювати інновації та сприяти більш сталому та стійкому сектору аквакультури, зменшуючи залежність від інгредієнтів морського походження.

Оцінка фінансової стійкості цього альтернативного джерела кормів вимагає комплексного аналізу структури витрат, фінансових стимулів та переважаючих ринкових умов. У цьому розділі оцінюється економічна доцільність кормів на основі водоростей крізь призму фінансових стимулів, визнаючи, що перехід до таких кормів залежить не лише від прямої економічної ефективності, але й від наявності підтримуючих механізмів фінансування.

Аналіз починається з розгляду фінансових стимулів, що використовуються в інших секторах первинного виробництва, з особливим акцентом на сільське господарство. Це пропонує цінну інформацію про встановлені політичні інструменти, які успішно сприяли переходу до сталого розвитку, потенційно надаючи корисні уроки для сектору аквакультури. Далі в розділі досліджуються фінансові стимули, спеціально розроблені для аквакультури. Підхід спочатку розглядає політичні зобов'язання в рамках Європейської зеленої угоди, щоб визначити, які рамки фінансової підтримки відповідають цілям сталого розвитку в секторі аквакультури. Потім аналіз поширюється на фінансові механізми, які були впроваджені або запропоновані в секторі аквакультури, оцінюючи їхню ефективність та придатність для сприяння впровадженню кормів, що містять водорості.

4.1. Фінансові стимули для виробництва кормів для риб на основі водоростей

4.1.1. Стратегії та системи фінансових стимулів, що використовуються в сільськогосподарському секторі

Фінансові стимули вже давно є основою політичних заходів, спрямованих на просування сталих практик у секторах первинного виробництва, зокрема в сільському господарстві. Ці механізми мають на меті узгодити економічні та екологічні цілі, забезпечуючи виробникам можливість переходу до більш сталих методів без надмірного фінансового навантаження. ЄС запровадив низку фінансових стимулів для заохочення сталого сільського господарства в рамках Спільної сільськогосподарської політики (CAP) та Європейської зеленої угоди. Ці стимули поділяються на п'ять

основних категорій: пряма фінансова підтримка, ринкові інструменти, інструменти торговельної політики, інструменти розподілу ризиків та механізми підтримки. Більш детальний аналіз цих фінансових стимулів наведено в Додатку IV. У розділі 9.9 Додатку наведено огляд та пояснення кожного інструменту, а в розділі 9.10 описано, як ці стратегії та системи фінансових стимулів застосовуються в секторі первинного виробництва.

4.1.2. Вивчення можливостей фінансового стимулювання використання кормів для риб на основі водоростей

Для оцінки фінансових стимулів, що мають значення для сектору аквакультури, у цьому розділі спочатку визначаються політичні зобов'язання та механізми фінансування, викладені в Європейській зеленій угоді. Ці зобов'язання висвітлюють ключові пріоритетні напрямки фінансової підтримки та відображають більш широкі цілі ЄС у сфері сталого розвитку, що стосуються продовольчих систем. Далі в розділі розглядаються фінансові стимули, які були впроваджені або запропоновані спеціально для аквакультури, з урахуванням як існуючих механізмів, так і потенційних нових інструментів, які могли б поліпшити економічну життєздатність кормів, що містять водорості.

4.1.2.1. Фінансові інструменти та стимули у Зеленій угоді ЄС

Європейська зелена угода — це амбітна стратегія, спрямована на забезпечення сталого розвитку економіки ЄС у всіх секторах. Для реалізації своїх цілей Європейська комісія зобов'язалася мобілізувати щонайменше €1 трлн у вигляді стабільних інвестицій протягом наступного десятиліття. На підтримку цієї мети в рамках Зеленої угоди та пов'язаних з нею нормативних актів було запроваджено низку фінансових інструментів та стимулів, покликаних спрямувати державний і приватний капітал на сталу діяльність у різних секторах. Деякі з цих інструментів спеціально спрямовані на сталі продовольчі системи і обіцяють сприяти екологічній сталості в секторі аквакультури, зокрема шляхом заохочення збільшення виробництва та використання кормів, що містять водорості.
Значна частина бюджету ЄС була виділена на підтримку цілей Зеленої угоди. Зокрема, 30 % багаторічного бюджету ЄС (2021-2027 рр.) та інструменту відновлення ЄС NextGenerationEU (NGEU) було виділено на сталі інвестиції в ключові сектори. Крім того, в рамках Механізму відновлення та стійкості (RRF) держави-члени повинні виділити щонайменше 37 % з €672,5 млрд на цілі, пов’язані з кліматом.

На додаток до державного фінансування, Зелений курс робить значний акцент на мобілізації приватних фінансових ресурсів для досягнення цілей сталого розвитку. Програма InvestEU відіграє ключову роль у цих зусиллях, надаючи гарантії та позики для зменшення інвестиційних ризиків, причому щонайменше 30 % її фінансування

спрямовується на проекти, пов’язані з кліматом. Таким чином, InvestEU може стати ключовим інструментом фінансування сталої аквакультури, особливо для малих і середніх підприємств (SME), які можуть зіткнутися з проблемами доступу до традиційного фінансування. Спеціальна схема справедливого переходу в рамках InvestEU надає додаткову підтримку регіонам, які переходять на сталі практики, забезпечуючи інклюзивність у процесі зеленого переходу.

Система сталого фінансування ЄС є основою стратегії Комісії щодо спрямування приватного капіталу на екологічно сталі проекти. В основі таксономії ЄС для сталого розвитку лежить чітка система класифікації зелених інвестицій, яка допомагає інвесторам визначати можливості, що відповідають цілям Зеленого курсу. Таксономія визначає критерії для економічної діяльності, яка сприяє пом’якшенню наслідків зміни клімату, адаптації до них та досягненню інших екологічних цілей. Хоча таксономія наразі не включає безпосередньо діяльність у сфері сталої аквакультури, майбутні делеговані акти можуть розширити її сферу застосування, включивши такі заходи, тим самим відкривши додаткові можливості зеленого фінансування для цього сектору.
Окремі нормативні акти та ініціативи, що стосуються аквакультури та виникли в результаті впровадження Зеленого курсу, запровадили низку фінансових інструментів та стимулів, спеціально розроблених для підтримки сталого розвитку та впровадження інноваційних рішень. Одним із найпряміших способів підтримки сталого розвитку аквакультури з боку ЄС є спеціальні програми фінансування. Європейський фонд мореплавства, рибальства та аквакультури (EMFAF) надає фінансову підтримку сталій аквакультурі в рамках своїх більш широких цілей щодо сприяння сталому розвитку рибальства, аквакультури та морської економіки. EMFAF сприяє досягненню цілей Європейського зеленого курсу, підтримуючи ініціативи, що підвищують екологічну стійкість, ефективність використання ресурсів та інновації в аквакультурі.
Окрім прямих виплат, фіскальні інструменти також відіграють важливу роль у заохоченні сталих практик. Європейський зелений курс особливо наголошує на важливості екологізації національних бюджетів та узгодження цінових сигналів через податкову реформу. Це включає поступове скасування субсидій для екологічно шкідливих видів діяльності, таких як підтримка викопних видів палива, та запровадження податкових стимулів, що сприяють впровадженню сталих продуктів та практик. Переглянута Директива про ПДВ (EU 2022/542) дозволяє державам-членам застосовувати знижені ставки ПДВ до екологічно чистих продуктів, включаючи органічні та стало вироблені харчові продукти.

Схеми сертифікації та маркування відіграють вирішальну роль у просуванні сталого розвитку, створюючи ринкові стимули для екологічно чистих продуктів. Стратегія Від ферми до виделки та План дій щодо циркулярної економіки (CEAP)

підкреслюють важливість сертифікації та маркування для висвітлення показників сталого розвитку (харчових) продуктів. ЄС продовжує досліджувати потенціал кредитів на блакитний вуглець для стимулювання послуг із захоплення вуглецю, що

надаються аквакультурою, наприклад, вирощуванням водоростей. Стратегія Від ферми до виделки також містить положення щодо заходів з просування, спрямованих на підвищення обізнаності споживачів та збільшення попиту на сталі харчові продукти, створюючи додаткові ринкові стимули для виробників до впровадження екологічно чистих практик. Нарешті, дослідження та інновації відіграють ключову роль у Зеленому курсі. Обрій Європа (Horizon Europe), флагманська програма ЄС з досліджень та інновацій, пропонує гранти для проектів, спрямованих на сталі харчові системи, включаючи розробку альтернативних кормів.

4.1.2.2. Види стимулів для використання кормів для риб на основі водоростей у сталій аквакультурі

Фінансові та регуляторні стимули продемонстрували значний потенціал у сприянні переходу аквакультури до більшої сталості в усій Європі, а кілька ініціатив вже дали відчутні результати. Серед них особливо ефективними виявилися гнучкі системи ліцензування, що поєднують екологічні гарантії з механізмами, які реагують на ринкові зміни, з метою сприяння впровадженню сталих технологій. Одним із помітних прикладів є норвезька схема ліцензування екотехнологій, яка використовує критерії, засновані на результатах діяльності, та стимули для інновацій з метою зменшення впливу на довкілля, одночасно забезпечуючи постійне зростання галузі. У текстовому полі нижче показано, як ця модель була реалізована на практиці.

Тематичне дослідження: Еко-технологічні ліцензії Норвегії

Підхід Норвегії до ліцензування аквакультури продемонстрував, як ретельно розроблені регуляторні стимули можуть сприяти значним екологічним поліпшенням, зберігаючи при цьому конкурентоспроможність галузі. З моменту їх введення в 2021 році, ліцензії на екотехнології в країні створили ринковий механізм, який винагороджує технологічні інновації та екологічну ефективність ([205]). Ці спеціалізовані дозволи функціонують як міст між експериментальними дослідженнями та повноцінною комерційною діяльністю, вимагаючи від власників ліцензій впровадження інноваційних рішень, що відповідають на критичні виклики сталого розвитку ([206]).

Норвезька система функціонує на основі конкурентного процесу розподілу, в рамках якого ліцензії надаються заявникам, які пропонують значні інновації та інвестиції в технології, що можуть сприяти вирішенню однієї або декількох екологічних проблем та проблем у галузі, з якими стикається аквакультурна галузь. Особливо інноваційним у цій системі є метод оцінювання, за яким оператори отримують "бали за інновації" за впровадження конкретних екологічних заходів безпеки ([207]).

Результати впровадження через три роки свідчать про значні екологічні переваги: на ліцензованих фермах забруднення морського дна зменшилося на 40-60 % порівняно з

традиційними господарствами ([208]). Ця програма успішно стимулювала трансформацію ринку, створивши преміальний сегмент для екологічно сертифікованого лосося, ціна на який на 15-20 % вища ([209]). Вона також прискорила впровадження систем рециркуляційної аквакультури (RAS), причому дванадцять нових об'єктів RAS було створено спеціально для виконання ліцензійних вимог ([210]). Рішення про надання цих ліцензій безкоштовно для підприємств RAS виявилося особливо ефективним в усуненні бар'єрів, пов'язаних з витратами, для дрібних операторів і стартапів.

Однак досвід Норвегії також висвітлює кілька проблем із впровадженням. Складний процес подання заявок створив значне адміністративне навантаження, що затримало видачу ліцензій на 12-18 місяців у перших раундах ([211]). Також висловлювалися занепокоєння щодо швидкої технологічної трансформації сектору, яка може підірвати конкурентну позицію Норвегії, маргіналізуючи учасників, які не мають ресурсів для інвестицій у НДДКР або впровадження складних нових систем ([212]).
Окрім пільгового ліцензування, існує низка фінансових інструментів, які можуть стимулювати впровадження сталих практик аквакультури, зокрема використання кормів, що містять водорості. Зазначені нижче інструменти, взяті з наукової літератури та політики ЄС, є найбільш перспективними підходами, доступними на даний момент. Ці стимули мають на меті зменшити фінансові ризики впровадження стійких практик, заохотити інновації та створити ринковий попит на екологічно чисті продукти. Вони класифіковані за тією ж типологією, що застосовується до сільськогосподарських стимулів (див. Розділ 4.1.1 та Додаток IV).

---

(205) European Commission (2024). "COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT Implementing the Strategic Guidelines for EU Aquaculture Regulatory and Administrative Framework for Aquaculture". Available here.
(206) Afewerki et al. (2023). "Innovation Policy in the Norwegian Aquaculture Industry: Reshaping Aquaculture Production Innovation Networks," *Marine Policy* 152. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105624
(207) Osmundsen et al. (2022). "Aquaculture Policy: Designing Licenses for Environmental Regulation," *Marine Policy* 138. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.104978
(208) Afewerki et al. (2023). "Innovation Policy in the Norwegian Aquaculture Industry: Reshaping Aquaculture Production Innovation Networks," *Marine Policy* 152. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105624
(209) Osmundsen et al. (2022). "Aquaculture Policy: Designing Licenses for Environmental Regulation," *Marine Policy* 138. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.104978
(210) SUBMARINER Network For Blue Growth EEIG, "Policy Recommendations for Innovation and Market Access Barriers in the RAS Sector within the Baltic Sea Region". Available here.
(211) Osmundsen et al. (2022). "Aquaculture Policy: Designing Licenses for Environmental Regulation," *Marine Policy* 138. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.104978
(212) Afewerki et al. (2023). "Innovation Policy in the Norwegian Aquaculture Industry: Reshaping AquacultureProduction Innovation Networks," *Marine Policy* 152. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105624

Пряма фінансова підтримка

Субсидії та пряме фінансування є одними з найбільш обговорюваних фінансових стимулів у літературі. Уряди та міжнародні організації часто надають гранти або субсидії для компенсації високих початкових витрат на перехід до сталого виробництва, що робить його більш доступним для виробників, особливо малих та середніх підприємств (SME), та більш конкурентоспроможним порівняно з традиційними альтернативами. Як показано в Додатку IV, CAP підтримує впровадження сталих практик через агроекологічні та кліматичні заходи, еко-схеми та програми розвитку сільських територій за допомогою субсидій та прямих виплат, тоді як EMFAF надає цільові субсидії для сприяння інноваціям та впровадженню сталих практик аквакультури. Зменшуючи різницю у витратах, субсидії можуть прискорити темпи впровадження та підтримати виробників під час перехідного періоду.
Основним механізмом впливу прямих субсидій є зниження витрат, що дозволяє виробникам інвестувати в сталі корми без фінансових втрат. Субсидії успішно використовуються в сільському господарстві для просування екологічно чистих практик, що демонструє їх потенціал для аквакультури.
Однією з ключових переваг прямих субсидій є їх здатність надавати негайну фінансову допомогу, гарантуючи, що цілі сталого розвитку не досягаються за рахунок економічної життєздатності. Крім того, субсидії можуть бути розроблені з умовними вимогами, що гарантують дотримання отримувачами критеріїв сталого розвитку. Однак головним недоліком є фінансове навантаження на державний бюджет, а неправильно розроблені субсидії можуть призвести до викривлення ринку, створюючи залежності, які можуть бути несталими в довгостроковій перспективі.

Інвестиції в НДДКР мають вирішальне значення для підвищення економічної ефективності та поживної цінності кормів для риб на основі водоростей. Гранти на дослідження і розробки, спрямовані на виробників кормів, університети та науково-дослідні інститути, можуть стимулювати інновації та масштабування технологій виробництва. Механізм впливу грантів на дослідження і розробки полягає у сприянні технологічному прогресу, зниженні виробничих витрат з часом та підвищенні комерційної привабливості кормів.
Однією з ключових переваг фінансування НДДКР є його потенціал для отримання довгострокових вигод шляхом усунення існуючих перешкод для впровадження. Інновації у вирощуванні водоростей, ефективності їх переробки та формуванні кормів можуть зробити корми на основі водоростей життєздатною альтернативою традиційним кормам, що містять рибне борошно та риб'ячий жир. Однак головним недоліком є часовий лаг між інвестиціями та впливом на ринок, оскільки для перетворення наукових проривів у комерційно життєздатні продукти потрібні роки.

Ринкові інструменти

Схеми сертифікації та екологічні маркування, такі як Наглядової ради з аквакультури (ASC) та Морської наглядової радиа (MSC), часто обговорюються в літературі як ринкові стимули для сталого розвитку аквакультури. Ці сертифікати дозволяють виробникам отримати доступ до преміальних ринків і встановлювати вищі ціни на свою продукцію, створюючи фінансовий стимул для впровадження сталих практик. Виробники, які відповідають суворим екологічним та соціальним стандартам, необхідним для сертифікації, можуть диференціювати свою продукцію на ринку, залучати екологічно свідомих споживачів та встановлювати вищі ціни ([213]). Більші виробники готові інвестувати в сертифікацію та екологічні маркування, щоб отримати конкурентну перевагу над іншими рибоводами та уникнути майбутньої невідповідності більш суворим вимогам ринку ([214]). Однак для дрібних виробників сертифікація може бути невигідним варіантом, навіть за наявності високого ринкового попиту, оскільки складності та витрати, пов'язані з сертифікацією, обмежують можливість дрібних виробників отримувати вигоду від преміальних цін ([215]). Переробники та роздрібні продавці риби, вирощеної в рибних господарствах, також відіграють важливу роль у просуванні сертифікації та впровадженні екологічних маркувань, оскільки вони часто вимагають сертифікації від своїх постачальників, мотивовані можливістю отримати конкурентну перевагу та отримати або зберегти доступ до певних ринків ([216]). Однак вимоги до сертифікації та екологічного маркування іноді сприймаються як недостатні або нерелевантні для вирішення проблеми негативного впливу аквакультури в місцевому контексті ([217]).

Податкові стимули є ще одним важливим інструментом сприяння сталому розвитку аквакультури (218). Податкові стимули, такі як знижені ставки ПДВ (наприклад, через переглянуту Директиву ЄС 2022/542 про ПДВ) або податкові пільги для виробників кормів, які використовують інгредієнти на основі водоростей, можуть знизити виробничі витрати та заохотити інвестиції в сталі альтернативи. Механізм дії податкових стимулів полягає у зниженні витрат, стимулюванні попиту та пропозиції на сталі корми. Література свідчить, що зниження податків на екологічно чисті практики або продукти може стимулювати виробників до впровадження сталих методів. Крім того, екологічні податки або збори за забруднення можуть стримувати несталі практики, такі як надмірне скидання поживних речовин або використання

(213) Jonell et al. (2016). "Eco-Labeled Seafood: Determinants for (Blue) Green Consumption," *Sustainability,* 8(9). https://doi.org/10.3390/su8090884

(214) Chikudza et al. (2020). "Producer Perceptions of the Incentives and Challenges of Adopting Ecolabels in the European Finfish Aquaculture Industry: A Q-Methodology Approach," *Marine Policy* 121, 104176. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104176

(215) Chikudza et al. (2020). "Producer Perceptions of the Incentives and Challenges of Adopting Ecolabels in the European Finfish Aquaculture Industry: A Q-Methodology Approach," *Marine Policy* 121, 104176. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104176

(216) Olsen et al. (2021). "Certifying the Public Image? Reputational Gains of Certification in Norwegian Salmon Aquaculture," *Aquaculture,* 542. 736900. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736900

шкідливих хімікатів. Завдяки інтерналізації екологічних витрат аквакультури ці фіскальні політики створюють економічні стимули для виробників до впровадження чистіших та ефективніших практик. Наприклад, з 2013 року Данія застосовує податок на використання пестицидів, згідно з яким найбільш шкідливі пестициди обкладаються вищими податками, що стимулює фермерів переходити на менш токсичні альтернативи. Головною перевагою податкових стимулів є їх здатність заохочувати інвестиції приватного сектора без прямих державних витрат. Вони забезпечують довгострокову підтримку без необхідності постійних фінансових витрат, що робить їх фінансово сталими. Однак податкові стимули можуть бути менш ефективними на ринках, де початкові інвестиційні витрати є надто високими, а їхній вплив залежить від того, як підприємства та виробники реагують на фінансові стимули.

Концепція оплати за екосистемні послуги (PES) набула популярності в літературі як фінансовий стимул для сталого розвитку аквакультури. Схеми PES компенсують виробникам екологічні вигоди, які вони створюють, такі як поглинання вуглецю, очищення води або збереження біорізноманіття. Наприклад, вирощування мікроводоростей може надавати такі екосистемні послуги, як поглинання вуглецю та видалення поживних речовин зі стічних вод, а схеми PES можуть потенційно винагороджувати виробників за надання цих екологічних вигод (219). Схеми PES можуть фінансуватися урядами, неурядовими організаціями (НУО) або приватними структурами і надають виробникам прямий фінансовий стимул для впровадження практик, що покращують стан екосистеми. PES може покращити екологічні результати, одночасно створюючи додаткові джерела доходу для рибоводів. Однак встановлення вимірюваних критеріїв та забезпечення ефективного моніторингу може бути складним завданням.

Інструменти розподілу ризиків

Зелені/блакитні облігації/бонди та інші інструменти сталого фінансування все частіше розглядаються як засоби фінансування проектів у сфері сталої аквакультури. Зелені/блакитні облігації/бонди дають інвесторам можливість підтримувати екологічні ініціативи, такі як розвиток систем сталої аквакультури або виробництво кормів, що містять водорості. Кошти, отримані від цих

(217) Amundsen & Osmundsen (2020). "Becoming Certified, Becoming Sustainable? Improvements from Aquaculture Certification Schemes as Experienced by Those Certified," *Marine Policy* 119, 104097. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104097
(218) Hishamunda et al. (2014). "Policy and Governance in Aquaculture Lessons Learned and Way Forward" (FAO). Available here.
(219) Linus Hasselström and Fredrik Gröndahl (2021). "Payments for Nutrient Uptake in the Blue Bioeconomy – When to Be Careful and When to Go for It," *Marine Pollution Bulletin* 167, 112321, https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112321
(220) FAO (2020). "FAO's Blue Growth Initiative: Blue Finance Guidance Notes Impact Investment," Available here.

облігацій/бондів, можуть бути використані для фінансування проектів, що зменшують вплив на довкілля та сприяють ефективному використанню ресурсів ([220]). Наприклад, 2 квітня 2025 року Європейський інвестиційний банк (ЄІБ) випустив зелені облігації на суму €3 млрд відповідно до нового Європейського стандарту зелених облігацій, а доходи від них були призначені для проектів, які суттєво сприяють досягненню кліматичних та екологічних цілей ЄС, таких як чиста енергія, сталий транспорт та водна інфраструктура.

Окрім облігацій, імпакт-інвестування та змішане фінансування відкривають значні можливості для залучення приватного капіталу в сталий аквакультурний сектор. Хоча історично ці інструменти приділяли обмежену увагу в контексті сталого рибальства та аквакультури ([221]), їх потенціал щодо зменшення інвестиційних ризиків та підтримки інноваційних проектів є значним. Імпакт-інвестування має на меті генерувати позитивні соціальні та екологічні вигоди поряд з фінансовою віддачею, що робить його придатним для фінансування ініціатив у сфері сталої аквакультури. За даними ФАО, існує значна можливість залучити $500 млрд імпакт-інвестиційного капіталу для підтримки «блакитної економіки», включаючи сталу аквакультуру ([222]). Змішане фінансування, яке поєднує державні та приватні інвестиції, може ще більше зменшити ризики та підвищити привабливість проектів сталого розвитку аквакультури для приватних інвесторів ([223]). Такі інструменти, включаючи облігації, інвестиції з соціальним ефектом та змішане фінансування, можуть сприяти довгостроковому фінансуванню та зростанню сектору, але вимагають міцних механізмів управління для забезпечення ефективного розподілу коштів.

Механізми підтримки

Споживчий попит на екологічно чисті морепродукти є потужним фінансовим стимулом для виробників аквакультури. У літературі підкреслюється роль екологічних маркувань та кампаній з підвищення обізнаності споживачів у стимулюванні попиту на екологічно чисті морепродукти. Обираючи сертифіковані продукти, споживачі можуть створити ринкові стимули для виробників до впровадження екологічно чистих практик ([224]).

---

(221) Sumaila et al. (2021). "Financing a Sustainable Ocean Economy," *Nature Communications* 12, no. 1: 3259. https://doi.org/10.1038/s41467-021-23168-y

(222) FAO (2020). "FAO's Blue Growth Initiative: Blue Finance Guidance Notes Impact Investment," Available here.

(223) FAO (2020). "FAO's Blue Growth Initiative: Blue Finance Guidance Notes Impact Investment," Available here.

(224) Hallstein & Villas-Boas (2013). "Can Household Consumers Save the Wild Fish? Lessons from a Sustainable Seafood Advisory," *Journal of Environmental Economics and Management* 66, no. 1: 52–71. https://doi.org/10.1016/j.jeem.2013.01.003

(225) Sumaila et al. (2021). "Financing a Sustainable Ocean Economy," *Nature Communications* 12, no. 1: 3259. https://doi.org/10.1038/s41467-021-23168-y

Фінансування сталої економіки океану, включаючи аквакультуру, стикається з постійними проблемами, що виникають через невідповідність політичних рамок, обмежену кількість проектів, придатних для інвестування, та підвищену оцінку ризиків

4.1.3. Можливість реалізації та рекомендації щодо фінансових стимулів

([225]). Для подолання цих бар'єрів та конкретного сприяння впровадженню кормів, що містять водорості, необхідна структурована система стимулів. Така система повинна починатися з комплексної політичної рамки для створення стабільного інвестиційного середовища, доповненої інноваційними механізмами фінансування та посиленими заходами щодо зменшення ризиків ([226]).

Економічна доцільність використання кормів для риб на основі водоростей у європейській аквакультурі вимагає комплексного підходу, який одночасно враховує регуляторні, виробничі, впроваджувальні та ринкові аспекти. Це вимагає скоординованих дій у чотирьох критично важливих напрямках: по-перше, створення комплексної політичної бази, що встановлює чіткі стандарти сталого розвитку та шляхи впровадження альтернативних кормів; по-друге, цільова підтримка виробників кормів для подолання технічних та фінансових бар'єрів; по-третє, індивідуальні стимули для рибоводів з метою зменшення витрат на перехід та операційних ризиків, пов'язаних із впровадженням кормів, що містять водорості; і по-четверте, потужні інформаційні кампанії для споживачів з метою підвищення впізнаваності на ринку та попиту на морепродукти, вирощені на стійких кормах. Завдяки такій взаємодоповнюючій комбінації заходів, де політична впевненість сприяє інвестиціям, підтримка виробників забезпечує постачання, стимули для фермерів сприяють впровадженню, а обізнаність споживачів підтримує попит, корми, що містять водорості, можуть досягти необхідного масштабу, щоб конкурувати з традиційними альтернативами. У конкретних рекомендаціях, що наводяться нижче, детально описано, як можна реалізувати кожен із цих аспектів.

Створення сприятливого регуляторного та політичного середовища

Стабільне та ефективне регуляторне середовище є необхідною умовою для залучення інвестицій та сприяння інноваціям у сфері виробництва кормів для риб на основі водоростей, що вже просувається в рамках пакету заходів Зеленого курсу ЄС.

Ключові заходи включають впровадження політики, що забезпечує права власності та доступу для рибоводів, які використовують корми, що містять водорості. Наприклад, тим, хто демонструє відповідність стандартам сталого розвитку, може бути надано преференційний доступ до зон аквакультури або знижені чи скасовані ліцензійні збори.

(226) Sumaila et al. (2021). “Financing a Sustainable Ocean Economy,” *Nature Communications* 12, no. 1: 3259. https://doi.org/10.1038/s41467-021-23168-y

Крім того, ЄС повинен заохочувати існуючі системи сертифікації, такі як ASC та логотип EU Organic, до включення конкретних критеріїв для кормів, що містять водорості. Сертифікація може покращити доступ до ринку та створити цінові премії для риби, вирощеної в сталих умовах, що стане фінансовим стимулом для рибоводів перейти на корми, що містять водорості. Крім того, виробникам кормів та рибоводам слід надавати технічну підтримку через програми навчання, платформи для обміну знаннями та доступ до ресурсів НДДКР, що дасть змогу впровадити водорості як сталий інгредієнт кормів. Це допоможе подолати перешкоди для впровадження та забезпечить зацікавленим сторонам необхідні навички та знання для впровадження сталих практик.

Виправлення ринкових викривлень за допомогою фіскальних заходів

Фіскальні заходи можуть відігравати ключову роль у приведенні економічних стимулів у відповідність до екологічних цілей. Реформування фіскальної політики має великий потенціал для запобігання несталим практикам та сприяння використанню кормів, що містять водорості.

Одним із ключових заходів є поступове скасування субсидій на традиційні рибні корми, що містять рибне борошно та риб'ячий жир вище певного рівня FFDR (див. розділ 3.2), та перенаправлення цих коштів на підтримку виробництва та впровадження кормів, що містять водорості. Поступове скорочення субсидій на корми для риб з високим вмістом FFDR може вирівняти умови для альтернативних варіантів кормів, заохочуючи виробників шукати більш сталі корми, такі як корми, що містять водорості. Однією з ключових переваг такого підходу є те, що він не вимагає додаткових державних витрат, а перерозподіляє ресурси на користь сталих рішень. Однак потенційним недоліком є опір з боку зацікавлених сторін, які в даний час отримують вигоду від існуючих субсидій, що може уповільнити впровадження.

Крім того, ЄС повинен ввести податки на традиційні корми, які мають більший вплив на навколишнє середовище, наприклад, ті, що сприяють надмірному вилову риби або призводять до надмірного накопичення поживних речовин. Доходи від цих податків можна було б використовувати для фінансування досліджень і розробок у сфері кормів, що містять водорості, або для надання субсидій на їх впровадження. Податкові пільги, такі як знижені ставки ПДВ на продукти сталої аквакультури, що дозволено згідно з переглянутою Директивою про ПДВ (ЄС 2022/542), також повинні надаватися рибоводам, які використовують корми, що містять водорості.

Інтегрувати сталу аквакультуру в Таксономію ЄС

Для регулювання інвестиційних рішень та політики розвитку, ЄС слід розглянути можливість включення сталої аквакультури, включаючи корми, що містять водорості, до існуючої таксономії ЄС для сталих видів діяльності. Це матиме позитивний вплив на інвестиції в аквакультуру, оскільки діяльність, яка оцінюється як екологічно стала,

стане більш привабливою для інвесторів.

Включення сталої аквакультури до таксономії ЄС забезпечило б чітку основу для визначення екологічно сталих практик, таких як використання кормів, що містять водорості, та гарантувало б відповідність інвестицій цілям ЄС у сфері сталого розвитку. Це також створило б потужний стимул для рибоводів та виробників кормів до впровадження сталих практик, оскільки вони отримали б доступ до можливостей зеленого фінансування. ЄС повинен співпрацювати із зацікавленими сторонами з метою розробки конкретних критеріїв для сталої аквакультури в рамках таксономії, забезпечуючи визнання кормів, що містять водорості, ключовим компонентом екологічно сталих практик.

Впровадити інноваційні механізми фінансування

Для стимулювання стійкої, інклюзивної та кліматично сталої аквакультури необхідні нові інструменти фінансування та доступ до ринків капіталу. ЄС повинен вивчити інноваційні фінансові інструменти для підтримки впровадження кормів, що містять водорості.

Одним із підходів є заохочення випуску зелених та блакитних облігацій для фінансування проектів у сфері сталої аквакультури, включаючи розробку та впровадження кормів, що містять водорості. Ці облігації можуть залучити приватний капітал та підтримати зростання сектору кормів на основі водоростей. Крім того, слід використовувати змішані моделі фінансування для поєднання державного та приватного фінансування проектів у сфері кормів, що містять водорості. Такий підхід може зменшити інвестиційні ризики та зробити сталу аквакультуру більш привабливою для приватних інвесторів.

Посилити інфраструктуру даних та прозорість

Покращення інфраструктури даних та прозорості має вирішальне значення для залучення інвестицій та забезпечення ефективного розподілу ресурсів. ЄС повинен надати пріоритет розробці надійних систем моніторингу та звітності для сталого розвитку аквакультури. Це допоможе інвесторам приймати обґрунтовані рішення та сприятиме розробці надійних бізнес-планів. Крім того, слід впровадити прозорі системи моніторингу для відстеження екологічних показників діяльності аквакультури. Це підвищить довіру споживачів до риби, вирощеної в умовах сталого розвитку, та створить ринкові стимули для кормів, що містять водорості.

Реалістичність цих заходів була оцінена в процесі валідації за участю зацікавлених сторін з усього ланцюжка створення вартості. Всі учасники визнали реалістичними створення сприятливого регуляторного та політичного середовища для кормів для риб на основі водоростей, інтеграцію сталої аквакультури в таксономію ЄС та запровадження інноваційних механізмів фінансування. Майже всі учасники

погодилися з розробкою комплексної структури для кормів для риб на основі водоростей, виправленням ринкових викривлень за допомогою фіскальних заходів, поступовим скасуванням субсидій для несталих кормів для риб та наданням податкових стимулів для більш сталих варіантів, а також із зміцненням інфраструктури даних та прозорості.

4.2. Висновки

Фінансова сталість кормів, що містять водорості, залежить як від конкурентоспроможності за вартістю (як підкреслено в MCA, проведеному в рамках цього проекту), так і від наявності цільових фінансових стимулів. Аналіз у цьому розділі демонструє, що фінансові стимули відіграють вирішальну роль у підтримці переходу до сталих альтернативних кормів, як шляхом пом'якшення бар'єрів, пов'язаних з вартістю, так і шляхом надання прямих економічних стимулів для їх впровадження. Досвід сільського господарства ілюструє, як структурована фінансова підтримка, включаючи субсидії, ринкові інструменти та механізми розподілу ризиків, може сприяти широкому впровадженню сталих практик. Для застосування цих знань в аквакультурі необхідно ретельно врахувати специфічні обмеження та можливості сектору.

Ключовим висновком оцінки є те, що, хоча Європейський зелений курс забезпечує міцну політичну основу для сталого розвитку аквакультури, існуючі механізми фінансової підтримки можуть ще не бути повністю узгоджені з конкретною метою збільшення впровадження кормів, що містять водорості. Пряма фінансова підтримка та інструменти розподілу ризиків можуть бути корисними для вирішення проблеми початкових інвестиційних витрат та ринкової невизначеності, тоді як ринкові інструменти, такі як PES та схеми сертифікації, можуть підвищити довгострокову економічну доцільність.

Надалі необхідний більш скоординований підхід до інтеграції фінансових стимулів у політичні рамки, що забезпечить ефективне пристосування механізмів фінансування для стимулювання інновацій та сталого розвитку в аквакультурі. Узгодження фінансової підтримки з чіткими цілями сталого розвитку, сприяння державно-приватним партнерствам та використання фінансування досліджень і розробок матимуть вирішальне значення для прискорення впровадження кормів, що містять водорості. Спираючись на досвід інших секторів первинного виробництва та вдосконалюючи структури фінансових стимулів, ЄС може створити більш стійкий та сталий сектор аквакультури.

5. Нормативно-правова база та відповідність вимогам

5.1. Нормативні акти, що стосуються водоростей як інгредієнта кормів у ЄС

Що таке “корм” з точки зору законодавства?

Регламент (ЕС) No 178/2002 “визначає загальні принципи та вимоги законодавства про харчові продукти, створює Європейський орган з безпеки харчових продуктів та встановлює процедури у сфері безпеки харчових продуктів". Хоча цей Регламент також часто називають "Загальним законодавством про харчові продукти", він також визначає термін "корм" у "Статті 4: "Корм" (або "кормові речовини") означає будь-яку речовину або продукт, включаючи добавки, перероблені, частково перероблені або неперероблені, призначені для перорального годування тварин”.

Хоча Регламент (ЄС) № 178/2002 визначає, що корми призначені для перорального годування тварин, **Регламент (ЕС) No 767/2009** уточнює, що "пероральне годування тварин означає введення корму в шлунково-кишковий тракт тварини через рот з метою задоволення її харчових потреб та/або підтримання продуктивності нормально здорових тварин". Ці два визначення пояснюють основні характеристики, якими повинні володіти корми, щоб вважатися такими.

У наступних розділах наведено найважливіші нормативні акти ЄС, що стосуються виробництва кормів (з водоростей) та вирощування водоростей.

Таблиця 10 – Огляд відповідних актів законодавства ЄС

Акти законодавства, що стосуються виробництва кормів з водоростей	
Regulation (EC) No 767/2009	Регламент щодо розміщення на ринку та використання кормів (“Регламент щодо кормів для тварин”)
Regulation (EC) No 178/2002	Регламент, що встановлює загальні принципи та вимоги законодавства про харчові продукти, створює Європейський орган з безпеки харчових продуктів та встановлює процедури у сфері безпечності харчових продуктів (“Загальний закон про харчові продукти”)
Regulation (EC) No 1831/2003	Регламент щодо добавок, що використовуються у харчуванні тварин (“Регламент щодо кормових добавок”)
Regulation (EU) No 68/2013	Регламент щодо Каталогу кормових речовин (“Каталог кормових речовин”)
(Реєстр кормових речовинг)	Реєстр не є окремим нормативним актом, а введений статтею 25 (6) (EC) No 767/2009
Regulation (EC) No 183/2005	Регламент, що встановлює вимоги до гігієни кормів (“Регламент гігієни кормів”)

Directive 2002/32/EC	Директива про небажані речовини в кормах для тварин
Regulation (EC) No 1829/2003	Регламент щодо генетично модифікованих харчових продуктів та кормів (“Регламент ГМО”)
Regulation (EU) 2015/2283	Регламент щодо новітніх харчових продуктів (“Регламент щодо новітніх продуктів харчування”)
Regulation (EU) No 2017/625	Регламент про офіційний контроль та інші офіційні заходи, що здійснюються з метою забезпечення застосування законодавства про харчові продукти та корми, правил щодо здоров'я та добробуту тварин, здоров'я рослин та засобів захисту рослин (“Регламент про офіційний контроль”)
Регламенти що стосуються продукції з водоростей	
Regulation (EU) No 1379/2013	Регламент про спільну організацію ринків продукції рибальства та аквакультури (“CMO”)
Regulation (EU) No 1380/2013	Спільна рибогосподарська політика (“CFP”)
Regulation (EC) No 708/2007	Регламент щодо використання чужорідних та відсутніх у даній місцевості видів у аквакультурі (“Законодавство щодо чужорідних видів”)
Regulation (EU) 2018/848	Регламент щодо органічного виробництва та маркування органічних продуктів (“Органічний регламент”)
Directive 2011/92/EU	Положення про оцінку впливу окремих державних і приватних проектів на довкілля (“Директива EIA ”)
Regulation (EC) No 1069/2009	Регламент, що встановлює санітарні норми щодо побічних продуктів тваринного походження та похідних продуктів, не призначених для споживання людиною (“Регламент щодо побічних продуктів тваринного походження,” “Регламент ABP”)

Зверніть увагу, що цей перелік не є вичерпним; можуть бути застосовні додаткові норми, якщо це доречно.

5.1.1. Регламенти ЄС, що стосуються водоростей як інгредієнтів кормів

Історично, Директива 82/471/ЄЕС (від 1982 року) регулювала певні продукти, що використовуються в годівлі тварин. Вона мала на меті поліпшити постачання кормів, що використовуються як пряме та непряме джерело білка в Співтоваристві. Ця Директива вимагала, щоб перед випуском будь-якого біопротеїну на ринок була проведена процедура авторизації. У її додатку вже було чітко зазначено "водорості" серед інших "білкових продуктів, отриманих з мікроорганізмів".

Ця Директива була замінена Регламентом (ЄС) № 767/2009, також званим "Регламентом про корми для тварин", який мав на меті спростити та гармонізувати законодавство щодо розміщення на ринку та використання кормів. Важливо зазначити, що нові харчові продукти повинні пройти процедуру авторизації перед введенням на ринок, тоді як для нових кормових матеріалів пропонується, щоб ризики для безпеки можна було контролювати шляхом заборони продажу ризикованих речовин за допомогою заходів ринкового нагляду. Додаток III до Регламенту (ЄС) 767/2009 також

містить короткий перелік матеріалів, які суворо заборонені у кормі для тварин.

Крім того, у розділі 4 цього регламенту встановлено принципи маркування та презентації кормів, включаючи використання вимог. У статті 13 зазначено, що вимоги щодо харчових характеристик або процесу, або щодо конкретної функції, пов'язаної з будь-яким із них, можуть бути висунуті за умов, описаних у цій статті.

Каталог кормових матеріалів був створений з метою поліпшення маркування кормових матеріалів та комбікормів. Цей каталог не є вичерпним, і його використання є необов'язковим. Він сприяє обміну інформацією про характеристики кормових матеріалів і регулярно оновлюється. Серед інших кормових матеріалів водорості перелічені в додатку С № 7 "Інші рослини, водорості та рослинні продукти». Наразі в каталозі вказані водорості (живі або перероблені), сушені водорості, водоростеве борошно, водоростева олія та борошно з морських водоростей (особливо згадується борошно з макроводоростей Asparagopsis).

Підприємець, який використовує кормову сировину, зазначену в каталозі, повинен забезпечити дотримання всіх відповідних положень каталогу, включаючи обов'язкову декларацію про кормову сировину на етикетці. Крім того, він повинен забезпечити дотримання статті 4 (щодо вимог безпечності та маркетингу) Регламенту (ЄС) № 767/2009. Відповідно до статті 24 (6) цього Регламенту, особа, яка вперше розміщує на ринку ЄС кормову сировину, що не вказана в каталозі, повинна негайно повідомити про це через інтернет-реєстр кормової сировини. Зареєстровано численні види мікро- та макроводоростей, часто в декількох різних формах переробки, таких як екстракти або сушені інгредієнти.

Якщо продукт внесений до реєстру, це не означає автоматично, що він є безпечним або придатним для всіх застосувань. Відповідальність за забезпечення безпеки кормів покладається на окремих операторів у кормовій галузі. Вимоги, такі як ті, щоописані в статті 4 Регламенту (ЄС) № 767/2009, мають на меті забезпечити безпечність продукту, на додаток до вимог Регламенту (ЄС) № 178/2002 та Регламенту (ЄС) № 183/2005, що стосуються гігієни кормів. Крім того, у Додатку I до Директиви 2002/32/ЄС про небажані речовини у кормах для тварин зазначено максимальні рівні таких речовин у продуктах, призначених для кормів для тварин, включаючи ті, що мають значення для водоростей, такі як миш'як, кадмій, свинець, ртуть, йод, РСВ та діоксини.

Незважаючи на те, що Регламент про нові харчові продукти (Регламент (ЄС) 2015/2283) стосується харчових продуктів, а не кормів, затвердження виду водоростей як харчового продукту (інгредієнта) може свідчити про те, що цей вид також може бути придатним для використання в кормах. Для затвердження як нового харчового продукту речовина повинна пройти суворі оцінки безпечності. Крім того, інгредієнт, який є поживним і безпечним для людей, ймовірно, матиме подібні переваги для раціону тварин. Отже, цей Регламент та інформаційний інструмент "Каталог нових харчових продуктів" також можуть бути корисними інструментами для сектору кормів з водоростей. Однак, хоча існує кореляція, це не гарантує, що всі (нові чи не нові)

харчові продукти будуть придатними для кормів тварин без додаткової оцінки.
Якщо генетично модифіковані водорості виробляються або використовуються для виробництва кормів, застосовується Регламент (ЄС) № 1829/2003 про генетично модифіковані харчові продукти та корми. У ньому встановлено процедури для авторизації та нагляду за генетично модифікованими харчовими продуктами та кормами. Крім того, він містить додаткові положення щодо маркування генетично модифікованих харчових продуктів та кормів.

5.1.2. Регламенти ЄС, що стосуються виробництва водоростей

Регламент про спільну організацію ринків (СМО) для продуктів рибальства та аквакультури (Регламент (ЄС) № 1379/2013) має на меті забезпечити сталий та конкурентоспроможний ринок для продуктів рибальства та аквакультури в Європейському Союзі. Він також прямо охоплює водорості, включаючи морські водорості, які в ньому визначені як продукти рибальства та аквакультури. Таким чином, додаткові вимоги до маркування, викладені в цьому регламенті, наприклад, щодо декларації про походження, також застосовуються до водоростей. Крім того, він охоплює різні аспекти, такі як доступ до ринку, торгівля та сприяння сталому розвитку в цьому секторі.

Спільна рибогосподарська політика (CFP) (Регламент (ЄС) № 1380/2013) містить правила сталого управління європейськими рибальськими флотами та збереження рибних запасів. Її метою є забезпечення екологічної та економічної діяльності рибальства та аквакультури, а також сприяння соціальній сталості. Вона також спрямована на збереження зайнятості та економічної життєздатності сектора. Впроваджуються обмеження вилову, щоб допомогти рибалкам оптимізувати вилов і запобігти надмірному вилову. Крім того, окремі райони моря можуть бути визначені як закриті для рибальської діяльності.

Законодавство про чужорідні види (Регламент (ЄС) № 708/2007) регулює введення та управління чужорідними видами, до яких можуть належати певні види водоростей. Воно гарантує, що немісцеві водорості не порушують місцеві екосистеми, встановлюючи вимоги до вирощування водоростей, якщо це передбачено регламентом.

Якщо оператор кормів має намір виробляти органічні сертифіковані корми або кормові матеріали з водоростей, відповідним законодавством є Регламент про органічне виробництво (ЄС) 2018/848, оскільки він встановлює стандарти органічного виробництва та маркування. Крім того, Регламент про впровадження (ЄС) 2021/1165 визначає, які продукти та речовини дозволено використовувати в органічному виробництві.

Крім того, вирощування водоростей може мати кілька значних екологічних наслідків, які можуть вимагати оцінки відповідно до Директиви про ОВД 2011/92/ЄС.

Регламент про побічні продукти тваринного походження (ЄС) № 1069/2009 може бути актуальним, і він також регулює використання побічних продуктів тваринного походження у кормах. Цей регламент застосовуватиметься, якщо водорості отримані з побічних продуктів тваринного походження або перероблені з ними.

Регламенти, зазначені в цьому та попередньому підрозділі, повинні охоплювати найбільш релевантні регламенти ЄС щодо виробництва водоростей та кормів або інгредієнтів, що містять водорості. Однак важливо пам’ятати, що залежно від окремих обставин до виробництва можуть застосовуватися додаткові регламенти.

5.1.3. Національні регуляторні акти, дотичні до водорослівництва

Наразі в державах-членах ЄС не існує національних нормативних актів, які б конкретно регулювали використання водоростей у кормових сумішах. Однак деякі більш загальні національні нормативні акти можуть бути або стати актуальними за певних обставин і можуть призвести до додаткових вимог або обмежень у відповідній державі-члені.

Прикладом може слугувати "Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch" — загальний закон про харчові продукти та корми в Німеччині. У ньому викладено вимоги до використання кормових матеріалів. Хоча в ньому не згадуються конкретно водорості, "кормові матеріали" також включають матеріали, отримані з водоростей. Такі загальні національні нормативні акти можуть застосовуватися в декількох країнах і також повинні бути враховані. Іншим прикладом є "Fødevareloven", який є основним законом, що регулює безпеку харчових продуктів та кормів у Данії, а також охоплює кормові матеріали, включаючи водорості для кормів. У Франції "Code Rural et de la Pêche Maritime" встановлює загальну правову основу та зобов'язання щодо безпеки кормів, здоров'я тварин та управління аквакультурою та рибальством.

5.1.4. Регуляторні бар’єри

Для оцінки найактуальніших питань регулювання, що стосуються водоростей як кормових інгредієнтів, було проведено опитування та інтерв'ю з відповідними зацікавленими сторонами галузі. Було встановлено, що безпосередніх проблем із самими нормативно-правовими актами немає, що свідчить про належне функціонування нормативно-правової бази щодо виробництва кормів, що містять водорості, та кормових інгредієнтів з водоростей.
Однак під час інтерв'ю було згадано про деякі проблеми, пов'язані із застосуванням цих нормативних актів. До них належать складність нормативно-правової бази, труднощі, пов'язані з використанням нових видів водоростей, а також проблема того, що морські

водорості часто містять вищі рівні миш'яку, ніж дозволено.
Найчастіше висловлювалася занепокоєність тим, що нормативно-правова база є дуже складною для орієнтування. Ця складність може бути особливо обтяжливою для дрібних виробників кормів, які можуть не мати ресурсів та досвіду для ефективного тлумачення та дотримання складного та фрагментованого європейського законодавства про корми, яке розкидане по різних нормативних актах та директивах. Така ситуація може призвести до плутанини та потенційного недотримання вимог, що заважатиме їм ефективно працювати на ринку. Надання чітких вказівок або можливості публічних консультацій для виробників кормів з водоростей може бути дуже корисним для галузі.
Інший аспект, на який було звернуто увагу, стосується використання нових видів водоростей у кормах. Оцінка безпеки нових видів є дорогою і трудомісткою процедурою, що створює перешкоди для інновацій у кормовій промисловості. Включення нових видів водоростей до каталогу нових харчових продуктів може розширити можливості їх використання у кормах. Ці види вже пройшли оцінку безпеки, і їх придатність для споживання людиною була оцінена. Хоча це не гарантує їх придатність для використання у кормі, це все ж вказує на їх потенційну придатність та відповідність вимогам до кормів, що буде великою перевагою для кормової промисловості. Отже, спрощення та прискорення процесу авторизації нових харчових продуктів також сприятиме швидшому розвитку кормової промисловості та дозволить досліджувати потенційно більш ефективні види водоростей.
Крім того, було підкреслено проблему щодо обмежень вмісту (органічного) миш'яку в водоростях, що є особливо актуальним для морських водоростей. Хоча неорганічний миш'як, який міститься в деяких видах морських водоростей, є високотоксичним і може становити загрозу для здоров'я при споживанні у великих кількостях (хоча це малоймовірний сценарій), органічний миш'як природним чином міститься в декількох морських організмах і вважається менш шкідливим для споживання людиною ([227]), а деякі вважають його навіть безпечним ([228]). Однак в інших дослідженнях стверджується, що існує значний брак даних про токсичність

та досліджень на людях щодо ризику впливу органічного миш'яку ([229]). Деякі наявні дані свідчать про те, що певні компоненти органічного миш'яку можуть метаболізуватися в організмі людини, що вказує на потенційну токсичність ([230]).
В даний час, як зазначено в Директиві 2002/32/ЄС, гранична норма шкідливого неорганічного миш'яку встановлена на рівні не більше 2 ppm, тоді як загальна гранична норма миш'яку для водоростей встановлена на рівні 40 ppm. Однак багато видів водоростей часто перевищують цю граничну норму в 40 ppm через більш високу концентрацію органічного миш'яку. Було підкреслено, що поточний граничний вміст загального миш'яку є дуже обмежувальним і перешкоджає розвитку ринку морських водоростей для кормів, що вказує на необхідність перегляду поточного граничного вмісту загального миш'яку в борошні з водоростей. Однак будь-яке потенційне

підвищення загального граничного вмісту загального миш'яку повинно відбуватися лише після того, як буде встановлено безпеку органічного миш'яку. Необхідно провести додаткові дослідження та ретельну оцінку безпеки органічного миш'яку, заповнивши прогалини, а потім, можливо, переглянути поточне значення.

5.2. Промислові стандарти та сертифікація

На додаток до законодавства, галузеві стандарти можуть додатково забезпечити якість, безпечність та сталість водоростей та продуктів, пов'язаних з водоростями, щоб гарантувати гармонізоване застосування в усій ЄС. Це, в свою чергу, створює довіру до ринку та сприяє зростанню. Сертифікація базується на дотриманні певних стандартів. У наступних розділах представлено сертифікати, які можуть бути цікавими для виробників водоростей та кормів з водоростей. Крім того, наведено огляд стандартів Європейського комітету зі стандартизації (CEN), які можуть бути актуальними для кормів з водоростей. Пропозиції щодо нових стандартів наведено в розділі 5.2.3.

(227) Taylor et al. (2016). "Human Exposure to Organic Arsenic Species from Seafood," *The Science of the Total Environment* 580, 266–82, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.113.
(228) Kim Anderle et al. (2023). "Assessment of EU Regulatory Landscape in a Global Context,".(228) Taylor et al. (2016). "Human Exposure to Organic Arsenic Species from Seafood," *The Science of the Total Environment* 580, 266–82, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.113.
(229) Taylor et al. (2016). "Human Exposure to Organic Arsenic Species from Seafood," *The Science of the Total Environment* 580, 266–82, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.113.
(230) ASC-MSC (n.d.). Seaweed Standard.

5.2.1. Сертифікація

- **EU organic certification:**

Feed that meets the requirements of organic regulations can qualify for organic certification. The organic logo can only be used if an authorised control body has issued the organic certification for a product. To achieve the certification, certain conditions regarding how the product must be produced, processed, transported, and stored must be met, as outlined in the Organic Regulation (EU) 2018/848. Implementing Regulation (EU) 2021/1165 establishes which products and substances are allowed to be used in organic production. Requirements specifically for the certification of algae and for the use of algae in feed are listed in these regulations.

Private certification:

While the EU Organic certification is an official label that is government-regulated, there are also privately managed certifications. Both certification types – official and private – play important roles in ensuring quality, safety, and sustainability. Government-regulated certifications provide a level of assurance backed by legal authority, while private certifications often offer specialised standards tailored to specific market needs. In the following sections, some private certifications directly or indirectly relevant to algae feed are introduced.

- **ASC-MSC Seaweed Standard & ASC Feed Standard:**

ASC and the MSC have developed a standard specifically for algae. It applies to farmed and wild harvested seaweeds. The prerequisite for this certification is, that the impact of the operations on the surrounding natural environment must be sustainable, and that they operate in a socially sustainable manner. Seaweed, but also algae oil, can be and has been certified by ASC-MSC ([231];[232]). Another relevant certification that was established in 2023 by the ASC is their Feed Standard. It entails environmental and social criteria that must be met and requires feed producers to source all major feed ingredients responsibly ([233];[234]). The use of responsibly sourced feed is a requirement for farms that want to achieve the ASC Standard for responsible aquaculture ([235]).

(231) Veramaris (n.d.). Spotlight Project: ASC-MSC Certifiation Renewal.
(232) Veramaris (n.d.). Spotlight Project: ASC-MSC Certifiation Renewal.
(233) ASC-MSC (n.d.). Seaweed Standard.
(234) Marine Stewardship Council (2021). "First Algae-Derived Omega-3 Producer Achieves ASC- MSC Certification,". Available here.

- **MarinTrust:**

Marine ingredient production facilities can be certified through the MarinTrust Standard, which enables them to showcase their commitment to responsible sourcing and sustainable production. This certification covers marine ingredients such as fish oil, fishmeal, and algae ([236]).

- **BAP – Best Aquaculture Practices:**

As a third-party certification programme for the aquaculture sector, Best aquaculture Practices (BAP) also covers standards and certifications for the whole production chain, which also includes the feed mill, as well as farm, processing, and hatcheries ([237]).

For facilities that process or manufacture aquafeeds with algae, the Aquaculture Facility Certification for Feed Mills can be interesting. This standard has a focus on meals and oils from different aquatic sources, including algae ([238]).

- **GLOBALG.A.P.:**

Amongst several aquaculture products, seaweeds can be certified by GLOBALG.A.P. The certification is connected to standards for safe and responsible production processes. This encompasses the topics of food safety, environment, human and animal health and welfare, production processes, and traceability ([239]).

- **Other private standards that lead to certification:**

Aside from those certification options that specifically cover algae, several other standards and certifications exist, which can be interesting for (algae) feed producers.

5.2.2. Стандарти CEN

Європейський комітет зі стандартизації (CEN) — це європейська організація, яка розробляє та підтримує офіційні стандарти в різних галузях, зокрема у секторі кормів. ЄС та Європейська асоціація вільної торгівлі (ЄАВТ) офіційно визнала CEN органом, відповідальним за розробку та затвердження стандартів на рівні ЄС. Розробка цих стандартів може здійснюватися на підставі запитів щодо стандартизації, що надходять від Європейської комісії.

(235) MarinTrust, “MarinTrust Identity”. Available here.
(236) Best Aquaculture Practices, “Who We Are Stewards of Aquaculture,” Best Aquaculture Practices Certification. Available here.
(237) Global Seafood Alliance, “Feed Mills Standard Issue 3.2,” July 9, 2024. Available here.
(238) FoodPLUS GmbH, “Integrated Farm Assurance for Aquaculture,” accessed April 17, 2025, Available here.

Стандарти CEN в першу чергу призначені для представників галузі та містять рекомендації, що сприяють забезпеченню якості, безпеки та сумісності продуктів і послуг у всій Європі (240).
Для застосування водоростей у кормах особливо актуальними є стандарти комітетів CEN/TC 454 «Водорості та продукти з водоростей», а також CEN/TC 327 «Корми для тварин». У таблицях 19 та 20 у Додатку I наведено вибірку відповідних стандартів цих комітетів.

5.2.3. Рекомендації до нових додаткових стандартів

The existing standards, along with those currently under development but not published yet, cover many important aspects that facilitate the creation of algae feed or feed components in a manner compliant with current laws.
Through an investigation of these standards, an assessment of the current situation, and discussions with experts ([241]), a few additional aspects were identified where the algae feed sector could benefit further from standardisation:

1) **Claims**: While current regulations cover claims for feed, their application still leaves room for interpretation. A standard regarding the use of claims (e.g. nutritional, environmental, health) for algae and algae-containing feed could be beneficial for the sector. Such a standard would facilitate the safe and compliant promotion of the advantages that algae-containing feed can offer.

2) **Labelling of origin**: A legal requirement related to algae and certain algae containing products is the labelling of their origin. A standard on the origin of algae biomass can be useful. It could cover appropriate methods for verifying the origin of algae biomass but also enhance the accuracy and reliability of labelling for algae and algae products. It could also be a step towards promoting the use of EU-sourced algae.

3) **Contaminants**: Contaminants are a crucial aspect, especially in feed and food, to ensure human health. Standardisation of analytical detection methods for contaminants in algae is recommended, which should also include an overview of all known algae contaminants. This standard would enhance the understanding of important contaminants and facilitate compliance with legal limits for algae.
4) **Water management**: With water being a core resource in algae production, a standard on measurements for water management in algae cultivation could be useful. This could include guidelines for the reuse of could be another step towards ensuring sustainable development in the algae sector, both environmentally and economically.
5) **Preservation methods**: As a legal requirement, the shelf life of the algae feed material

(240) CEN-CENELEC, “About CEN,” CEN-CENELEC, accessed April 17, 2025. Available here.
(241) Specifically, from members of the European Algae Biomass Association (EABA).

and products needs to be assessed and labelled. A standard regarding recommended preservation methods and storage for algae for different end purposes could be useful,guiding stakeholders in search of the right preservation approach. Increasing the shelf life can also be a way to increase economic and environmental sustainability.

The participants of the validation process agreed to the recommendation of developing these official standards and found them realistic.

LCA standardisation

Another issue relevant to standardisation that has already been mentioned in Section 3.1 and Section 3.2 of this report pertains to LCAs. The wide range of approaches for performing LCAs for algae feed is leading to different results, depending on the chosen methods and considerations. However, the investigation of the standardisation landscape and consultation with experts have revealed that several standards for LCAs that also relate to algae, including product category rules for algae, either already exist or are currently under development. This progress is expected to lead to more comparable LCAs in the future. A selection of existing standards regarding this topic can be found in **Table 21** in Annex I.

6. Ринкові приклади

Застосування водоростей у кормі ще відносно нове. Однак те, що колись вважалося нішевим застосуванням, зараз використовується все більшою кількістю компаній. Кілька компаній виробляють інгредієнти з водоростей для аквакорму, а виробники кормів додають їх до своїх продуктів. Використання цих кормів в аквакультурі стає все більш популярним.
Що стосується виробництва водоростевої олії для кормів для аквакультури, то на даний момент існує два основних постачальники: Veramaris і Corbion:

Veramaris (DSM & Evonik Joint Venture)

Veramaris — провідна біотехнологічна компанія, що спеціалізується на виробництві олій омега-3 з водоростей, які в основному використовуються в кормах для аквакультури. Veramaris — спільне підприємство DSM та Evonik — виробляє олію з природних морських мікроводоростей за допомогою процесу ферментації, що дозволяє усунути залежність від диких риб як єдиного джерела EPA та DHA. Велике виробниче підприємство компанії розташоване в Небрасці, а штаб-квартира — в Нідерландах.
Veramaris - перший і на даний момент єдиний виробник олії з мікроводоростей для кормів для риби та креветок, сертифікований ASC-MSC, який отримав численні нагороди за свою олію з водоростей як альтернативний інгредієнт кормів. Олія з водоростей містить 65% EPA та DHA. Продукт використовується провідними європейськими виробниками кормів, а компанія налагодила кілька партнерських відносин, зокрема співпрацює з Skretting, Santa Priscila та Pacific Coral Seafood.
Veramaris прагне сприяти зростанню, яке забезпечує майбутнє для тварин, людей і планети. У її Звіті про сталий розвиток за 2024 рік висвітлюються постійні зусилля з метою зменшення впливу діяльності на навколишнє середовище при одночасному збільшенні обсягів виробництва для задоволення зростаючого глобального попиту ([242]).

Corbion

Олія з водоростей Corbions використовується провідними виробниками кормів і є ключовим інгредієнтом кормів для лосося в Норвегії та на інших європейських ринках. Більш детальна інформація про компанію Corbion наведена нижче, де також представлено її бачення ролі водоростей в аквакультурі.

(241) Veramaris
(242) EUMOFA (2023). Fishmeal and Fish Oil. Available here.

Інші компанії

Крім того, кілька інших компаній виробляють олію з водоростей або борошно з водоростей для аквакультури, наприклад MiAlgae (олія з водоростей для аквакультури; розташована у Великобританії), Fermentalg (концентрат білка з водоростей для аквакультури; розташована у Франції) або Algaevita (борошно з водоростей, багате на омега-3, для кормів для аквакультури; розташована у Словенії).
У наступному розділі представлено три успішні приклади з галузі. Сюди входять безпосередні спостереження від виробника інгредієнтів з водоростей, виробника кормів для аквакультури, що використовує водорості, та компанії з аквакультури, яка використовує корми, що містять водорості.

6.1. Приклад 1: Виробник інгредієнтів з водоростей

	Corbion
Розмір компанії	2,399 працівників (в еквівал.повної зайнятості)
Створена	1903
Оборот	1,288 млн € (на основі поточної діяльності)
Розташування	Штаб-квартира розташована в Амстердамі, 13 виробничих підприємств, 8 інноваційних центрів та багато торгових представництв по всьому світу. Виробниче підприємство з виробництва водоростей за допомогою ферментації: Бразилія, працює на провідному в галузі рівні.
Основні сфери застосування водоростей у компанії	Наш підрозділ Nutrition займається продажем омега-3 на основі водоростей та інших ліпідних рішень, які виробляються в контрольованому середовищі за допомогою закритої системи ферментації, використовуючи силу первинного джерела (водоростей). Наші інгредієнти Омега-3 використовуються в понад 2 мільйонах тонн рибних кормів щорічно. Хоча спочатку Corbion зосереджувалася переважно на постачанні Омега-3 для аквакультури, спостерігається зростання попиту з боку інших ринків, таких як корми для домашніх тварин та харчування для людей.
Використовувані види водоростей та сполуки	Schizochytrium sp. – для наших рішень Omega-3 DHA в декількох форматах, які відповідають потребам наших клієнтів і галузевим застосуванням, таких як біомаса, рідкі суспензії та олії. Omega-3 від Corbion виробляється на основі відновлюваної енергії та цукрової тростини як сировини, що забезпечує значно нижчий рівень викидів CO2 у порівнянні з альтернативними варіантами.

Наявні на даний момент продукти з водоростей	Ми обслуговуємо ринки тваринництва (аквакультура, домашні тварини та наземні тварини) в рамках нашої лінійки продуктів "AlgaPrime". Ринки продуктів харчування для людей обслуговуються в рамках лінійки 'AlgaVia'.

Corbion	**Corbion**

1) Де ви бачите основні переваги та найбільший потенціал водоростей у кормі для аквакультури?

“У міру розширення аквакультури для задоволення зростаючого світового попиту на морепродукти, галузь постійно шукає можливості для розробки сталих, екологічно безпечних стратегій годівлі, які зменшують залежність від вичерпних морських ресурсів, що також обмежуються квотами. З огляду на обмеженість поставок риб'ячого жиру (FO) та зростаючий дефіцит поставок у розмірі 20–40 тис. тонн на рік, галузь терміново потребує альтернативи. Омега-3 DHA, отриманий з водоростей, є простежуваною та сталою альтернативою у великих обсягах зі стабільною ціною, що сприяє зростанню галузі та одночасно захищає здоров'я та добробут риб.

Основні переваги омега-3 DHA на основі водоростей у кормі для аквакультури наступні:

- **Стійкість ланцюга поставок:** забезпечення постійного доступу до важливих поживних речовин, таких як омега-3, є надзвичайно важливим для довгострокової життєздатності аквакультури. Рішення на основі водоростей забезпечують стабільне цілорічне постачання, пом'якшуючи неминучі коливання цін та доступності FO;
- **Продовольча безпека:** наше рішення безпосередньо сприяє відповідальному розвитку галузі, одночасно зменшуючи тиск на квоти вилову диких риб. Corbion, один з найбільших світових постачальників омега-3, щорічно постачає понад 2 мільйони тонн корму на основі водоростей AlgaPrime™ Omega-3 DHA, що доводить його життєздатність як стійкого, надійного та широкомасштабного альтернативного інгредієнта;
- **Неперевершена простежуваність та чистота:** Наш повністю простежуваний ланцюг постачання усуває ризики, пов'язані з ННН (незаконним, непідзвітним та нерегульованим рибальством), а наші продукти не містять діоксинів, важких металів та ПХБ. Дослідження показують, що наші омега-3, отримані з водоростей та наземних джерел, можуть зменшити вміст забруднюючих речовин у кормі для аквакультури на 79%;
- **Менший вплив на навколишнє середовище**: омега-3 DHA на основі водоростей має на 30-40% менший вуглецевий слід, ніж FO, що підтверджено сертифікованими ISO оцінками життєвого циклу (LCA), що підтримує зусилля галузі з декарбонізації;
- **Ефективність та масштабованість**: дослідження підтверджують, що наше рішення Omega-3 забезпечує високий рівень включення без шкоди для кормового коефіцієнту (FCR) або здоров'я та добробуту риб. Завдяки постійним інвестиціям у розширення виробництва та підвищення

врожайності ми продовжуємо збільшувати потужності, щоб задовольнити зростаючі потреби сектора в галузі сталого розвитку.”

2) З якими проблемами ви зіткнулися при виробництві інгредієнтів з водоростей, і якщо так, то як ви їх вирішили?

“Завдяки успішним програмам розширення виробничих потужностей та вдосконалення штамів нам вдалося розробити економічно вигідні наземні рішення для задоволення постійно зростаючого попиту на омега-3. Хоча під час розширення виробництва ми зіткнулися з низкою викликів, ми вдячні нашим клієнтам за підтримку в адаптації наших рішень до їхніх процесів виробництва кормів. Постійне вдосконалення масштабів виробництва, розробка штамів та міжгалузева співпраця стали ключовими факторами, що дозволили нам досягти прориву. Ми пишаємося тим, що сьогодні стали провідним світовим виробником омега-3. Щорічно наше рішення Omega-3 DHA використовується в понад 2 мільйонах тонн рибних кормів, і всі провідні виробники кормів для аквакультури використовують наші рішення.
Водночас кількість сертифікованих морських джерел є обмеженою. Сильно мінливі та нестабільні ціни на риб'ячий жир продовжують бути проблемою. На відміну від цього, наш контрольований процес ферментації омега-3 забезпечує стабільні виробничі витрати та значні переваги з точки зору сталості та якості.”

Corbion	**Corbion**

3) Які заходи ви вживаєте для забезпечення сталого виробництва водоростей?

“У Corbion ми усвідомлюємо нагальну необхідність відокремити виробництво омега-3 від морських екосистем, одночасно забезпечуючи стабільне, надійне та високоякісне постачання для аквакультури та харчової промисловості. Наш омега-3 DHA на основі водоростей є ключовим фактором цього переходу, забезпечуючи на 30-40% менший вуглецевий слід порівняно з традиційною риб'ячою олією, що підтверджено нашою сертифікованою ISO оцінкою життєвого циклу (LCA).

Наша виробнича система розроблена для максимальної ефективності використання ресурсів та циркулярності:

- **Циркулярне виробництво на одному майданчику:** наш завод розташований посеред цукрових плантацій і інтегрований з цукровим заводом, що забезпечує повністю циркулярну систему. Водорості живляться місцевим цукром, а багаса (побічний продукт переробки цукрової тростини) служить відновлюваним джерелом енергії, що забезпечує електроенергією як цукровий завод, так і наш завод з виробництва водоростей;
- **Раціональне використання води:** вода, що використовується у виробництві, переробляється для зрошення полів цукрової тростини, що мінімізує споживання та сприяє відповідальному управлінню водними ресурсами;
- **Нульовий вплив на морське середовище**: на відміну від виробництва риб'ячого жиру,

наша закрита система ферментації забезпечує **нульовий** вплив на морське біорізноманіття та незалежність від диких рибних запасів, зберігаючи океанічні екосистеми;

- **Ланцюг постачання без вирубки лісів**: хоча наш вплив на землекористування вже є незначним, з 2006 року наші ресурси перевіряються на відсутність вирубки лісів;
- **Постійні інновації**: ми розробляємо більш врожайні штами водоростей та оптимізуємо ефективність виробництва, щоб ще більше зменшити вплив на довкілля, зберігаючи при цьому стабільно високу якість омега-3.

Зменшуючи тиск на морські ресурси та пропонуючи простежувану, масштабовану та сталу альтернативу риб'ячому жиру, омега-3 DHA на основі водоростей від Corbion безпосередньо підтримує пріоритети ЄС щодо здоров'я океанів, продовольчої безпеки та боротьби зі зміною клімату."

4) Які відгуки ви отримали від виробників кормів або аквакультури щодо використання ваших продуктів з водоростей?

"Наші клієнти цінують високу якість наших рішень на основі водоростевої омега-3, які ми пропонуємо їм у великих обсягах в рамках стійких і сталих стратегій годівлі для задоволення зростаючого попиту.

Вони бачать в нас партнера, який сприяє подальшому зростанню. Окрім реального досвіду наших клієнтів, дослідження підтвердили, що наш продукт дозволяє досягати високих рівнів включення без істотного впливу на FCR, здоров'я та добробут риб.**"**

5) В даний час водоростева олія користується особливим успіхом серед водоростевих продуктів у кормі для аквакультури. Чи бачите ви подібний потенціал в інших інгредієнтах на основі водоростей для корму для аквакультури в майбутньому? (наприклад, водоростевий білок, біомаса цілих водоростей, водоростеві добавки/біоактивні сполуки, …)

"У міру розширення аквакультури для задоволення зростаючого світового попиту на морепродукти, галузь постійно шукає можливості для розробки стійких, сталих стратегій годівлі та зменшення залежності від вичерпних морських ресурсів. Цього можна досягти завдяки інноваційному використанню альтернативних інгредієнтів та обрізків від переробки. Підвищена гнучкість полегшує досягнення сталих результатів.

У Corbion ми прагнемо розкрити потенціал ферментації водоростей і тісно співпрацюємо з виробниками кормів для аквакультури, щоб надати найкращі можливі рішення, використовуючи передові технології для ретельного поєднання поживних речовин водоростей з іншими інгредієнтами.

Водорості мають величезний потенціал для поліпшення загального поживного складу кормів для риб. У найближчій перспективі ми вважаємо інші жирні кислоти та каротиноїди найбільш перспективними напрямками для подальших інновацій та зростання.**"**

6) На вашу думку, що насправді потрібно сектору виробництва кормів з водоростей в ЄС для його успішного розвитку?

“Щоб стимулювати інвестиції та підтримати сталий ріст і конкурентоспроможність сектору інгредієнтів з водоростей в ЄС, ми вважаємо, що введення мінімальної норми включення інгредієнтів з водоростей могло б сприяти цьому, подібно до вимог щодо змішування, які були введені для етанолу або біодизеля з бензином. Такий підхід до політики створив би структурований попит на Омега-3 DHA, отриману з водоростей, та інші інноваційні рішення на основі водоростей, сприяючи як стабільності ринку, так і його розширенню.

Чому це критично важливо?

1. **Сталість та екологічні переваги:** омега-3 DHA на основі водоростей є поновлюваною та сталою альтернативою традиційній риб'ячій олії, що сприяє розвитку аквакультури, одночасно зменшуючи тиск на морські екосистеми та відповідаючи цілям Зеленого курсу та Чистого курсу ЄС. Обов'язкове додавання до сумішей сприятиме впровадженню сталих практик у всій аквакультурі, безпосередньо сприяючи збереженню біорізноманіття та досягненню цілей кліматичної нейтральності.

2. **Розвиток ринку та конкурентоспроможність:** встановлення мінімального рівня включення стимулюватиме інвестиції в інфраструктуру виробництва водоростей та інновації. Такі вимоги надають підприємствам впевненості для розширення діяльності, що призведе до економії масштабу, технологічного прогресу та підвищення конкурентоспроможності на світовій арені. Омега-3 на основі водоростей вже доступні у великих обсягах та за конкурентними цінами, що залежать від все більш нестабільних цін на риб'ячий жир.

3. **Декарбонізація промисловості:** як відновлювана альтернатива риб'ячому жиру, продукти на основі водоростей можуть зменшити вуглецевий слід аквакультури. Мінімальні норми включення сприятимуть впровадженню цього рішення з декарбонізації, що сприятиме досягненню мети Нового чистого договору щодо створення кліматично нейтральних та ресурсоефективних галузей промисловості.

4. **Технологічний прогрес:** для продуктів на основі водоростей політика щодо рівня включення може стимулювати дослідження та розробки шляхом встановлення чітких ринкових цілей. Заохочення інновацій у виборі штамів, виробничих процесів та кінцевих застосувань може розкрити невикористаний потенціал цієї технології, що принесе користь біоекономіці в цілому.

5. **Гармонізація нормативно-правової бази:** спрощений доступ до ринку та чіткі повноваження на рівні ЄС сприятимуть швидшому визнанню продуктів на основі водоростей, зменшуючи бар'єри для виходу на ринок. Така чіткість є необхідною для узгодження інтересів виробників, зацікавлених сторін у галузі аквакультури та політиків.

На закінчення, мінімальний рівень включення буде каталізатором для сектора інгредієнтів з водоростей, забезпечуючи його сталий розвиток і потенціал зростання, а також позиціонуючи Європу як світового лідера в інноваціях у секторі інгредієнтів з водоростей.**”**

6.2. Приклад 2: Виробник кормів

	Aller Aqua
Розмір компанії	650 працівників
Оборот	274 млн. €
Розташування	Данія, Німеччина, Польща, Сербія, Китай, Єгипет та Замбія (з активними продажами у 70+ країнах)
У якій формі ви використовуєте водорості в аквакормах?	В даний час ми використовуємо в наших кормах водоростеву олію та деякі кормові добавки.
Для яких видів риб ви виробляєте корми, що містять водорості?	Основними цільовими видами є морські риби з підвищеними вимогами щодо вмісту EPH/DHA.

1) Де ви бачите основні переваги та найбільший потенціал водоростей у кормі для аквакультури?

“-Специфічні поживні властивості (EPA/DHA);
- Зменшення залежності від дикої риби (FFDR) та інших морських інгредієнтів;
- Важливість та інтерес для нас у роботі над новими та сталими ресурсами;
- - Зростання занепокоєння щодо мікропластику та інших забруднювачів у більш традиційних інгредієнтах”

2) З якими проблемами ви зіткнулися при виробництві корму з водоростей, і якщо так, то як ви їх вирішили?

“У виробництві кормів ми в основному використовуємо водоростеву олію або добавки, отримані з водоростей. Кількість, що використовується, невелика, тому немає обмежень щодо обсягу. Іноді це стає ціновим обмеженням, якщо продукти занадто дорогі для наших рецептів.”

3) Які заходи ви вживаєте для забезпечення сталості ваших кормів і як ви бачите роль водоростей у цьому контексті? Чи підтримали б ви включення водоростей як одного з аспектів сертифікації сталих кормів?

“Ми ретельно відбираємо сировину, враховуючи її вплив на екологічний слід наших кінцевих продуктів. Водорості мають кілька істотних переваг, зокрема, для їх виробництва потрібно менше води та землі. Однак, щоб ці переваги були повністю реалізовані, необхідно збільшити масштаби їх вирощування та сприяти товарному виробництву та розподілу.”

4) В даний час водоростева олія користується особливим успіхом серед водоростевих продуктів у кормі для аквакультури. Чи бачите ви подібний потенціал в інших інгредієнтах на основі водоростей для корму для аквакультури в майбутньому? (наприклад, водоростевий білок, біомаса цілих водоростей, водоростеві добавки/біоактивні сполуки, …)

“Якщо асортимент продукції доступний у вигляді концентрату білка водоростей, борошна з водоростей та функціональних добавок на основі водоростей, то потенціал є значно вищим не тільки в секторі кормів для аквакультури, але й у всьому асортименті для інших секторів тваринництва та харчової промисловості.”

5) Які фінансові наслідки використання водоростей у кормі порівняно з традиційними інгредієнтами?

ALLER AQUA	**Aller Aqua**

“В даний час використання продуктів, отриманих з водоростей, таких як олія або функціональні добавки, є дорожчим, ніж використання традиційних інгредієнтів.

Однак на порівняння цін на водоростеву олію впливають коливання цін на риб'ячий жир, які можуть бути обумовлені зниженням вилову риби під час риболовного сезону.”

6) Які інновації або досягнення в секторі виробництва кормів з водоростей в ЄС ви хотіли б бачити в майбутньому?

“Індустрія водоростей повинна стратегічно рухатися в напрямку виробництва водоростевої олії, високобілкового водоростевого борошна та функціональних добавок. Зосередившись на цих напрямках, індустрія водоростей може посилити свою роль на різних ринках, включаючи харчування, виробництво продуктів харчування та сектор нутрицевтиків.
Індустрія водоростей повинна зосередитися на оптимізації та збільшенні обсягів виробництва, використовуючи останні досягнення в області виробничих технологій.”

6.3. Приклад 3: Виробник продукції аквакультури

CERMAQ	**Cermaq**
Розмір компанії	2,850 працівників
Створена у	У 1995 році як Statkorn Holding, відокремлена від Statens Kornforretning. У 2001 році компанія змінила назву на Cermaq
Розташування	Норвегія, Чилі та Канада
У якій формі ви використовуєте водорості в аквакормах ?	Водоростева олія
Які об’єкти аквакультури, у кормах для яких ви використовуєте інгредієнти з водоростей?	Сьомга та тихоокеанські лососі

1) Де ви бачите основні переваги та найбільший потенціал водоростей у кормі для аквакультури?

“Олія з водоростей має великий потенціал у виробництві кормів для аквакультури. Головна перевага, звичайно, полягає у високому вмісті омега-3 жирних кислот, зокрема EPA та DHA. Вони є необхідними для здоров'я та продуктивності риб. Додавання олії з водоростей до корму забезпечує риб важливими жирними кислотами, які мають вирішальне значення для кращої роботи імунної системи, посиленого росту та поліпшення загального стану здоров'я. Це призводить до підвищення продуктивності риб, що є ключовим фактором як для галузі, так і для споживачів.

Ще одна важлива перевага — це екологічність. Як відомо, аквакультурна галузь історично сильно залежала від морської сировини, такої як рибне борошно та риб'ячий жир. Олія з водоростей є екологічною альтернативою, яка допомагає зменшити нашу залежність від дикої риби. Це має вирішальне значення для створення більш стійкого та менш вразливого ланцюга постачання. Зменшення залежності від морських ресурсів також знижує ризики, пов'язані з перебоями в постачанні, екологічними проблемами та коливаннями ринкової кон'юнктури.
Ми також розглядаємо можливість розширення кошика сировини. Наразі наша галузь досить залежна від деяких інгредієнтів, що може зробити ланцюг постачання вразливим. Якщо ми розширимо кошик сировини, ми зможемо побудувати більш стійку та гнучку систему, яка буде менш схильна до перебоїв. Диверсифікація гарантує, що ми не будемо надмірно залежати від одного джерела, що є надзвичайно важливим для довгострокової стабільності.”

2) Які заходи ви вживаєте для забезпечення сталості вашого виробництва риби?

“Сталий розвиток є ключовим пріоритетом для Cermaq, і ми вживаємо низку заходів, щоб забезпечити відповідальне та ефективне виробництво риби.

По-перше, ми надаємо пріоритет закупівлі інгредієнтів для кормів, що відповідають принципам сталого розвитку, щоб зменшити нашу залежність від будь-яких сировинних матеріалів. Це включає різноманітні альтернативні інгредієнти, що забезпечують багатий на поживні речовини та сталий склад наших кормів. Ми також дотримуємося нашого Загального кодексу поведінки постачальників, який встановлює мінімальні стандарти сталого розвитку для всього нашого ланцюга поставок, забезпечуючи етичні практики та відповідальне постачання. Крім того, наш Спеціальний кодекс поведінки постачальників кормів гарантує, що наші постачальники кормів відповідають високим стандартам у таких сферах, як постачання морських інгредієнтів, простежуваність та безпека харчових продуктів.
На наших фермах ми зосереджуємося на ефективному використанні ресурсів — оптимізуємо використання води, енергії та кормів, щоб мінімізувати відходи та викиди. Ми також надаємо пріоритет здоров'ю риби, щоб підвищити її стійкість до хвороб та опірність, що призводить до кращих показників при меншому впливі на навколишнє середовище.

Сертифікація також відіграє ключову роль у нашій стратегії сталого розвитку. Cermaq прагне відповідати найвищим галузевим стандартам, і багато наших підприємств сертифіковані за стандартами ASC (Наглядова рада з аквакультури) та BAP (Найкращі практики аквакультури). Ці сертифікати гарантують, що ми відповідаємо суворим екологічним, соціальним критеріям та критеріям добробуту тварин, а також забезпечують незалежну перевірку нашої прихильності до відповідальної аквакультури.

Прозорість та простежуваність є ключовими елементами нашого підходу, що дозволяє нам забезпечити повну прозорість нашого ланцюга поставок, що сприяє формуванню довіри з боку споживачів та зацікавлених сторін. В кінцевому підсумку, дотримуючись цих кодексів та найкращих практик, ми прагнемо створити стійку та сталу систему виробництва, яка приносить користь як навколишньому середовищу, так і галузі.”

3) Які інновації або досягнення в секторі кормів з водоростей ви хотіли б бачити в майбутньому?

“У перспективі ми хотіли б побачити кілька цікавих інновацій у секторі кормів на основі водоростей.
По-перше, я вважаю, що є потенціал для підвищення ефективності та масштабованості вирощування водоростей. Масштабованість є ключовим фактором у секторі кормів на основі водоростей, особливо з огляду на зростання попиту на екологічно чисті інгредієнти в аквакультурній галузі. За рахунок підвищення масштабованості ми можемо знизити витрати та забезпечити стабільне постачання кормових інгредієнтів на основі водоростей для задоволення потреб такого зростаючого бізнесу, як наш. Для досягнення цієї мети вирішальне значення матимуть досягнення в галузі технологій вирощування, які допоможуть нам зробити водоростеве масло більш доступним і економічно вигідним ресурсом для сталої аквакультури.
Крім того, підвищення ефективності виробництва водоростей — як з точки зору врожайності, так і використання ресурсів — буде ключовим фактором для більш широкого впровадження в галузі виробництва кормів для аквакультури.

По-друге, ми хотіли б бачити більше досліджень і розробок у сфері видів водоростей, які можуть забезпечити ширший спектр поживних речовин. Хоча ми спостерігаємо великий успіх омега-3 жирних кислот, таких як EPA та DHA, зростає інтерес до водоростей, які можуть запропонувати додаткові біоактивні сполуки — такі як антиоксиданти, вітаміни та інші необхідні поживні речовини. Можливість адаптувати штами водоростей до конкретних потреб різних видів риб у поживних речовинах стане значним кроком вперед.

Нарешті, я вважаю, що існує можливість для більшої інновації в технології переробки кормів. Покращивши спосіб переробки водоростей та інших кормових інгредієнтів і їх включення до кінцевого продукту, ми могли б підвищити біодоступність поживних речовин, забезпечивши рибі максимальну користь. Це допомогло б оптимізувати продуктивність, зменшити відходи та ще більше покращити сталість.

Я з нетерпінням чекаю на розвиток сектору кормів на основі водоростей, особливо з огляду на те, що ми продовжуємо впроваджувати інновації в таких сферах, як ефективність, поживні властивості та стійкі методи виробництва. Ці досягнення будуть мати вирішальне значення для задоволення зростаючого попиту на сталу аквакультуру.”

7. Майбутні тенденції

7.1. Глобальний та європейський статус інгредієнтів на основі риби в кормі для аквакультури

Рибне борошно та риб'ячий жир є поширеними інгредієнтами аквакормів. Рибне борошно отримують з дрібних жирних видів риб, таких як анчоус, шпрот або оселедець. Риб'ячий жир видобувають під час переробки цих жирних риб на борошно. У 2022 році в світі 17 мільйонів тонн, що становить 22% світового вилову водних тварин, було перероблено на рибне борошно та риб'ячий жир для нехарчових цілей. З 100 кг сировини можна отримати приблизно 21 кг рибного борошна та від 2 до 6 кг риб'ячого жиру ([243]).

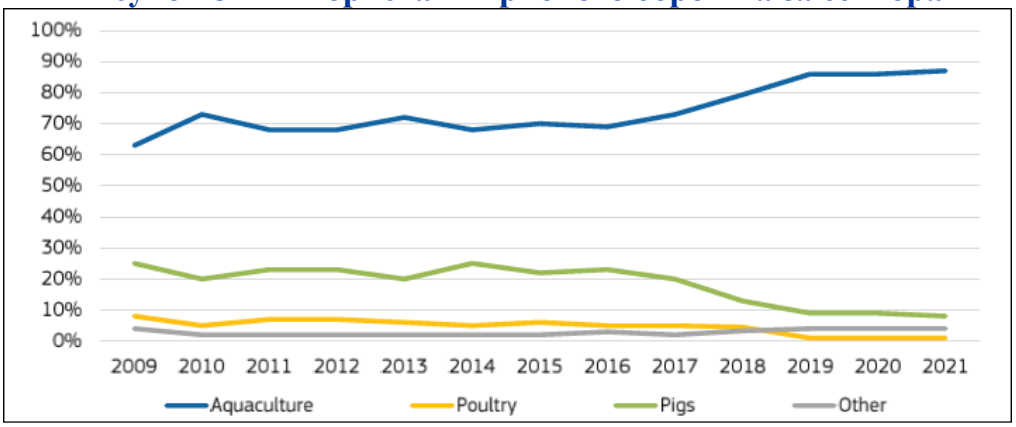
Виходячи із середнього обсягу виробництва за останні десять років, щорічно виробляється приблизно 4,9 мільйона тонн рибного борошна. Світове виробництво риб'ячого жиру становить від 0,8 до 1,3 мільйона тонн на рік. Загальний обсяг виробництва рибного борошна та риб'ячого жиру може значно коливатися залежно від року, головним чином через кліматичні явища, такі як південне коливання Ель-Ніньо, яке впливає на вилов ключових видів риб, таких як анчоус ([244;245]).

Хоча кількість дикої риби, що виловлюється для виробництва риб'ячого жиру та рибного борошна, за останнє десятиліття зменшилася, частка побічних продуктів переробки риби постійно зростає, як показано на рисунку 2 у розділі 2.1.1. Ці побічні продукти, такі як обрізки або субпродукти, можуть походити від дикої риби або переробки продукції аквакультури.

У 2021 році 87% рибного борошна, виробленого в світі, було використано в кормі для аквакультури, причому найбільшим споживачем був Китай. У тому ж році 75% світового виробництва риб'ячого жиру, що становить приблизно 670 000 тонн, також було використано в кормі для аквакультури. З загального обсягу виробленого рибного борошна приблизно 10% було використано в кормі для аквакультури, призначеному для Європи, а 39% світового виробництва риб'ячого жиру було використано в європейській аквакультурі ([246]).

(243) EUMOFA (2023). Fishmeal and Fish Oil. Available here.
(244) FAO (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – *Blue Transformation in action*. Rome, https://doi.org/10.4060/cd0683en.
(245) EUMOFA (2023). Fishmeal and Fish Oil. Available here.
(246) EUMOFA (2023). Fishmeal and Fish Oil. Available here.

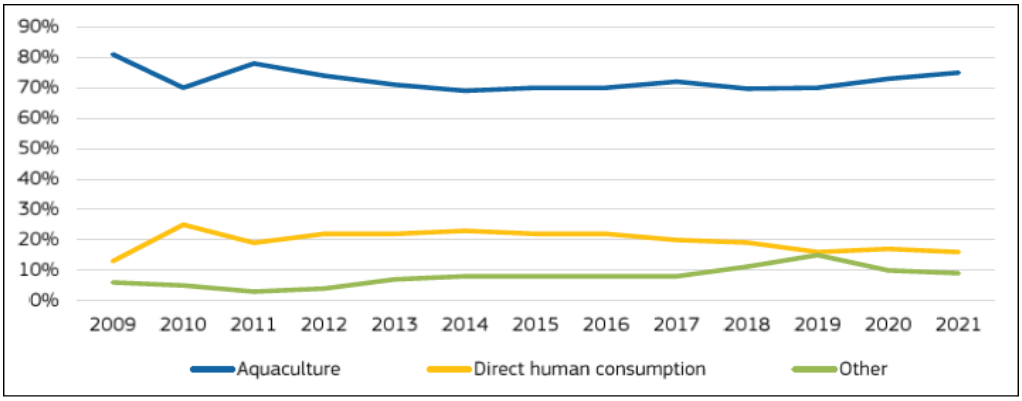
Рисунок 8 – Використання рибного борошна за секторами



Source: IFFO

Джерело: EUMOFA, 2023 ([247]). (аквакультура, птахівництво, свинарство, інші)

Рисунок 9 – Використання риб'ячої олії походженням з рибальства за секторами



Source: IFFO

Джерело: EUMOFA, 2023 ([248]). (аквакультура, споживання людиною, інше)

Згідно з доповіддю EUMOFA про рибне борошно та риб'ячий жир, у 2023 році ЄС виробив від 370 000 до 520 000 тонн рибного борошна та від 120 000 до 190 000 тонн риб'ячого жиру, що становить 10-15 % світового виробництва ([249]).

Основними постачальниками рибного борошна до ЄС є Марокко, Перу, Ісландія, Норвегія та Південна Африка. Норвегія та Перу постачають не тільки рибне борошно, але й близько половини риб'ячого жиру, що імпортується до ЄС ([250]).

У 2022 році вартість експорту рибного борошна досягла найнижчого рівня за останнє десятиліття, а вартість риб'ячого жиру стала другою найнижчою за цей

(247) EUMOFA (2023). Fishmeal and Fish Oil. Available here.
(248) EUMOFA (2023). Fishmeal and Fish Oil. Available here.
(249) EUMOFA (2023). Fishmeal and Fish Oil. Available here.
(250) European Commission: Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries & EUMOFA. (2023). *Der EU-Fischmarkt: Ausgabe 2023*. Publications Office of the European Union. https://data.europa.eu/doi/10.2771/704.

період. Такий низький експорт риб'ячого жиру був пов'язаний, перш за все, із значним зростанням експортних цін на риб'ячий жир до країн за межами ЄС порівняно з 2021 роком ([251]).

Таблиця 11 – Виробництво рибногоборошна та риб'ячого жиру у ЄС, включно з обсягами та вартістю імпор ту та пекспорту у 2022-му році.

	Рибне борошно	Риб.жир
Виробництво у ЄС за рік [тонн]	370,000 - 520,000	120,000 - 190,000
Імпорт ЄС 2022		
Обсяги [тонн]	247,234	189,900*
2021 до 2022	11% зростання	5% зменшення
Заг.вартість [Euro]	403 млн.	500 млн.
Експорт ЄС 2022		
Обсяги [тонн]	161,245	141,591
2021 до 2022	13% зменшення	12% зменшення
Заг.вартість [Euro]	298 млн.	375 млн.
Загальний обсяг споживання ЄС у 2022 [тонн]	450.000	203.000*

Джерело: EUMOFA, 2023.
*Обраховано за даними звіту EUMOFA (2023).

Згідно з доповіддю EUMOFA про рибне борошно та риб'ячий жир за 2023 рік, споживання рибного борошна в ЄС у 2022 році становило 450 000 тонн. Виходячи з вищезазначеного середнього обсягу виробництва риб'ячого жиру в ЄС та враховуючи показники імпорту та експорту за 2022 рік, можна підрахувати, що обсяг споживання риб'ячого жиру в ЄС становить приблизно 203 000 тонн.
Важливо також врахувати, що більша частина, але не вся рибне борошно та риб'ячий жир використовується в аквакультурі. У звіті EUMOFA зазначено, що у 2021 році 87 % світового виробництва рибного борошна та 75 % риб'ячого жиру було використано в аквакультурі. Якщо перенести ці цифри на обсяги споживання в ЄС, то кількість, що використовується для кормів в аквакультурі в ЄС, дорівнюватиме приблизно 390 000 тонн рибного борошна та близько 152 000 тонн риб'ячого жиру (для риб'ячого жиру: відхилення +/-17% залежно від річних обсягів виробництва в ЄС).

Згідно з таблицею 11, ЄС імпортує значно більше рибного борошна та риб'ячого жиру, ніж експортує. Крім того, очевидно, що більша частка побічних продуктів використовується для виробництва рибного борошна, ніж риб'ячого жиру. З огляду на

значне споживання ЄС риб'ячого жиру з світового виробництва, а також меншу залежність від побічних продуктів для виробництва риб'ячого жиру, надзвичайно важливо розглянути можливість зменшення використання риб'ячого жиру в кормі для аквакультури, що споживається в ЄС. Таке зменшення сприятиме більш сталим практикам, зменшивши тиск на морські ресурси та заохотивши ширше використання альтернативних джерел або джерел на основі побічних продуктів.

7.2. Історичні дані про тенденції на ринках та очікувані зміни

7.2.1.1. Розвиток аквакультури та рибальства

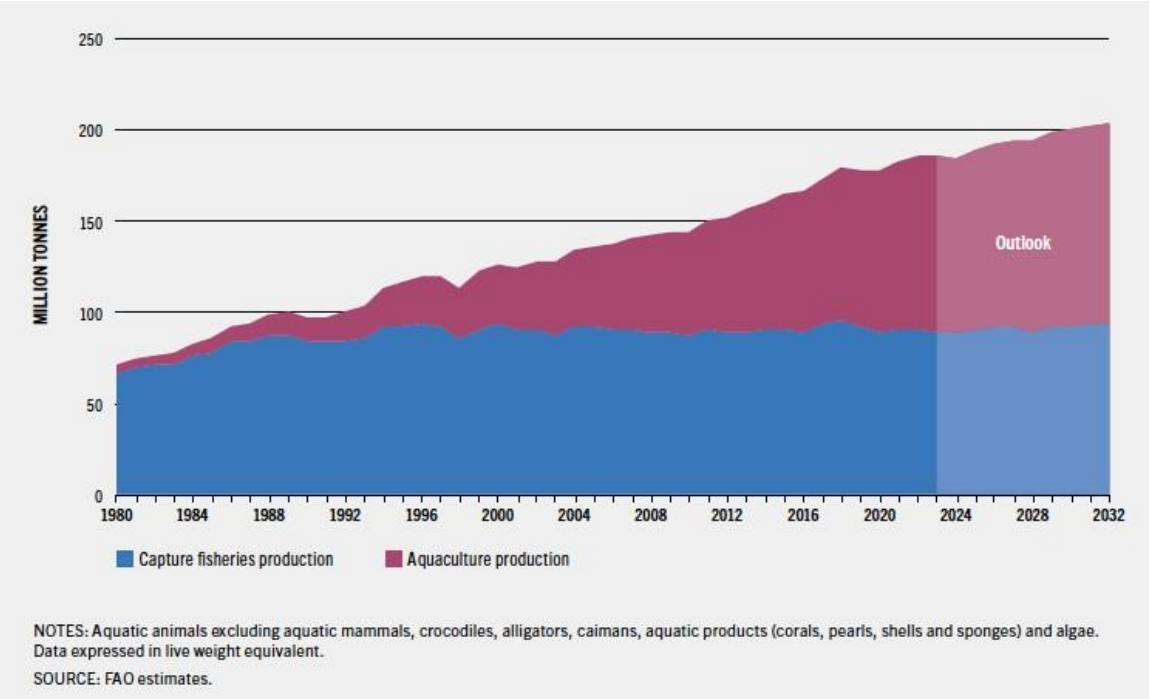
Посилаючись на дані про виробництво за 2022 рік, у звіті Продовольчої та сільськогосподарської організації Об'єднаних Націй (ФАО) за 2024 рік було відзначено важливу віху: "Світове виробництво продукції рибальства та аквакультури досягло нового рекорду, причому виробництво аквакультури водних тварин вперше перевищило вилов риби". Це свідчить про серйозні зміни у світовій рибній промисловості та підкреслює важливість аквакультури для задоволення світового попиту на продукти харчування. Це ключове повідомлення також має привернути увагу до нагальної потреби вдосконалення практик сталого рибництва, зосередившись на зменшенні тиску на дикі рибні запаси та мінімізації екологічного сліду кормових інгредієнтів.

З 185 мільйонів тонн вироблених водних тварин у 2022 році 51% припадає на аквакультуру. Сектор аквакультури в минулому демонстрував постійне зростання, і ця тенденція, як очікується, збережеться в найближчі роки. Згідно з прогнозами ФАО, до 2032 року світове виробництво аквакультури зросте на 17% порівняно з 2022 роком, а виробництво аквакультури в ЄС – на 8,9%. З іншого боку, виробництво продукції рибальства стабілізувалося протягом близько чотирьох десятиліть, і ця тенденція, як очікується, збережеться, якщо ми будемо дотримуватися збереження наших диких запасів (**Рисунок 10**).

На прогнозовані темпи зростання сектору аквакультури в період з 2022 по 2032 рік впливатимуть кілька ключових факторів. До них належать більш широке впровадження та забезпечення дотримання екологічних норм, зменшення кількості та якості води та придатних для аквакультури місць, посилення впливу хвороб водних тварин в інтенсивній аквакультурі та зниження темпів зростання продуктивності ([252]).

Ці виклики підкреслюють необхідність інновацій та сталих рішень для підтримки подальшого зростання в секторі.

Рисунок 10 - Світове рибальство та аквакультура водних тварин 1980-2032



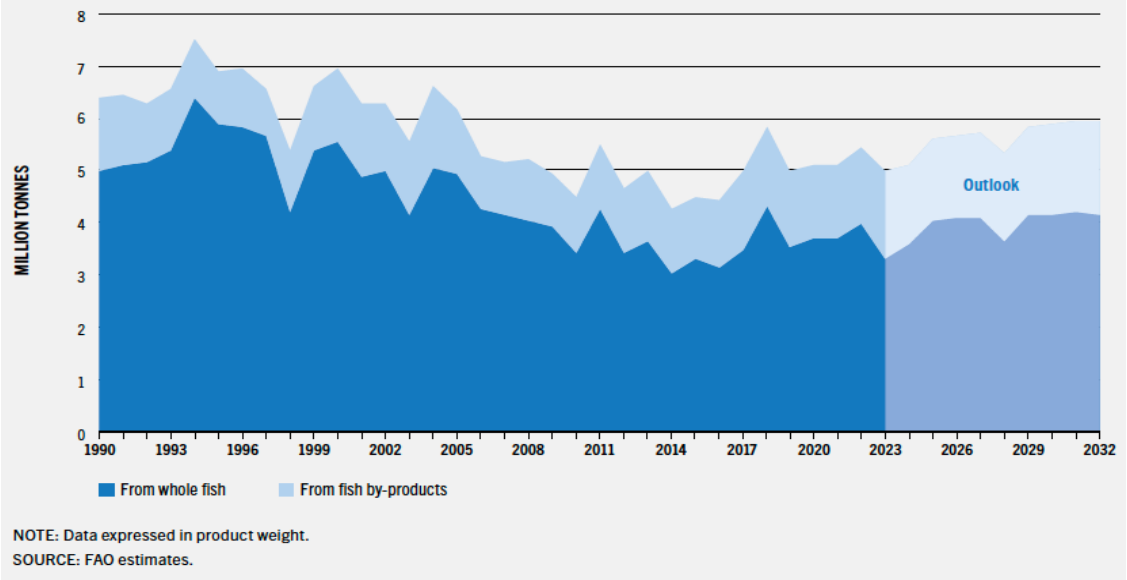
Джерело: FAO, 2024 ([253]). (рибальство, аквакультура)

7.2.1.2. Динаміка виробництва рибного борошна та олііl

Історичні дані про світове виробництво риб'ячого жиру та рибного борошна показують значне зниження до середини 2000-х років. У період з 2001 по 2011 рік було вироблено в середньому 5,5 мільйона тонн рибного борошна, тоді як у наступному десятилітті середній показник становив лише близько 4,9 мільйона тонн. Незважаючи на зменшення виробництва з цілої риби, з середини 2000-х років вдалося зберегти відносно стабільний рівень виробництва завдяки збільшенню використання побічних продуктів. Обсяги виробництва стабілізувалися на рівні близько 5 мільйонів тонн рибного борошна та 1 мільйона тонн риб'ячого жиру ([254]). Динаміка виробництва рибного борошна показана на **Рисунку 11**.

(251) FAO (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – *Blue Transformation in action*. Rome, https://doi.org/10.4060/cd0683en
(252) FAO (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – *Blue Transformation in action*. Rome, https://doi.org/10.4060/cd0683en
(253) FAO (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – *Blue Transformation in action*. Rome, https://doi.org/10.4060/cd0683en
(254) FAO (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – *Blue Transformation in action*. Rome, https://doi.org/10.4060/cd0683en

Рисунок 11 – Світове виробництво рибного борошна



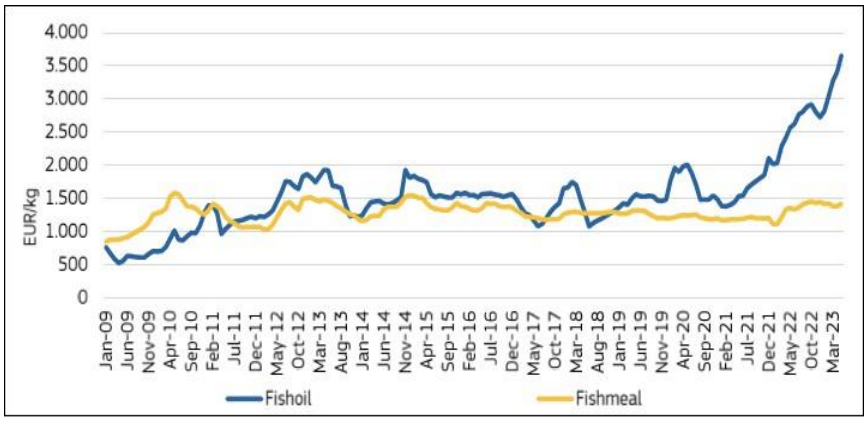
Джерело: FAO, 2024 ([255]). (з цілої риби; з відходів рибопереробки)

Зростання аквакультури та попит на рибне борошно і риб'ячий жир призвели до підвищення цін у зв'язку зі зменшенням обсягів виробництва. Протягом останніх кількох років спостерігався значний дисбаланс у динаміці попиту та пропозиції, особливо щодо риб'ячого жиру. З 2011 по 2023 рік ціни на риб'ячий жир зросли приблизно на 181%, а ціни на рибне борошно — приблизно на 67%. Ця тенденція також призвела до зниження рівня включення цих компонентів у корми для аквакультури ([256]).

Значне зростання цін на риб'ячий жир у період з 2021 по 2023 рік було зумовлено кількома факторами. Перу, яке є найбільшим у світі виробником риб'ячого жиру з анчоусів, запровадило обмеження на вилов риби з метою збереження анчоусів, зокрема через велику кількість молоді у прилові внаслідок впливу Ель-Ніньо. Ці обмеження призвели до зниження вилову, що зменшило світову пропозицію, а це, у свою чергу, спричинило зростання цін на риб'ячий жир. Вплив на ціни на риб'ячий жир був особливо помітним, оскільки на даний момент не існує широко використовуваної альтернативи, що забезпечує EPA та DHA, які необхідні для здоров'я багатьох видів риб, а також використовуються для харчових добавок ([257]). Крім того, триваючі перебої в глобальних ланцюгах постачання через пандемію COVID-19 та інфляційний тиск у 2022 році ще більше посилили зростання цін ([258]).

(255) EUMOFA (2023). Fishmeal and Fish Oil. Available here.
(256) Just Vitamins (n.d.) “Why Have Fish Oils Increased in Price So Much?". Available here.
(257) Barreiro, L. (2022). “Aquafeed Outlook 2023: Prices, Novel Ingredients and Feed Efficiency". Available here.
(258) EUMOFA (2023). Fishmeal and Fish Oil. Available here.

Рисунок 12 – Ціни на рибне борошно та риб'ячий жир у Європі



Source: Oilworld. Values are deflated by using the GDP deflator (base=2015).

Джерело EUMOFA, 2023 ([259]). (риб'ячий жир, борошно)

Для виробництва аквакультури в ЄС прогнозується зростання на 8,9% з 2022 по 2032 рік, тоді як світове виробництво аквакультури, за оцінками, зросте на 17% за той самий період ([260]).

Таке істотне зростання виробництва аквакультури спричиняє значне збільшення попиту на корми для аквакультури. Однак ФАО прогнозує, що виробництво рибного борошна збільшиться лише на 9 %, а риб'ячого жиру – на 12 % у період з 2022 по 2032 рік. Передбачається, що це збільшення буде досягнуто переважно за рахунок використання цілої риби, отриманої в рибальстві, у поєднанні з побічними продуктами. Прогнозується, що частка рибного борошна, отриманого з побічних продуктів, зросте з 27% до 30% у період з 2022 по 2032 рік, тоді як частка риб'ячого жиру з побічних продуктів, як очікується, залишиться стабільною на рівні близько 57% ([261]). Слід зазначити, що поточні показники включення побічних продуктів варіюються в різних літературних джерелах.

З огляду на прогнозоване зростання виробництва аквакультури та обмежене збільшення поставок рибного борошна та риб'ячого жиру, очікується дефіцит поставок для задоволення потреб у кормі зростаючої галузі.

Що стосується попиту ЄС, то глобальне збільшення обсягів виробництва інгредієнтів на основі риби, теоретично, може допомогти заповнити очевидний дефіцит пропозиції в ЄС. Однак, з огляду на те, що ЄС повинен конкурувати з іншими регіонами, а також враховуючи, що, за прогнозами, глобальне виробництво аквакультури буде зростати ще більш стрімкими темпами, що призведе до збільшення загального

(259) FAO (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – *Blue Transformation in action*. Rome, https://doi.org/10.4060/cd0683en.
(260) FAO (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – *Blue Transformation in action*. Rome, https://doi.org/10.4060/cd0683en.

попиту, не вся додаткова пропозиція буде розподілена між країнами ЄС. Отже, фактичний розмір дефіциту буде значною мірою залежати від того, як це збільшення виробництва розподілятиметься на міжнародному рівні. Реалії ринку, такі як конкуренція, динаміка розподілу та ціновий тиск, ймовірно, призведуть до того, що ЄС зіткнеться з помітним дефіцитом рибного борошна та риб'ячого жиру для аквакорму.

7.3. Потенціал інгредієнтів на основі водоростей для заміни рибного борошна та риб'ячого жиру в кормі для аквакультури

У зв'язку зі зростанням попиту на риб'ячий жир і рибне борошно, що супроводжує розвиток сектора аквакультури, надзвичайно важливо знайти рішення, які дозволять усунути очікуваний дефіцит пропозиції, одночасно зменшивши залежність від інгредієнтів на основі риби, що видобуваються нестабільними методами, і тим самим зменшивши тиск на морські екосистеми. Це вимагає пошуку альтернативних джерел, одним з яких є використання інгредієнтів на основі водоростей, які можуть стати життєздатним і більш сталим варіантом.

Отримати точні дані про поточну доступність та використання інгредієнтів з водоростей у кормі для аквакультури складно, оскільки галузь рідко оприлюднює цю інформацію. Консультації з зацікавленими сторонами галузі показують, що середній вміст інгредієнтів з водоростей у загальному кормі наразі становить близько 1 % і складається переважно з водоростевої олії (2025).

Світовий ринок омега-3 EPA та DHA досяг вартості 1,58 млрд доларів США у 2021 році, а загальний обсяг склав 115 758 тонн. На цьому ринку на олії з водоростей припадало приблизно 2034 тонни – близько 1,8% обсягу та 15% загальної ринкової вартості ([262]).

Однак, залежно від використовуваного джерела, ці оцінки можуть значно відрізнятися. Glencross et al. оцінили, що в 2023 році водоростеві олії вже становили приблизно 12 000 тонн EPA і DHA у світі ([263]).

У розділі 2.3.1 наведено детальні дані про поточний ринок водоростей, а також прогнози його зростання, включаючи дані по конкретних видах.

(261) CEVA (2024). Report of the current algae industry in Europe. Available here.
(262) Glencross, B. D., Bachis, E., Betancor, M. B., et al. (2024). Omega-3 Futures in Aquaculture: Exploring the Supply and Demands for Long-Chain Omega-3 Essential Fatty Acids by Aquaculture Species. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, *33*(2), 167–216. https://doi.org/10.1080/23308249.2024.2388563
(263) EUMOFA (2023). Fishmeal and Fish Oil. Available here.

7.3.1. Водоростеве борошно для заміни рибного борошна

Чи може водоростеве борошно стати замінником рибного борошна в найближчому майбутньому?

Історично рибне борошно було основним джерелом білка в кормі для аквакультури, цінувалося за високий вміст білка, незамінні амінокислоти та засвоюваність. Однак зростання цін і проблеми сталого розвитку спонукали до пошуку альтернативних інгредієнтів, таких як борошно з мікроводоростей і борошно з комах. Деякі водорості мають надзвичайно високий вміст білка і відповідний амінокислотний профіль, що робить їх ідеальними кандидатами на заміну рибного борошна в кормі для аквакультури.

Експерти кормової промисловості вважають, що фототрофні види водоростей мають значний потенціал для використання в аквакормі. Вони очікують, що протягом найближчих 5 років у аквакормі буде можливо додавати приблизно 3% водоростевого борошна. Однак малоймовірно, що водоростеве борошно скоро стане основним замінником рибного борошна, оскільки сучасні технології переробки ще не досягли рівня, необхідного для додавання великих обсягів. Хоча частина рибного борошна може бути замінена, біомаса водоростей, швидше за все, буде додаватися як функціональний інгредієнт — наприклад, для отримання потенційних переваг від інших компонентів, таких як пігменти або бета-глюкан, з метою поліпшення здоров'я та якості риби. Для того щоб інгредієнти на основі водоростей стали конкурентоспроможними з рибним борошном або іншими альтернативами як за вартістю, так і за ефективністю, необхідні подальші технологічні вдосконалення та додаткові дослідження. Деякі варіанти вдосконалення розглядаються більш детально в розділі 74.2.

Прогноз щодо заміщення рибного борошна водоростевим

Кількість рибного борошна, що використовується для кормів для аквакультури в ЄС, була розрахована приблизно в 390 000 тонн у 2022 році. Виходячи з очікуваного загального зростання на 8,9 % у секторі аквакультури ЄС між 2022 і 2032 роками, як прогнозує ФАО, можна розрахувати збільшення приблизно на 7,1 % до 2030 року. Це означатиме прогнозований попит на рибне борошно для кормів для аквакультури в ЄС у розмірі приблизно 418 000 тонн на рік до 2030 року, за умови, що склад кормів не зміниться.

Зацікавлені сторони підкреслили, що до 2022 року в корми для аквакультури не входив значний вміст водоростей. За розрахунками, з урахуванням прогнозованого вмісту 3 % протягом наступних 5 років (до 2030 року), потреба в кормі з водоростей для аквакультури ЄС може становити 12 500 тонн, що призведе до заміни рівної кількості рибного борошна до 2030 року.

Хоча більшість зацікавлених сторін зазначили, що прогноз для сектору кормів з

водоростей на період понад 5 років буде дуже неточним, деякі з них оцінили, що до 2040 року середній рівень включення водоростей у корми може досягти 6 %.

7.3.2. Водростева олія для заміни риб’ячого жиру

Чи зможе водоростева олія стати замінником риб’ячого жиру найближчим часом?

Риб'ячий жир багатий на омега-3 довголанцюгові поліненасичені жирні кислоти, зокрема EPA та DHA. Наразі вміст риб'ячого жиру в кормах для м'ясоїдних видів риб, таких як лосось і форель, становить приблизно 10 % (див. рисунок 1 у розділі 2.1 про склад кормів). Олія з водоростей є одним з небагатьох альтернативних джерел EPA та DHA і має потенціал для значної заміни риб'ячого жиру в кормах для аквакультури ([264]).

На основі декількох звітів, консультацій із зацікавленими сторонами галузі та висновків MCA в розділі 3.1, можна зробити висновок, що в кормах для аквакультури риб'ячий жир можна замінити на 100% олією з водоростей. Однак, як пояснено в попередніх розділах, не очікується, що такий високий рівень включення буде реалістичним у найближчі роки. Навіть у більш віддаленому майбутньому риб'ячий жир, швидше за все, буде продовжувати використовуватися разом з водоростевими інгредієнтами в кормі для аквакультури. Однак, як зазначено в попередніх розділах, такий високий рівень включення не вважається реалістичним у найближчі роки. Навіть у більш віддаленому майбутньому, дуже ймовірно, що риб'ячий жир буде продовжувати використовуватися разом з водоростевими інгредієнтами в кормі для аквакультури. Проте, ці компоненти повинні бути отримані з екологічно сталих джерел, включаючи побічні продукти переробки аквакультури та відповідально виловлену кормову рибу. За даними виробників кормів для аквакультури та експертів у цій галузі, середній рівень включення 5% водоростевої олії може бути досягнутий протягом найближчих п'яти років.

Прогноз щодо заміни риб’ячого масла водоростевою олією

Було підраховано, що в 2022 році в ЄС для кормів для аквакультури було використано приблизно 152 000 тонн риб'ячого жиру. Крім того, за оцінками ФАО, з 2022 по 2032 рік сектор аквакультури зросте на 8,9 %. Припускаючи лінійний темп зростання, до 2030 року аквакультура може збільшитися приблизно на 7,1 %. Не враховуючи зміни у складі кормів, це призведе до потреби у 163 000 тонн риб'ячого жиру на рік у 2030 році. Припускаючи, що додавання 5% водоростевої олії до кормів для аквакультури може замінити приблизно дві третини від загальної потреби у риб'ячому жирі, до 2030 року приблизно 109 000 тонн риб'ячого жиру може бути замінено водоростевим маслом. Важливо зазначити, що, за словами опитаних зацікавлених сторін, співвідношення заміщення риб'ячого жиру водоростевим жиром не є 1:1, оскільки рівень EPA і DHA у

водоростевому жирі зазвичай вищий, а скоріше 2:3, що означає, що для заміщення 109 000 тонн риб'ячого жиру загалом потрібно близько 73 000 тонн водоростевої олії при 5% включенні до кормів для аквакультури в ЄС.

Хоча точних даних щодо поточного середнього вмісту водоростевої олії немає, зацікавлені сторони оцінили, що на даний момент її вміст у кормі для аквакультури становить приблизно 1 %, що було досягнуто переважно протягом останніх років. Слід також зазначити, що до 2022 року невеликі кількості водоростевої олії вже були включені до кормів для аквакультури. Однак через приблизність оцінок, на яких базуються ці дані, ці попередні включення не враховуються в розрахунках, оскільки вони мали б лише відносно незначний вплив. Тому для цього розрахунку було прийнято припущення, що передбачуване включення 1 % було досягнуто між 2022 і 2025 роками. Це залишає необхідність додаткового включення 4 %, що потребуватиме приблизно 58 000 тонн водоростей на рік до 2030 року. Важливо зазначити, що середнє споживання риб'ячого жиру в ЄС було вказано як діапазон із варіативністю приблизно ±17% навколо середнього значення, використаного в цих розрахунках (див. таблицю 11). Отже, оціночний попит на водоростеву олоію на основі цього середнього значення також може варіюватися в межах цього діапазону. Крім того, при складанні майбутніх прогнозів слід враховувати той факт, що поточні показники включення є приблизними оцінками.

Розраховані цифри були обговорені з виробниками водоростей та водоростевої олії. Вони визнали ці цифри реалістичними, однак важливо зазначити, що, хоча метод і джерела, використані для розрахунків, відповідали вимогам, вони рекомендували розраховувати значення для риб'ячого жиру та водоростевої олії на основі кількості EPA та DHA. Такий підхід може дати більш точні результати, особливо з огляду на мінливість концентрацій цих цільових сполук, особливо у водоростевій олії

Під час інтерв'ю із зацікавленими сторонами було зазначено, що прогноз щодо включення водоростей на будь-який період, що перевищує п'ять років, буде дуже складним і ненадійним. Однак деякі передбачали, що до 2040 року можна буде досягти повної заміни інгредієнтів, отриманих з кормової риби, водоростями, що означатиме включення водоростевої олії в кількості приблизно 8 %.

7.4. Вимоги щодо заміни інгредієнтів на основі риби інгредієнтами кормів на основі водоростей у сучасній аквакультурі ЄС

7.4.1. Рекомендовані види водоростей

Деякі мікроводорості мають величезний потенціал для заміни рибного борошна білком, отриманим з водоростей, і містять відповідну олію, багату на EPA та DHA. Як зазначено в

Розділі 2.1, біомаса макроводоростей не виявилася перспективним варіантом для заміни рибного борошна та риб'ячого жиру.
Мікроводорості, зокрема такі види, як Nannochloropsis sp. та Chlorella sp., вже давно використовуються в аквакультурі, особливо в інкубаторах ([265]). Однак використання

водоростевого борошна та водоростевої олії в кормі для аквакультури є більш новим напрямком. Борошно, отримане з декількох видів мікроводоростей, таких як Schizochytrium sp., Chlorella sp., Nannochloropsis sp., Dunaliella sp. або Spirulina sp., було оцінено в різних наукових доповідях з метою вивчення його потенціалу як інгредієнта корму для риб ([266]). Хоча кілька видів мають сприятливий склад, серед видів, досліджених у цьому звіті, Nannochloropsis sp. та Chlorella sp. були визнані особливо придатними для заміни рибного борошна.

Проте лише кілька видів водоростей мають потенціал для виробництва олії, багатої на омега-3 жирні кислоти. Серед потенційних мікроводоростей Schizochytrium sp. виділяється завдяки значно високому вмісту DHA, що робить її придатною для заміни цього компонента в риб'ячому жирі. Штам Schizochytrium, який також може виробляти EPA, або комбінація DHA з Schizochytrium sp. з іншим видом, що виробляє EPA, можуть бути прийнятними варіантами. Олії водоростей, які в даний час комерційно використовуються для кормів для аквакультури, виробляються з Schizochytrium sp. Однак використання інших видів також є поширеним для виробництва олії водоростей, призначеної для харчової або нутрицевтичної промисловості ([267]).

З огляду на те, що комерційно доступна олія, отримана з Schizochytrium sp., має дуже сприятливий склад, який може бути використаний для вирощуваних водних тварин, у найближчому майбутньому вона буде все частіше застосовуватися в кормі для аквакультури. На додаток до встановленого використання Schizochytrium sp., зацікавлені сторони галузі також вказують, що подальші дослідження можуть бути спрямовані на вивчення різних видів або штамів Schizochytrium з ще більш сприятливим профілем жирних кислот.

Інші види водоростей, наприклад Phaeodactylum tricornutum і Nitzschia sp., також багаті на омега-3 олії ([268]), хоча вони не мають високого вмісту DHA. Експерти галузі вказують, що малоймовірно, що інші види мікроводоростей стануть реальними конкурентами Schizochytrium з точки зору вмісту олії.

Важливо підкреслити, що цінність водоростей виходить за межі згаданих до цього моменту компонентів. Не слід забувати про біоактивні сполуки, такі як пігменти та вуглеводи, які мають антиоксидантні та імуномодулюючі властивості, оскільки вони можуть сприяти здоров'ю риб. Багато видів мікро- та макроводоростей містять вуглеводи з пребіотичними властивостями, що робить їх цінним доповненням до кормів для аквакультури як функціональні інгредієнти або кормові добавки ([269]).

Ці аспекти більш детально розглядаються в розділі 2.1.2 цього звіту. Виділення та використання різних компонентів, таких як ці біоактивні сполуки, разом з олією та шротом з відповідних видів водоростей, може бути вигідним підходом.

(264) CEVA (2024). Report of the current algae industry in Europe. Available here.
(265) Yarnold et al. (2019). Microalgal Aquafeeds As Part of a Circular Bioeconomy. *Trends in Plant Science,* 24(10). https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.06.005
(266) CEVA (2024). Report of the current algae industry in Europe. Available here.
(267) Yarnold et al. (2019). Microalgal Aquafeeds As Part of a Circular Bioeconomy. *Trends in Plant Science,* 24(10). https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.06.005
(268) Nagappan et al. (2021). Potential of microalgae as a sustainable feed ingredient for aquaculture. *Journal of Biotechnology,* 342. https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.09.003
(269) FAO (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – *Blue Transformation in action*. Rome, https://doi.org/10.4060/cd0683en.

7.4.2. Технологічна та просторова реалістичність

Представники аквакультури та кормової промисловості сходяться на думці, що основним фактором, який обмежує використання інгредієнтів на основі водоростей у кормах для аквакультури, є їхня зазвичай вища вартість порівняно з інгредієнтами на основі риби. Для подолання цієї проблеми необхідне подальше збільшення обсягів виробництва, а також оптимізація технологій і методів виробництва. У розділі 4 представлено комплексну систему фінансових стимулів для подолання економічних перешкод. Крім того, у цьому підрозділі оцінюється технологічна та просторова здійсненність, включаючи різні варіанти вдосконалення та використання побічних продуктів цукрової промисловості для вирощування водоростей в Європі.

7.4.2.1. Оптимізація використання водоростей та технології

Велика кількість мікро- та макроводоростей використовується в харчових та дієтичних добавках, а також для вилучення загущувачів, таких як гідроколоїдні продукти, що отримуються з морських водоростей. Це застосування поширюється також на нехарчовий сектор (270). Перспективною стратегією може бути використання біомаси, що залишається після вилучення цих гідроколоїдів або деяких інших компонентів. Такий підхід міг би сприяти зниженню витрат, роблячи біомасу та біоактивні сполуки, отримані з водоростей, більш доступними (271).

У розділі 2.2 основна увага приділялася варіантам підвищення біодоступності та засвоюваності відповідних компонентів різних видів водоростей. Як було зроблено висновок, універсального рішення щодо оптимальної обробки не існує, а деякі види є достатньо ефективними навіть без додаткової обробки. Однак метою залишається подальше вдосконалення процесів вилучення цінних компонентів з водоростей або виробництва біомаси з оптимальною біодоступністю поживних речовин та біоактивних компонентів. Це включає забезпечення того, щоб інгредієнти були легко засвоюваними та не містили антипоживних факторів, які є компонентами, що впливають на морфологію та функцію шлунково-кишкового тракту, особливо у вирощуваних хижих риб. Також очевидно, що перетравлення мікроводоростей з товстою клітинною стінкою, таких як *Nannochloropsis sp.* та *Chlorella sp.,* є більш складним для риб, ніж водоростей з тонкою клітинною стінкою або без неї. Для поліпшення перетравності та зменшення антипоживних факторів можна застосовувати методи попередньої обробки, такі як мікробіологічна обробка або фізичні методи обробки, включаючи екстракцію, смаження, бланшування або замочування (272).

---

(270) Mwendwa et al. (2023). Potential for Use of Seaweed as a Fish Feed Ingredient: A Review. *Journal of Agricultural Science,* 152(2). http://dx.doi.org/10.5539/jas.v15n2p96

(271) Ahmad, A., Hassan, S.W., Banat, F. (2022). An overview of microalgae biomass as a sustainable aquaculture feed ingredient: food security and circular economy, Bioengineered, 13(4). https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2061148

Успіх був обмеженим, і вдосконалення методів попередньої обробки для підвищення доступності поживних речовин для риб підвищить ефективність і, як наслідок, конкурентоспроможність інгредієнтів на основі водоростей.

Експерти відзначають, що помітною проблемою щодо корисних компонентів водоростей є їх значна мінливість. Не тільки між видами, але й через такі фактори, як час збору, походження та метод виробництва. Ця мінливість ускладнює надійне забезпечення корисного впливу конкретної біомаси водоростей на продуктивність риб. Необхідні додаткові дослідження в цій галузі для виробництва біомаси водоростей з постійним складом поживних речовин або біоактивних сполук, які забезпечують надійні та корисні результати для вирощуваних водних тварин. Це особливо актуально при пошуку біоактивних сполук.

7.4.2.2. Вирощування водоростей в Європі та за її межами та використання побічних продуктів

Вирощування водоростей в Європі та за її межами

Всі водорості для росту потребують води та певних поживних речовин, таких як азот, фосфор та мікроелементи. Крім того, автотрофні водорості, такі як Nannochloropsis sp., для росту потребують CO_2 і світла, тоді як для культивування гетеротрофних водоростей, таких як Schizochytrium sp., необхідне джерело цукру. Це може бути особливою перешкодою, оскільки виробництво цукру спеціально для росту водоростей є дорогим і ресурсоємним і конкурує з іншими галузями, такими як харчова промисловість.

Виробник водоростевої олії Corbion використовує побічні продукти цукрового заводу в Бразилії для виробництва Schizochytrium sp. ([273]). Іншим прикладом великого виробника водоростевої олії є Veramaris, який закуповує цукор, вироблений з кукурудзи в США, яку вирощують поблизу їхніх заводів з виробництва водоростей. Однак вони заявляють, що будь-яке чисте джерело цукру може бути використане як субстрат ([274]).

Більшість великих виробників водоростевої олії в даний час не ведуть виробництво в Європі. За словами деяких опитаних представників галузі, проблема полягає у відсутності в Європі великих заводів з ферментації водоростей, які мали б доступ до дешевого цукру з відносно низьким рівнем викидів вуглецю. На думку представників галузі, умови в Європі не є ідеальними для виробництва таких великих обсягів цукрових культур, придатних для виробництва водоростей. Географічне положення з неоптимальними кліматичними умовами за межами південної Європи та певні фінансово-економічні аспекти, такі як вищі витрати на робочу силу або землю, можуть стати перешкодою ([275]). Пошук рішень цих проблем дасть значний поштовх ринку водоростей, що дозволить йому краще задовольняти потреби європейської галузі виробництва кормів для аквакультури.

Великою перевагою, на яку вказали та високо оцінили опитані зацікавлені сторони, був той факт, що логістичні витрати та витрати на імпорт можна було б значно зменшити, якби великі виробничі потужності були створені безпосередньо в Європі. Крім того, значною перевагою була б близькість до таких великих ринків, як Норвегія, яка потребує великих обсягів олії, багатої на EPA та DHA, для виробництва сьомги. Ще однією сильною стороною Європи в секторі мікроводоростей є її міцні позиції як наукової та технологічної бази, а також політика фінансування досліджень і розробок ([276]).

Важливо зазначити, що деякі компанії вже використовують ці переваги, оскільки вони вже виробляють водорості для виробництва водоростевої олії або водоростевого борошна для аквакорму в Європі. Одним із прикладів є виробник водоростевої олії MiAlgae ([277]). Вони вирішили проблему доступності відповідних недорогих цукрових культур іншим способом: вони використовують побічні продукти дистиляції з віскі-промисловості Шотландії, а також користуються перевагами близькості до віскі-гуралень ([278]).

Використання побічних продуктів для культивування водоростей

Циркулярні підходи, такі як використання води, багатої на поживні речовини, або побічних потоків з інших галузей промисловості, а також розробка супутніх продуктів, можуть не тільки підвищити екологічну сталість, але й стати більш економічним варіантом для виробництва кормів з водоростей.
Всі водорості для росту потребують води та певних поживних речовин, таких як азот, фосфор і мікроелементи. Тому підходи, що передбачають повторне використання або відновлення цих ресурсів з промислових побічних потоків або під час виробництва, можуть бути актуальними для всіх методів культивування водоростей.
Звіти під назвою "Потенціал водоростей для очищення (відходів) води та виробництва добрив/біостимуляторів для рослин" та "Нормативні бар'єри, рекомендації, належні (сталі) практики та майбутні шляхи використання життєздатних перероблених матеріалів в органічних добривах з мікроводоростей", які є частиною Дослідження з підтримки сталого розвитку галузі водоростей в ЄС разом з цим звітом, детально досліджують використання таких побічних продуктів та CO_2 для виробництва мікроводоростей. Однак, незважаючи на наявність багатьох паралелей з виробництвом кормів, слід визнати, що ці дослідження зосереджуються переважно на застосуванні

(272) CEVA (2024). Report of the current algae industry in Europe. Available here.
(273) Veramaris (n.d.). How it's made.
(274) Vigani et al. (2014). *Microalgae-based products for the food and feed sector: an outlook for Europe*, Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2791/3339
(275) Vigani et al. (2014). *Microalgae-based products for the food and feed sector: an outlook for Europe*, Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2791/3339
(276) MiAlgae
(277) MiAlgae
(278) Şimşek & Çetin (2022). "The Effect of Waste Molasses on the Growth and the Amount of Lipid and Protein of Chlorella Vulgaris," *International Journal of Nature and Life Sciences* 6, no. 1: 41–47, https://doi.org/10.47947/ijnls.1092216

водоростей як добрив. Важливо визнати, що при виробництві водоростей для кормових цілей застосовуються додаткові регуляторні міркування та обмеження. Загалом, побічні продукти, що використовуються для виробництва кормів, повинні бути харчової якості, щоб забезпечити безпеку та прийнятність кінцевих кормових продуктів. Хоча регуляторна оцінка використання побічних продуктів не була частиною цього дослідження, варто зазначити, що термін "відходи" слід тлумачити з обережністю. З юридичної точки зору, продукт, класифікований як «відходи», не може бути безпосередньо використаний у виробництві кормів. Він повинен спочатку отримати статус "вторинних відходів" (як визначено в Рамковій директиві ЄС про відходи 2008/98/ЄС), що підтверджує, що він більше не кваліфікується як відходи і може бути перероблений для конкретних цілей, таких як виробництво кормів. Ці правові аспекти більш детально розглядаються у вищезазначених звітах. Варто також зазначити, що майбутній Закон про циркулярну економіку може запровадити зміни, які сприятимуть або спростять застосування циркулярних підходів, що потенційно може бути вигідним і для виробництва водоростей.

Використання побічних продуктів може бути одним з найбільш перспективних рішень, особливо для вирощування гетеротрофних водоростей для виробництва олії в Європі. Дослідження в цій галузі тривають, і в рамках кількох проектів та досліджень вже вивчалося використання багатих на цукор побічних продуктів для вирощування гетеротрофних видів водоростей, таких як Schizochytrium sp.

Хоча утилізація відходів шляхом вирощування водоростей відкриває чудові можливості, слід наголосити, що в першу чергу слід уникати утворення відходів. Утилізація відходів повинна доповнювати, а не замінювати більш широкі заходи щодо запобігання утворенню відходів.

У наступних параграфах розглядаються різні варіанти використання побічних потоків та побічних продуктів, зокрема як джерел вуглецю для виробництва гетеротрофних водоростей в Європі:

Меляса з цукрових буряків

В той час як цукрова тростина не є поширеною цукровою культурою в Європі, цукровий буряк є основним джерелом цукру на континенті. Одним із значних побічних продуктів переробки цукрового буряка є меляса, яка залишається після вилучення сахарози. Було успішно доведено, що меляса з цукрового буряка може слугувати відповідним джерелом вуглецю для росту гетеротрофних водоростей, таких як Chlorella vulgaris. Більше того, було оцінено, що такий підхід може значно знизити витрати на вирощування ([279]).

Побічні продукти броварень та гуралень

Наприклад, компанія MiAlgae демонструє, що підходи до виробництва гетеротрофних мікроводоростей з відходів гуралень вже використовуються на практиці. Хоча віскі-промисловість може бути дуже підходящим партнером для отримання джерела вуглецю в Шотландії, в інших країнах Європи більш поширеними можуть бути побічні продукти броварень або гуралень. У цьому випадку ключове значення мають також логістика та місцеві партнерства. Наприклад, згідно з резюме наукової роботи Yang et al. ([280]), гідролізат відходів пивних дріжджів може бути успішно використаний для культивування Schizochytrium sp. для виробництва DHA.

Побічні продукти молочарства (сироватка, лактоза)

Відходи молочного виробництва часто не використовуються далі і можуть спричиняти екологічні проблеми та витрати на утилізацію для виробника. Ці рідини багаті на поживні речовини і можуть містити до 5% лактози ([281]).

У кількох дослідженнях було випробувано вирощування гетеротрофних водоростей, придатних для виробництва DHA. Одним із видів, що досліджувалися в роботі Russo et. al. ([282]), був Aurantiochytrium mangrovei. Для цього виду був необхідний етап гідролізу лактози до глюкози та галактози. Ці цукри також можуть бути використані Schizochytrium sp. Однак дослідження показало, що вміст поживних речовин у відходах молочного виробництва, що використовуються окремо (у випадку виробництва моцарели), не призводив до достатніх результатів росту в порівнянні зі стандартними середовищами. В результаті було обрано комбінацію цих молочних побічних продуктів з відходами пивоварного виробництва як середовище, що забезпечило хороші результати росту і показало багатообіцяючі результати як альтернатива для сталого методу виробництва, що знижує витрати на виробництво DHA. Слід також зазначити, що інші види або штами можуть бути здатні безпосередньо використовувати лактозу.

---

(279) Yang Qingyi et al. (2025). “Production of DHA Algal Oil from Schizochytrium Sp. Fed with Waste Beer Yeast Hydrolysate,” *Food and Machinery* 41, no. 2: 173–80, http://www.ifoodmm.com/spyjxen/article/abstract/202502022.

(280) Russo et al. (2021). “Formulation of New Media from Dairy and Brewery Wastes for a Sustainable Production of DHA-Rich Oil by Aurantiochytrium Mangrovei,” *Marine Drugs* 20, no. 1 39, https://doi.org/10.3390/md20010039.

(281) Russo et al. (2021). “Formulation of New Media from Dairy and Brewery Wastes for a Sustainable Production of DHA-Rich Oil by Aurantiochytrium Mangrovei,” *Marine Drugs* 20, no. 1 39, https://doi.org/10.3390/md20010039.

(282) Rasmussen et al. (2020). “Valorization of Side-Streams from Lactose-Free Milk Production by Electrodialysis,” *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 62: 102337, https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102337.

Використання демінералізованих стоків від виробництва безлактозного молока також може бути перспективним, оскільки воно містить велику кількість лактози і, як правило, є складним для утилізації в молочній промисловості ([283]).

Побічні продукти переробки фруктів

Фруктові відходи є доступними та недорогими. Однак конкретний склад фруктових відходів може значно відрізнятися. В середньому, органічна речовина фруктових відходів складається приблизно на 75% з нерозчинної геміцелюлози та розчинних цукрів, таких як глюкоза, сахароза та фруктоза. Іншими компонентами є целюлоза (9%) та лігнін (5%) ([284]).

Численні дослідження продемонстрували успішне вирощування різних видів гетеротрофних водоростей. Слід зазначити, що фруктові відходи, призначені для виробництва мікроводоростей, зазвичай потребують попередньої обробки або переробки перед використанням, що також може бути дорогим. Це робить такий підхід більш придатним для високоцінних продуктів. Особливо з подальшим розвитком у напрямку зниження витрат на виробництво гетеротрофних водоростей це може бути життєздатним варіантом ([285]).

Відходи деревини, наприклад, з лісового, сільського та комунального господарства

Інший підхід полягає у використанні відходів деревної біомаси як джерела цукру для вирощування водоростей. Це рішення не конкурує з продовольчими культурами або іншими видами землекористування, що робить його перспективним варіантом, який було додатково досліджено в рамках фінансованого ЄС проєкту FLEXI-GREEN FUELS У цьому проекті целюлоза з деревних відходів оброблялася ферментами для перетворення її на глюкозу, яка потім використовувалася для культивування багатих на олію водоростей, зокрема Auxenochlorella protothecoides, здатних до гетеротрофного росту. Ці багаті на олію водорості використовувалися для виробництва біопалива ([286]). Хоча цей проект був спрямований в першу чергу на отримання біодизеля як кінцевого продукту, він все ж демонструє загальну реалістичність такого підходу, який також

(283) Lee et al. (2024).“Upcycling Fruit Waste into Microalgae Biotechnology: Perspective Views and Way Forward,” *Food Chemistry: Molecular Sciences* 8: 100203, https://doi.org/10.1016/j.fochms.2024.100203.
(284) Lee et al. (2024).“Upcycling Fruit Waste into Microalgae Biotechnology: Perspective Views and Way Forward,” *Food Chemistry: Molecular Sciences* 8: 100203, https://doi.org/10.1016/j.fochms.2024.100203.
(285) European Commission (2024). “Brewing Biofuels from Scrap Wood, with Help from Oil-Rich Algae,” Brewing biofuels from scrap wood, with help from oil-rich algae, Available here.
(286) Kujawska et al. (2021). “Optimizing Docosahexaenoic Acid (DHA) Production by Schizochytrium Sp. Grown on Waste Glycerol,” *Energies* 14, no. 6: 1685, https://doi.org/10.3390/en14061685.

може бути застосований для виробництва водоростевої олії, призначеної для інших секторів, таких як кормова промисловість.

Гліцерин як побічний продукт виробництва біодизеля

Гліцерин є основним побічним продуктом виробництва біодизеля і зазвичай вважається проблемою для виробників біодизеля, оскільки його утилізація створює екологічні проблеми і є дорогою. Споживання гліцерину гетеротрофними водоростями може бути рішенням не тільки для утилізації, але й для росту цих мікроводоростей з метою виробництва водоростевої олії (287).

Доцільність такого підходу була розглянута в декількох дослідженнях, наприклад, Kujawska et al. (288). У цьому дослідженні Schizochytrium sp. було успішно культивовано з використанням гліцерину як джерела вуглецю з метою валоризаціїі DHA, що продемонструвало високий потенціал такого підходу.

З огляду на широкий спектр можливих побічних потоків і побічних продуктів, також важливо враховувати кілька індивідуальних факторів, таких як:

- Які галузі вже розвинені в конкретному місці?
- Чи використовується конкретний побічний потік в інших галузях (в цьому конкретному місці)?
- Чи є достатньо коштів для попередньої обробки відповідного відходу, якщо це необхідно?
- Чи є додаткові нормативні вимоги, які необхідно врахувати при використанні конкретного побічного продукту в певній країні для виробництва водоростевих кормів?
- Наскільки стабільний рівень поживних речовин у цьому конкретному побічному продукті з потенційного місця розташування?
- Чи можна укласти угоди про довгострокове співробітництво?

Такі аспекти необхідно оцінювати індивідуально, підкреслюючи, що універсального рішення не існує. Загалом, використання побічних продуктів для виробництва водоростей в Європі є доцільним і є важливим кроком на шляху до підвищення екологічної та економічної сталості виробництва, зокрема гетеротрофних водоростей, одночасно сприяючи зменшенню обсягів відходів та підвищенню ефективності використання ресурсів.

7.5. Висновки та майбутні тенденції

У міру розширення аквакультурної галузі зростає попит на риб'ячий жир і рибне борошно. Нагальна потреба в сталих і життєздатних альтернативах спонукала галузь до пошуку інгредієнтів з нетрадиційних джерел. У цьому контексті водорості стали

перспективною альтернативою традиційним компонентам кормів. Протягом останніх років, особливо водоростеве масло набуло популярності як альтернатива, продемонструвавши високий потенціал для ефективної заміни риб'ячого жиру та пропонуючи більш стале рішення для зменшення залежності від інгредієнтів на основі дикої риби.

Хоча водоростева олія показала значні перспективи, використання водоростевого борошна все ще обмежене. Галузь ще не готова використовувати більше 3% водоростевого борошна, хоча дослідження показують, що залежно від виду риби можна досягти рівня включення 10% і більше. За оцінками, до 2030 року в ЄС можна буде замінити приблизно 12 500 тонн рибного борошна, включивши в корми для аквакультури в середньому 3% водоростевого борошна.

На відміну від цього, зрілий ринок водоростевої олії, підтриманий сприятливим профілем жирних кислот продукту, сприяв її зростаючому використанню в кормі для аквакультури. Прогнози вказують, що близько двох третин від загального обсягу риб'ячого жиру, що використовується в ЄС на даний момент – понад 100 000 тонн на рік – може бути замінено водоростевою олією до 2030 року. Зокрема, було підраховано, що додавання 5% олії водоростей до кормів для аквакультури може замінити 109 000 тонн риб'ячого жиру. Для цього знадобиться 73 000 тонн олії водоростей на рік, якщо припустити, що співвідношення заміщення становить 2:3. За оцінками, в середньому в кормі для аквакультури зараз міститься приблизно 1% водоростевої олії, що вказує на необхідність додаткових 58 000 тонн водоростевої олії на рік в ЄС до 2030 року.

Однак економічні обмеження залишаються фактором, що стримує більш широке застосування в кормах для аквакультури. Для вирішення цих проблем необхідні технологічні вдосконалення, використання побічних продуктів з інших ринків і, отже, розробка життєздатних рішень для виробництва водоростевих інгредієнтів безпосередньо в Європі. Ці стратегії покращать реалістичність та масштабованість кормових рішень на основі водоростей для сектору аквакультури.

Хоча перехід на кормові інгредієнти на основі водоростей пов'язаний з певними викликами, потенційні переваги для аквакультури та навколишнього середовища роблять їх чудовою альтернативою в кормі для аквакультури. Подальші дослідження та розробки мають вирішальне значення для створення більш сталого майбутнього для сектору рибництва.

(287) Kujawska et al. (2021). “Optimizing Docosahexaenoic Acid (DHA) Production by Schizochytrium Sp. Grown on Waste Glycerol,” *Energies* 14, no. 6: 1685, https://doi.org/10.3390/en14061685.

8. Висновки та узагальнення рекомендацій

8.1. Висновки

З огляду на виклики, пов'язані з широким використанням дикої риби як інгредієнта кормів для аквакультури, включаючи постійний надмірний вилов та очікуваний дефіцит поставок через її обмежену доступність, існує очевидна потреба в альтернативному рішенні. WP1 робить висновок, що водорості, зокрема певні мікроводорості, можуть слугувати життєздатним замінником інгредієнтів на основі риби.

Хоча протягом останніх десятиліть для заміни інгредієнтів на основі риби в кормі для аквакультури все частіше використовуються рослинні олії та борошно, збереження рівня ейкозапентаєнової кислоти (EPA) та докозагексаєнової кислоти (DHA) – омега-3 жирних кислот, що зазвичай містяться в рибі, – залишається проблемою. Водорості є перспективним рішенням, оскільки вони є первинним джерелом цих необхідних омега-3 жирних кислот. Крім того, деякі мікроводорості не тільки багаті на білок, але й мають відповідний амінокислотний профіль, що робить їх чудовою заміною рибного борошна. На основі обговорених результатів можна зробити кілька ключових висновків:

1. Існує очевидна потреба в альтернативних рішеннях замість дикої риби як обмеженого інгредієнта кормів для аквакультури через постійний надмірний вилов та очікуваний дефіцит поставок. З огляду на ці виклики, WP1 підтверджує нагальну необхідність у сталих замінниках.
2. Водорості можуть забезпечити відповідний амінокислотний профіль і є первинним джерелом незамінних омега-3 жирних кислот (EPA та DHA), що робить їх придатними для заміни рибного борошна та риб'ячого жиру. Це вирішує одну з ключових проблем рослинних замінників, яким часто бракує цих жирних кислот.
3. Особливо певні мікроводорості можуть слугувати життєздатним замінником інгредієнтів на основі риби в кормі для аквакультури, тоді як макроводорості не є настільки придатними. Однак обидва типи можуть забезпечити цінні функціональні та біоактивні сполуки, які можуть слугувати високоцінними кормовими добавками та позитивно впливати на загальний стан здоров'я риб.
4. Оцінені види мікроводоростей Schizochytrium sp., Nannochloropsis sp. та Chlorella sp. були визначені як особливо придатні кандидати для аквакормів. Вони були обрані на основі високого вмісту DHA та EPA і високого рівня білка з амінокислотним профілем, порівнянним з рибним борошном.
5. Методи обробки можуть підвищити засвоюваність та доступність поживних речовин водоростей, хоча їх ефективність та необхідність залежать від виду. Попередня обробка, така як руйнування клітинної стінки та ферментативна обробка, може бути ефективною в деяких випадках.
6. Корми для риб із значною кількістю водоростей демонструють порівнянні показники кормового коефіцієнту (FCR), питомого темпу росту (SGR) та загальний

стан здоров'я риб із кормами на основі риби. Цей висновок було зроблено в результаті багатокритеріального аналізу (MCA), який базувався на результатах численних випробувань та опитувань.

7. Заміна інгредієнтів на основі риби на водорості призвела до поліпшення якості риби та зниження рівня забруднення в аквакультурі. Це сприяє досягненню більш широких цілей у сфері безпеки харчових продуктів та здоров'я споживачів.

8. Інгредієнти кормів на основі водоростей, як правило, дорожчі за інгредієнти на основі риби, хоча водоростева олія іноді буває дешевшою. В середньому, корми на основі водоростей коштують приблизно на 10% дорожче.

9. Водорості забезпечують більшу стабільність цін завдяки виробництву в закритих середовищах, що захищає від зовнішніх факторів, таких як надмірний вилов риби або кліматичні події, додаючи стійкості ланцюгу постачання кормів.

10. Екологічні показники кормів, що містять водорості, значно різняться залежно від джерела, особливо залежно від умов виробництва. Щодо викидів CO2, деякі невеликі LCA показують вищі викиди, але вони часто не відображають ефективність або інновації на промисловому рівні.

11. Масштабне виробництво та циркулярні підходи можуть зробити корми, що містять водорості, більш стіалими, ніж традиційні корми для риб. Наприклад, для комерційно доступного продукту на основі водоростей DHA, LCA показав на 30-40% менший вплив на клімат у порівнянні з риб'ячим жиром.

12. Використання водоростей замість кормової риби зменшує тиск на дикі рибні запаси, що сприяє морським екосистемам та біорізноманіттю, тим самим підтримуючи регенеративні практики аквакультури.

13. Зниження коефіцієнта залежності від кормової риби (FFDR) є надзвичайно важливим, і навіть невелике додавання водоростей може значно сприяти досягненню цієї мети. Встановлення цільового показника FFDR є цілком реальним.

14. Значне зниження вмісту ПХБ та діоксинів можна досягти шляхом заміни інгредієнтів на основі риби водоростями. Ці забруднювачі в основному походять з морських інгредієнтів.

15. Такі стратегії, як застосування принципу ALARA та зниження граничних значень для ПХБ та діоксинів у регламенті щодо забруднюючих речовин у кормах (Директива 2002/32/ЄС), є реалістичними. Для ефективного зменшення забруднюючих речовин доступні різні технології та варіанти постачання, включаючи використання водоростей.

16. Хоча повна заміна інгредієнтів на основі риби на водорості є можливою і вигідною, поєднання водоростей з іншими альтернативами та побічними продуктами, отриманими з екологічно чистих джерел, такими як відходи аквакультури, є більш практичним для галузі.

17. Корми на основі комах також демонструють хороші результати, але все ще значно дорожчі за корми на основі риби та водоростей, що на даний момент обмежує їх використання.

18. Корми на рослинній основі без риби або альтернативних інгредієнтів показали значно гірші результати в плані ефективності корму та здоров'я риб, що підкреслює необхідність збалансованих рецептур.
19. Водорості можуть становити 10-15% від загального корму для лосося та форелі і 20-25% для лаврака та доради. Однак вартість залишається обмежувальним фактором, особливо для видів з нижчою вартістю.
20. Встановлення мінімальної мети у 25% EPA та DHA з нерибних джерел, таких як водоростева олія, є реалістичним і сприятиме зростанню попиту та виробництва.
21. Для підтримки широкого впровадження водоростей у корми для аквакультури необхідна цілісна система, що включає регулювання, фінансові інструменти та ринкові стимули.
22. Створення сприятливого політичного та регуляторного середовища має вирішальне значення для прискорення інтеграції водоростей у ланцюги створення вартості кормів.
23. Виправлення ринкових викривлень шляхом скасування субсидій на несталі корми для риб та надання податкових стимулів для сталих варіантів може сприяти впровадженню водоростей.
24. Включення сталої аквакультури до таксономії ЄС та використання інноваційних фінансових інструментів, таких як 'блакитні облігації', може підтримати сектор водоростей.
25. Нормативно-правова база вже дозволяє використання водоростей у кормах. Додаткові галузеві стандарти та сертифікації можуть ще більше сприяти їх впровадженню.

26, До 2030 року додавання 3% водоростевого борошна до кормів для аквакультури в ЄС може замінити близько 12 500 тонн рибного борошна.

27. До 2030 року додавання 5% водоростевої олії може замінити понад 100 000 тонн риб'ячого жиру щорічно в ЄС, що потребуватиме близько 73 000 тонн водоростевої олії.

28. Наразі водоростева олія становить близько 1% кормової суміші. Для досягнення цілей на 2030 рік потрібно додатково 58 000 тонн на рік.

29. Необхідні подальші дослідження з відбору штамів, технологій переробки та біодоступності поживних речовин для оптимізації водоростей для кормів.

30. Використання залишків біомаси після вилучення цінних компонентів, таких як гідроколоїди, може знизити загальні витрати та покращити стійкість.

31. Виробництво водоростей в ЄС може зміцнити місцеві ланцюги постачання, зменшити залежність від імпорту та підвищити стійкість.

32. Основною перешкодою в Європі є відсутність великомасштабної

інфраструктури для ферментації з доступом до недорогих, сталих джерел цукру.

33. В Європі існують прийнятні джерела цукру для ферментації водоростей (наприклад, меляса, побічні продукти пивоваріння, відходи деревини), але вони потребують подальших досліджень та оптимізації.

Оскільки очікується значне зростання аквакультури, а запаси дикої риби залишаються обмеженими, водорості представляють значну можливість – не тільки заповнити прогалину, але й замінити частину інгредієнтів на основі риби, що походять з несталих джерел. Олія та борошно з водоростей для аквакорму користуються високим попитом, але галузь все ще потребує підтримки в подальшому розвитку та розширенні виробництва кормів на основі водоростей. Інвестуючи в цей перспективний та інноваційний сектор, ми можемо допомогти прокласти шлях до процвітаючої та більш сталої аквакультури.

8.2. Узагальнені рекомендації

1) Оптимальний рівень включення водоростей в корми для аквакультури

Теоретичний оптимум включення водоростей: повна заміна інгредієнтів на основі риби альтернативами на основі водоростей технічно можлива. Водоростеве борошно та олія разом можуть становити 10-15% від загального корму для лосося та форелі та приблизно 20-25% для лаврака та доради (верхнє значення дорівнюватиме приблизно заміні всіх інгредієнтів, отриманих з цільної кормової риби, які зараз використовуються в кормах для цих видів); Однак економічні фактори будуть обмежувальними протягом тривалого часу, особливо для видів риб з нижчою ціною. Більш практичний і масштабований підхід може передбачати поєднання водоростей, інших альтернативних інгредієнтів та інгредієнтів на основі риби, отриманих з екологічно сталих джерел, зокрема обрізків та субпродуктів аквакультурного виробництва.

2) Впровадження мінімальних цільових показників для EPA+DHA, що не походять з риби

Що стосується риб'ячого жиру, мінімум 25% від загального вмісту EPA+DHA слід встановити як початкову ціль для включення EPA+DHA, що не походить з риби. Також рекомендується переглянути мінімальну ціль для джерел, що не походять з риби, оскільки ринок продовжує розвиватися.

3) Зниження коефіцієнта залежності від кормової риби (FFDR)

Слід заохочувати FFDR (можливо, індивідуально розглядати як FFDRm та FFDRo) навколо поточних середніх значень. Крім того, значно нижчий FFDR може бути винагороджений стимулами для сприяння використанню побічних продуктів та альтернативних інгредієнтів. Рекомендується одночасно інтегрувати ці цілі з іншими показниками, такими як LCA та сертифікації, що може забезпечити більш цілісний підхід. У міру зростання сектору аквакультури середні значення FFDR будуть далі знижуватися, оскільки кормова риба є обмеженим ресурсом. Тому цілі не повинні бути

статичними, а повинні переоцінюватися і, можливо, знижуватися відповідно в регулярних часових рамках, наприклад, кожні п'ять років.

4) Включення принципу ALARA щодо забруднювачів кормів

Доцільно включити принцип ALARA також до Директиви 2002/32/ЄС (Директива про небажані речовини в кормах для тварин) під час її перегляду в наступному раунді.

5) Зниження допустимих рівнів забруднення

Рекомендується знизити поточні граничні значення відповідно до регламенту щодо забруднюючих речовин у кормах (Директива 2002/32/ЄС) для діоксинів та суми діоксинів і діоксиноподібних ПХБ. Також має бути можливим зниження рівня недіоксиноподібних ПХБ. Крім того, пропонується знизити поріг дії для діоксинів і діоксиноподібних ПХБ.

6) Розробка додаткових галузевих стандартів

На додаток до існуючих галузевих стандартів, у секторі кормів з водоростей залишаються ключові прогалини, де нові стандарти були б корисними. Рекомендується розробити стандарти, що охоплюють такі аспекти:

Твердження: специфікація потенційно придатних тверджень (наприклад, щодо поживної цінності, екологічності, користі для здоров'я) для водоростей та кормів, що містять водорості, що підтверджують їх використання;

Походження біомаси: специфікація відповідних методів перевірки походження біомаси, що сприяє точному маркуванню;

Забруднювачі: визначення аналітичних методів виявлення забруднювачів у водоростях, а також огляд усіх відомих забруднювачів водоростей;

Управління водними ресурсами: керівні принципи щодо повторного використання води та вимірювання споживання води при вирощуванні водоростей;

Методи консервації: визначення відповідних методів консервації та зберігання водоростей для різних кінцевих цілей.

7) Розробка системи стратегій та фінансових стимулів

Рекомендується розробити комплексну загальноєвропейську систему (описану в розділі 4.1.3 вище) стратегій та фінансових стимулів, що сприятимуть включенню водоростей до складу кормів. До цієї системи рекомендується включити такі аспекти:

Створення сприятливого регуляторного та політичного середовища, включаючи політику, вдосконалені схеми сертифікації та технічну підтримку;

Виправлення ринкових викривлень за допомогою фіскальних заходів, таких як поступове скасування субсидій на несталі корми для риб та надання податкових стимулів для більш сталих варіантів;

Інтеграція сталої аквакультури в таксономію ЄС;

Впровадження інноваційних механізмів фінансування, включаючи 'блакитні облігації', позики та гарантії;

Зміцнення інфраструктури даних та прозорості.

Додатки

Додаток I – Таблиці

1.1 Потреби в поживних речовинах для основних видів риб – об'єктів аквакультури Європи

Таблиця 12 – потреби в поживних речовинах атлантичного лосося сьомги), *Salmo salar*

	Fry	Fingerling	Juvenile	Grower	Marine grower
Proximate feed composition (% dry feed basis)					
Crude protein, % min	50	45-50	45	42-45	40-45
Crude lipid, % min	16-18	20	20	20-24	24-30
Carbohydrate, % max	10	10	12	12	12
Crude fibre, % max	2	3	3	3	3
Digestible energy, min kJ/g	19	19	19	20	20
Amino acids (% minimum requirement of the dietary protein)					
Arginine	2	2	2	1.6	1.6
Histidine	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7
Isoleucine	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Leucine	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Lysine	2	1.8	1.8	1.8	1.8
Methionine	1.1	1	1	1	1
Phenylalanine	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Threonine	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Tryptophan	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Valine	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
EPA+DHA	0.5	0.5	0.5	1-2.6	1-2.6

Джерела: (289;290;291;292;293).

(288) National Research Council (2011). *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*, https://doi.org/10.17226/13039.

Таблиця 13 – Потреби в поживних речовинах європейського лаврака, *Dicentrarchus labrax*

	Fry	Fingerling	Juvenile	Grower
Proximate feed composition (% dry feed basis)				
Crude protein, % min	50	45-50	45-50	45
Crude lipid, %	15-18	15-18	15-18	15-18
Carbohydrate, % max	12	12	12	12
Digestible energy, kJ/g		19	19	19
Amino acids (% dry feed)				
Arginine		3.9-4.6	4.6	4.6
Histidine			1.6	1.6
Isoleucine			2.6	2.6
Leucine			4.3	4.3
Lysine		4.8	4.8	4.8
Methionine			2.3	2.3
Phenylalanine			2.6	2.6
Threonine		2.6	2.7	2.7
Tryptophan	0.5-0.7	0,6	0.6	0.6
Valine			2.9	2.9
EPA+DHA	1.3-1.5	1.3-1.5	1.1-1.20	1.1-1.20
At a size range of 24 – 80 g, the period when a 3 mm pellet is consumed, the optimum requirement for growth is 1.3 – 1.5% EPA+DHA, for both species. Beyond ~80 g (4.5 mm pellet) seabream require 1.20 – 1.25% EPA+DHA, whereas seabass require 1.10 – 1.20% EPA+DHA.				

Sources: ([294];[295];[296]).

(289) FAO (n.d.). Nutritional Requirements.
(290) FAO (n.d.). FAQs
(291) Zhang et al."Omega-3 Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acids in Atlantic Salmon: Functions, Requirements, Sources, de Novo Biosynthesis and Selective Breeding Strategies," *Reviews in Aquaculture* 16, no. 3 (2024): 1030–41, https://doi.org/10.1111/raq.12882.
(292) Hung Van Tran, Hien Van Doan, and Vlastimil Stejskal (2021). "Environmental Consequences of Using Insect Meal as an Ingredient in Aquafeeds: A Systematic View," 15, https://doi.org/10.1111/raq.12595.
(293) National Research Council. 2011. *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13039
(294) National Research Council. 2011. *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13039
(295) Houston, S.J.S. et al. (2018). Assessing EPA + DHA requirements of Sparus aurata AND

Таблиця 14 – потреби в поживних речовинах доради, *Sparus aurata*

	Fry	Fingerling	Juvenile	Grower
Proximate feed composition (% dry feed basis)				
Crude protein, % min			50-60	45-50
Crude lipid, %	15-20	12-24	12-25	12-25
Carbohydrate, % max		20	20	20
Digestible energy, kJ/g		19	19	19
Amino acids (% dry feed)				
Arginine	<4.7	5.55	5.4	5.4
Histidine		1.89	1.7	1.7
Isoleucine		2.55	2.6	2.6
Leucine		4.75	4.5	4.5
Lysine	5.0	5.13	5	5
Methionine		2.6	2.4	2.4
Phenylalanine			2.9	2.9
Threonine	2.6	2.98	2.8	2.8
Tryptophan	0.6	0.75	0.6	0.6
Valine		3.21	3	3
EPA+DHA	1.3-1.5	1.3-1.5	1.1-1.20	1.2-1.25
At a size range of 24 – 80 g, the period when a 3 mm pellet is consumed, the optimum requirement for growth is 1.3 – 1.5% EPA+DHA, for both species. Beyond ~80 g (4.5 mm pellet) seabream require 1.20 – 1.25% EPA+DHA, whereas seabass require 1.10 – 1.20% EPA+DHA				

Sources: ([297];[298];[299]).

(296) National Research Council. 2011. *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13039.
(297) FAO (n.d.). Summary of dietary nutrient requirement and utilization of gilthead seabream, Sparus aurata. Available here.
(298) Houston, S.J.S. et al. (2018). Assessing EPA + DHA requirements of Sparus aurata AND

Таблиця 15 – потреби в поживних речовинах райдужного пструга, *Oncorhynchus mykiss*

	Личинки	Мальки	Молодь	Товарне вирощування
Прибл.склад (% сухої маси)				
Сир.протеїн, % min	40-50	45	43	42
Сир.ліпіди, %	16-24	16-24	16-24	16-24
вуглеводні, % max	12	12	12	12
Засвоюв.енергія, kJ/g	15.5	15.5	15.5	15.5
амінокислоти (% сухого корму)				
Arginine	2	2	2	2
Histidine	0.7	0.7	0.7	0.7
Isoleucine	0.8	0.8	0.8	0.8
Leucine	1.4	1.4	1.4	1.4
Lysine	1.8	1.8	1.8	1.8
Methionine	1	1	1	1
Phenylalanine	1.2	1.2	1.2	1.2
Threonine	0.8	0.8	0.8	0.8
Tryptophan	0.2	0.2	0.2	0.2
Valine	1.3	1.3	1.3	1.3
EPA+DHA	1.5	1.5	1.5	1.5

Sources: ([300];[301];[302]).

(299) National Research Council. 2011. *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13039.
(300) Baidya et al. (2021).“Effect of Different Wavelengths of LED Light on the Growth, Chlorophyll, β-Carotene Content and Proximate Composition of Chlorella Ellipsoidea,” *Heliyon* 7, no. 12, https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08525.
(301) FAO (n.d.). Summary of dietary nutrient requirement and utilization of gilthead seabream, Sparus aurata. Available here.

1.2 Склад вибраних видів водоростей

Таблиця 16 – приблизний склад виьраних видів водоростей [%]

Nr.	Види водоростей	Сири протеїн	Сирі ліпіди	Зола	Сира клітковина	Вологість	NFE	вуглеводні
Мікроводорості								
1	*Chlorella ellipsoidea* (%суха вага не визначена)	33-46	7-11	10-11	6-8	9-10	15-33	
2	*Chlorella vulgaris*	48	13	6		4		8
3	*Chlorella vulgaris*	21	12	9		1		
4	*Chlorella minutissima*	43	12	18	9	5		14
5	*Nannochloropsis* sp.	30-60	5-32					5-35
6	*Nannochloropsis* sp.	33-36	11-12					18-20
7	*Nannochloropsis oceanica*	49	31	2		11		11
8	*Nannochloropsis oculata*	33-34	13					20-26
9	*Schizochytrium* sp.	13-39	39	8-12	0-2	3	19-40	39
10	*Schizochytrium* sp.	15	42	10	1			
Макроводорості								
11	*Ulva lactuca*	8.5	8	20	55	15		
12	*Ulva lactuca*	14	0.19	11	28.4	16.9		58
13	*Ulva lactuca*	7-16	1	0.1-10	69-82	90-97		
14	*Ulva rigida*	16.3	0	28.7	43			
15	*Saccharina latissima*	9-15	1-2	22-43	35-57			44-63
16	*Saccharina latissima*	6-13	0-2	16-52	7-19			28-62
17	*Palmaria palmata*	14	2	26		10		34
18	*Palmaria palmata*	14-30	0	15-27				3-25
19	*Palmaria palmata*	22	0	24	46			

Джерела: 1 ([303]), 2 ([304]), 3 ([305]), 4 ([306]), 5 ([307]), 6 ([308]), 7 ([309]), 8 ([310]), 9 ([311]), 10 ([312]), 11 ([313]), 12 ([314]),13 ([315]),14 ([316]), 15 ([317]), 16 ([318]), 17 ([319]),18 ([320]),19 ([321]).

(302) Baidya et al. (2021).“Effect of Different Wavelengths of LED Light on the Growth, Chlorophyll, β-Carotene Content and Proximate Composition of Chlorella Ellipsoidea,” *Heliyon* 7, no. 12, https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08525.
(303) Tokuşoglu, Ö. & üUnal, M.K. (2006) “Biomass Nutrient Profiles of Three Microalgae: Spirulina Platensis, Chlorella Vulgaris, and Isochrisis Galbana,” *Journal of Food Science* 68, no. 4: 1144– 48, https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb09615.x.
(304) El-Chaghaby et al. (2019) “Assessment of Phytochemical Components, Proximate Composition and Antioxidant Properties of Scenedesmus Obliquus, Chlorella Vulgaris and Spirulina Platensis Algae Extracts,” *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries* 23, no. 4: 521–26, https://doi.org/10.21608/ejabf.2019.57884.
(305) Arguelles, E. (2021). “Biochemical Composition and Bioactive Properties of Chlorella Minutissima (Chm1) as a Potential Source of Chemical Compounds for Nutritional Feed Supplement and Disease Control in Aquaculture,” *Current Applied Science and Technology* 21: 6577, retrieved from https://li01.tci-thaijo.org/index.php/cast/article/view/245911
(306)Khatoon et al. (2014). “Effects of Different Salinities and pH on the Growth and Proximate Composition of Nannochloropsis Sp. and Tetraselmis Sp. Isolated from South China Sea Cultured under Control and Natural Condition,” International Biodeterioration & Biodegradation, Challenges in Environmental Science and Engineering, CESE-2013, 95: 11–18, https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.06.022
(307) Arkronrat, Deemark, & Oniam, (2016). “Growth Performance and Proximate Composition of Mixed Cultures of Marine Microalgae (Nannochloropsis Sp. & Tetraselmis Sp.) with Monocultures,”. Available here.
(308) Jisha, Singh, & Valsamma (2021). “Comparative Nutritional Characterization of Marine Microalgae Chaetoceros muelleri and Nannochloropsis oceanica used as Live Feeds in Aquaculture” Journal of Aquatic Biology & Fisheries, 9. Available here.
(309) S. Banerjee et al. (2011). “Growth and Proximate Composition of Tropical Marine Chaetoceros Calcitrans and Nannochloropsis Oculata Cultured Outdoors and under Laboratory Conditions,” *African Journal of Biotechnology* 10, no. 1375–83.
(310) Ludevese-Pascual, Dela Peña, and Tornalejo (2016), “Biomass Production, Proximate Composition and Fatty Acid Profile of the Local Marine Thraustochytrid Isolate, Chizochytrium Sp. LEY7 Using Low-Cost Substrates at Optimum Culture Conditions,” Aquaculture Research 47, 1: 318–28, https://doi.org/10.1111/are.12494
(311) Bélanger et al “Apparent Digestibility of Macronutrients and Fatty Acids from Microalgae (Schizochytrium Sp.) Fed to Rainbow Trout (Oncorhynchus Mykiss).” Animals, 11(2), 456; https://doi.org/10.3390/ani11020456
(313) Yaich et al. (2011) “Chemical Composition and Functional Properties of Ulva Lactuca Seaweed Collected in Tunisia,” Food Chemistry 128, 4: 895–901, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.114
(314) Rasyid (2017) “Evaluation of Nutritional Composition of The Dried Seaweed Ulva Lactuca from Pameungpeuk Waters, Indonesia,” Tropical Life Sciences Research 28, 2: 119–25, https://doi.org/10.21315/tlsr2017.28.2.9
(315) Premarathna et al. (2022) “Comparative Analysis of Proximate Compositions, Mineral and Functional Chemical Groups of 15 Different Seaweed Species,” Scientific Reports 12, 1: 19610, https://doi.org/10.1038/s41598-022-23609-8
(316) Javier Echave et al. (2021) “Nutritional Composition of the Atlantic Seaweeds Ulva Rigida, Codium Tomentosum, Palmaria Palmata and Porphyra Purpurea,” in The 1st International Electronic Conference on Chemical Sensors and Analytical Chemistry (International Electronic Conference on Chemical Sensors and Analytical Chemistry, MDPI), 67, https://doi.org/10.3390/CSAC2021-10681
(317) Bétina Lafeuille et al. (2023), “Variation of the Nutritional Composition and Bioactive Potential in Edible Macroalga Saccharina Latissima Cultivated from Atlantic Canada Subjected to Different Growth and Processing Conditions,” Foods 12, 8: 1736, https://doi.org/10.3390/foods12081736
(317) Monteiro Vasconcelos et al. (2024), “Physicochemical Properties of Wild and Cultivated Saccharina Latissima Macroalgae Harvested in the Canadian Boreal-Subarctic Transition Zone,” Heliyon 10, no. 8, https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29626

Забруднювачі у риб'ячому жирі

Таблиця 17 – Забруднювачі у риб.жирі, який використовується при виготовленні кормів у Норвегії

Забруднювачі	Риб.жир
Наступні результати базуються на 10 зразках, оцінених Норвезьким інститутом морських досліджень (Havforskningsinstituttet).	
PCB-28 (µg/kg)	<0.3-1.7
PCB-52 (µg/kg)	<0.3-5.1
PCB-101 (µg/kg)	<0.2-7.3
PCB-138 (µg/kg)	<0.2-11.1
PCB-153 (µg/kg)	<0.3-16.9
PCB-180 (µg/kg)	<0.2-3.3
У цілому ПХБ6 (µg/kg) (ppb) = недіоксиноподібні PCBs = сума PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153 та PCB 180	1.3-43.8 Середнє : 13.5
У цілому діоксинів (PCDD/PCDF) (ngTEQ/kg) (ppt)	0.1-1.8 Середнє: 0.8
У цілому діоксинів та діоксинопод. PCB (ngTEQ/kg) (ppt)	0.3-4.8 Середнє : 2.0
У цілому діокс-под.PCB (ngTEQ/kg)	0.07-3.6 середнє 1,3
Сум. Dieldrin and Aldrin (µg/kg)	0.4-25.5
Сум. Endosulfan (µg/kg)	3.3-4.1
Сум. Toxaphene (µg/kg)	5.1-36.5
Sum Chlordane (µg/kg)	1.2-17.9
Sum Heptachlor (µg/kg)	1.9-5
Сум HCH (µg/kg)	0.3-0.9
HCB (µg/kg)	1.3-23
op-DDD (µg/kg)	0.25-3.2
op-DDE (µg/kg)	<0.25-1.5
op-DDT (µg/kg)	<0.25-2.5
pp-DDD (µg/kg)	<0.25-13.0
pp-DDE (µg/kg)	0.52-39.6
pp-DDT (µg/kg)	0.25-6.8

(319) Bruno Miguel Campos et al. (2022) "Proximate Composition, Physicochemical and Microbiological Characterization of Edible Seaweeds Available in the Portuguese Market," Frontiers in Bioscience-Elite 14, no. 4: 26, https://doi.org/10.31083/j.fbe1404026.

(320) Ruth S. Hagen Rødde et al. (2004) "Seasonal and Geographical Variation in the Chemical Composition of the Red Alga Palmaria Palmata (L.) Kuntze" 47, 2: 125–33, https://doi.org/10.1515/BOT.2004.012

(321) Echave et al. (2021). "Nutritional Composition of the Atlantic Seaweeds Ulva Rigida, Codium Tomentosum, Palmaria Palmata and Porphyra Purpurea." Chem. Proc., 5(1), 67; https://doi.org/10.3390/CSAC2021-10681

Забруднювач	Риб.жир
Sum DDT (µg/kg)	1.9-67.6
PBDE-28 (µg/kg)	0.02-0.09
PBDE-47 (µg/kg)	0.13-1.56
PBDE-99 (µg/kg)	0.06-0.28
PBDE-100 (µg/kg)	0.06-0.38
PBDE-153 (µg/kg)	<0.09-
PBDE-154 (µg/kg)	0.06-0.2
PBDE-183 (µg/kg)	<0.09-
SumPBDE7 (µg/kg)	0.46-2.66
PBDE-49 (µg/kg)	0.03-0.74
PBDE-66 (µg/kg)	0.03-0.07
PBDE-75 (µg/kg)	0.02-0.08
PBDE-209 (µg/kg)	0.20-0.34
α-HBCD (µg/kg)	0.03-0.74
β-HBCD (µg/kg)	<0.06-
γ-HBCD (µg/kg)	<0.06-0.08
Sum HBCD (µg/kg)	0.09-0.79
TBBP-A (µg/kg)	<0.4-0.21
BHA (mg/kg)	0.37-8.8

Source: Sele et al. (2024) ([322]).

(322) Sele et al. (2024), “Program for Overvåking Av Fiskefôr,” Havforskningsinstituttet, Available here.

1.4. Ліміти для діоксинів та and PCBs

Таблиця 18 - Законодавчо встановлені верхні межі вмісту діоксинів та ПХБ у окремих кормах для тварин

Корми або їх інгредієнти	Діоксини (*[1]) Максим.вміст у ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg (ppt) (*[4])для корму з вмістом вологи 12%	Сумарно діоксин та діоксин-под. PCBs (*[2]) Максим.вміст yn ng WHO PCDD/F-PCB-TEQ/kg (ppt) (*[4]) для корму з вмістом вологи 12%	Недіоксинопод. PCBs (*[3]) Максим.вміст in µg/kg (ppb) для корму з вмістом вологи 12% (*[5])
Риб'ячий жир	5.0	20.0	175
Інгредієнти кормів рослинн.походження	0.75	1.25	10
Комбін.корми…	0.75	1.5	10
за винятком комбінованих кормів для риб […]	1.75	5.5	40

[1]Діоксини = [сума поліхлорованих дибензо-парадіоксинів (ПХДД-(PCDDs) та поліхлорованих дибензофуранів (ПХДФ-PCDFs), виражена в токсичних еквівалентах Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) з використанням коефіцієнтів токсичної еквівалентності ВООЗ (2005 р.)) ([5])]

Сума діоксинів та діоксиноподіб. PCBs = (Суму поліхлорованих дибензо-парадіоксинів (ПХДД), поліхлорованих дибензофуранів (ПХДФ) та поліхлорованих біфенілів (ПХБ), виражену в токсичних еквівалентах Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), з використанням коефіцієнтів токсичної еквівалентності ВООЗ (ВООЗ-ТЕФ)), 2005 ([5]))

Недіоксиноподібні PCBs = (сумаf PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153 та PCB 180 (ICES – 6) ([5]))

*[4]Таблиця TEF (коеф.токсичн.еквівалентності= toxic equivalency factors) для діоксинів, фуранів та діоксиноподібних ПХБ: ВООЗ-ТЕФ для оцінки ризику для людини на основі висновків Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) – Міжнародної програми з хімічної безпеки (IPCS), яка відбулася в Женеві в червні 2005 року (Martin van den Berg et al., Переоцінка Всесвітньою організацією охорони здоров'я 2005 року факторів токсичної еквівалентності для людей і ссавців щодо діоксинів та діоксиноподібних сполук. Toxicological Sciences 93(2), 223–241 (2006))

*[5]Верхня межа концентрацій; верхні межі концентрацій розраховуються на основі припущення, що всі значення різних сполук, які не перевищують межу кількісного визначення, дорівнюють межі кількісного визначення.

Source: ([323]).

(323) "DIRECTIVE 2002/32/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 7 May 2002 on Undesirable Substances in Animal Feed."

1.5. Ліміти для діоксинів та PCBs

Таблиця 19 – Відповідні стандарти CEN щодо кормів для тварин (CEN 327)

Комітет: CEN/TC 327 “Корми для тварин”		
Посилання	**Назва**	**Сфера дії**
EN 15510:2017	Корми для тварин: Методи відбору проб та аналізу - Визначення вмісту кальцію, натрію, фосфору, магнію, калію, заліза, цинку, міді, марганцю, кобальту, молібдену та свинцю методом ICP-AES	Підтримує контроль якості, забезпечуючи поживний та мінеральний склад кормових інгредієнтів на основі водоростей
EN 15550:2017	Корми для тварин: Методи відбору проб та аналізу - Визначення вмісту кадмію та свинцю методом атомно-абсорбційної спектрометрії з графітовою піччю (GF-AAS) після розкладання під тиском	Важливо для моніторингу вмісту важких металів у кормах на основі водоростей.
EN 15741:2020	Корми для тварин: Методи відбору проб та аналізу - Визначення ОХП та ПХБ методом GC- MS	Гарантує, що інгредієнти на основі водоростей не містять хлорорганічних пестицидів (OCP) та поліхлорованих біфенілів (PCB
EN 15742:2020	Корми для тварин: Методи відбору проб та аналізу - Визначення ОХП методом GC-ECD	Забезпечує альтернативний метод тестування на наявність забруднюючих речовин.
EN 15784:2021	Корми для тварин: Методи відбору проб та аналізу - Виявлення та підрахунок Bacillus spp., що використовуються як кормові добавк	Підтримує мікробіологічний контроль якості при змішуванні водоростей з пробіотичними добавками.
CEN/TS 17764-1:2006 & CEN/TS 17764-2:2006	Animal feeding stuffs - Determination of the content of fatty acids: Part 1 (Preparation of methyl esters) and Part 2 (Gas chromatographic method)	Essential for profiling the fatty acid composition of algae-derived oils.
CEN/TS 15754:2008	Animal feeding stuffs - Determination of sugar content - High-performance exchange chromatographic method (HPAEC-PAD)	Necessary for evaluating carbohydrate levels in algae feed.
CEN/TS 17174:2018	Animal feeding stuffs: Methods of sampling and analysis - Performance criteria for single laboratory validated and ring-trial validated methods of analysis for the determination of heavy metals	Guidelines for validating contaminant testing methods.

CEN/TS 17455:2020	Animal feeding stuffs: Methods of sampling and analysis - Performance criteria for single laboratory validated and ring-trial validated methods of analysis for the determination of mycotoxins	Ensures algae feed is free of mycotoxins.
EN 15781:2009	Animal feeding stuffs - Determination of maduramicin-ammonium by reversed-phase HPLC using post-column derivatisation	Applicable for ensuring safe incorporation of complex feed additives.
EN 15787:2021	Animal feeding stuffs: Detection and enumeration of Lactobacillus spp. used as feed additive	Relevant for blending algae and insect proteins with probiotic feed additives.
EN 15621:2017	Animal feeding stuffs: Determination of calcium, sodium, phosphorus, magnesium, potassium, sulphur, iron, zinc, copper, manganese, and cobalt after pressure digestion by ICP-AES	Important for determining the mineral profile of insect- and fish-based feed components.
CEN/TS 15520:2019	Animal feeding stuffs: Sampling techniques and systems	Offers precise sampling standards suitable for insect- based feed materials.

Table 20 – Relevant CEN standards on algae and algae products (CEN 454)

Committee: CEN/TC 454 "Algae and algae products"		
Reference	**Title**	**Scope**
CEN/TR 17559:2022	Algae and algae products - Food and feed applications: General overview of limits, procedures, and analytical methods	Provides foundational guidance on limits, procedures, and analytical methods for algae-based ingredients in feed.
EN 17399:2024	Algae and algae products - Vocabulary	It defines the terms related to functions, products, and properties of algae and algae products. It includes microalgae, macroalgae, cyanobacteria and Labyrinthulomycetes.
EN 17980:2024	Algae and algae products - Sampling - Guidelines for the definition of sampling programs and sampling protocols	Guidelines for creating sampling programs and protocols for algae and algae products. It applies to algae, including microalgae, macroalgae, cyanobacteria, and related organisms. It outlines key considerations for collecting representative samples. This document is to be used for the collection of samples for lot characterisation for commercial or legal/regulatory purposes.
EN 17480:2021	Algae and algae products - Methods for the determination of productivity of algae growth sites	This document specifies the methods to be used for the determination of productivity of algae growth sites. This document excludes methods for sampling, harvesting and pre-/postprocessing. Excluded as well is "wild growth", which is defined as algae growing in nature without human interference except when harvesting the algae.
EN 17605:2022	Algae and algae products - Methods of sampling and analysis - Sample treatment	This document specifies the sample preparation of dry and wet samples of algae and algae products. This document enables laboratories analysing algae samples to report accurate dry weight percentages and to obtain representative samples possible for further examination.
EN 17908:2023	Algae and algae products - Methods of sampling and analysis – Determination of total lipids content using the Ryckebosch - Foubert method	This document specifies a laboratory method for the determination of the total lipid content in micro- and macroalgae by the Ryckebosch-Foubert method.

Committee: CEN/TC 454 “Algae and algae products”		
EN 18034:2024	Algae and algae products - Methods of sampling and analysis - Determination of chlorophyll a content	This document specifies a laboratory method for the determination of ‘chlorophyll a’ content in algae. The method was initially tested and evaluated on the microalgae species *Nannochloropsis* sp. and a heat-treated algal product tomato soup with *Nannochloropsis* sp. supplement, and the macroalgae *Ulva* sp., *Furcellaria lumbricalis*, and *Saccharina latissima*. During an Interlaboratory Trial the method was tested on the microalgae *Nannochloropsis* sp. and the macroalgae *Saccharina latissima*. The microalgae *Nannochloropsis* sp. and *Phaeodactylum* sp. and the macroalgae *Ulva* sp. and *Saccharina latissima* were tested in a Round Robin test. This document is only validated for ‘chlorophyll a’, but it can be used for other chlorophylls as well.
EN 17477:2021	Algae and algae products - Identification of the biomass of microalgae, macroalgae, cyanobacteria and Labyrinthulomycete s - Detection and identification with morphological and/or molecular methods	This document specifies a method for the detection and identification of microalgae, macroalgae, cyanobacteria and Labyrinthulomycetes by using morphological methods and/or molecular methods. The morphological methods in this document are applicable to harvested wet biomass and to harvested dried unground biomass from microalgae, macroalgae, cyanobacteria and Labyrinthulomycetes that have been grown and/or harvested for further processing and/or use. The molecular methods in this document are applicable to harvested wet biomass and to harvested dried and/or ground biomass from microalgae, macroalgae, cyanobacteria and Labyrinthulomycetes that have been grown and/or harvested for further processing and/or use. This document describes a toolbox, consisting of several identification methods that can be chosen according to the applicability and purpose of the identification. This document does not deal with genetic purity of the biomass or quantification of the identified taxa. This document is not suitable for the analysis of highly processed biomass with highly degraded DNA where the fragments’ length is not sufficient for amplification of the targets and the morphological characteristics cannot be assessed.

EN 17983:2024	Algae and algae products - Measurement for renewable algal raw material for energy and non- energy applications	This document specifies methods for the measurement of energy content and main elements balances of algae from cultivation or from wild growth and algae products to provide biomass, intended for renewable algal raw material used as bioenergy and in bio- based products. This document also specifies carbon source parameters specific to algae as bio-based and it is applicable to studies covering algae production life cycle assessment (LCA) e.g. algal biomass farming or wild collection. This document does not apply to methods of algae and algae products sampling, harvesting and pre/postprocessing. This document does not apply to algae and algae products intended for the food and feed sector; however, it may be useful also for these applications.

Committee: CEN/TC 454 “Algae and algae products”	
The following standards are currently under drafting by committee CEN/TC 454:	Algae and algae products – • Determination of the amino acid profile of micro- and macroalgae • Determination of inorganic arsenic in algae and algae products by anion- exchange (HPLC-ICP-MS) • Nitrogen content measurement and protein content calculation for micro- and microalgae • Determination of the uronic acid content of macroalgae biomass • Determination of the phycocyanin content in *Arthrospira* (Spirulina) • Determination of the fatty acid composition • Determination of the carotenoid content in algae

Table 21 – Selection of Sustainability-, GHG-, CFP-, LCA-related standards applicable to algae

Standard applicable to algae		Definition (treatment)		
Number	**Title**	**CFP**	**Carbon Accounti n g**	**Carbon capture**
EN 16751	Bio-based products – Sustainability criteria	no	no	no
EN 16760	Bio-based products – Life cycle assessment	no	(YES)	no
EN 16848	Bio-based products – Requirements for Business-to- Business communication of characteristics using a Data Sheet	no	no	no
EN 16935	Bio-based products – Requirements for Business-to- Consumer communication and claims	no	no	no
ISO 14040	Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework	no	no	no
ISO 14044	Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines	no	no	no
EN 17983: 2024	Algae and algae products - Measurement for renewable algal raw material for energy and non- energy applications	YES	YES	(YES)
EN 18027: 2025	Bio-based products - Life cycle assessment - Additional requirements and guidelines for comparing the life cycles of bio-based products with their fossil- based equivalents	YES	(YES)	no

1.1 FFDR CFLCULATIONS

FFDR formula

$$FFDR = eFCR^{*} \times \left(\frac{\text{forage fishmeal inclusion} + \% \text{ forage fish oil inclusion)}}{\text{(fishmeal yield (22,5\%) + fish oil yield (5\%))}} \right.$$

(324)

* The economic FCR (eFCR) is one of the most commonly used versions of the FCR that is used to quantify the livestock production efficiency:

$$^{*}eFCR = \frac{\text{weight of feed fed}}{\text{weight of fish harvested}}$$

The FFDR can be also calculated individually for fishmeal (FFDRm) and fish oil (FFDRo). For example, the ASC uses the following calculations:

$$FFDRm = eFCR^{*} \times \frac{\text{(\% forage fishmeal inclusion)}}{24}$$

$$FFDRo = eFCR^{*} \times \frac{\text{(\% forage fish oil inclusion)}}{\text{5.0 or 7.0 (depending on source of fish)}}$$

(325)

It is important to note, that fishmeal and fish oil that was obtained from fishery by-products (e.g. trimmings or offal) is excluded from these equations.

Formula example with 5% algae

Taking into consideration the current values (“FFDR development and current values”) as well as the assumptions mentioned in “Calculation for a hypothetical inclusion of 5% algal ingredients” of Chapter 3.2.2, the FFDR calculation with feed including 5% algal ingredients would result in:

$$FFDR\ (salmonids) = 1.27 \times \frac{(9.9\%)}{(22.5\% + 5\%)} = \mathbf{0.46}$$

An inclusion of a total of 5% algal ingredients could result in a reduction of the current FFDR (0.68 in 2020) for salmonids by about 32%.

(324) IFFO (n.d.). FFDR Data.

(325) ASC, “ASC Salmon Standard Version 1.4.”

$$FFDR\ (marine\ finfish) = 0.86 \times \frac{(12.4\%)}{(22.5\% + 5\%)} = \mathbf{0.39}$$

An inclusion of a total of 5% algal ingredients could result in a reduction of the current FFDR (0.53 in 2020) for marine finfish by about 26%.

Annex III – Multi Criteria Analysis (MCA)

1.1 Identification of Criteria

Fish and Feed Performance Criteria

This category encompasses five criteria which collectively describe the effect of each feed option on fish performance in terms of their growth, health and quality. More specifically, this category includes the following criteria:

1. Feed conversion ratio (FCR)

The FCR is a cornerstone metric in aquaculture that measures the efficiency of feed utilisation. Feed formulations are developed in a way to maximise the FCR, a critical factor in enhancing fish production ([326]). It is calculated using the formula:

$$FCR = \frac{\text{Fish-feed consumed [kg]}}{\text{Fish-weight gained [kg]}}$$

FCR indicates how effectively a fish converts feed into body mass; the lower the FCR, the more efficient the feed. Optimising FCR not only enhances production efficiency but also reduces feed waste, minimises environmental pollutants (e.g., uneaten feed contributing to eutrophication), and lowers lifecycle greenhouse gas emissions ([327]).

2. Specific growth rate (SGR)

The SGR measures the daily growth of fish as a percentage of their body weight and is a direct indicator of growth performance under different feed regimes. It is calculated using the formula:

$$SGR = 100 \times \frac{\text{(Final weight} - \text{Initial weight)}}{\text{number of days fed}}$$

A higher SGR indicates better growth, which translates to shorter production cycles and improved economic viability. SGR is a critical measure for understanding the biological effectiveness of different feed compositions and their compatibility with the selected fish species.

(325) Yarnold et al. (2019) "Microalgal Aquafeeds As Part of a Circular Bioeconomy," Trends in Plant Science 24(10). https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.06.005

(326) Ahmad, A., Hassan, S.W., Banat, F. (2022). An overview of microalgae biomass as a sustainable aquaculture feed ingredient: food security and circular economy, Bioengineered, 13(4). https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2061148

3. Fish health

Fish health encompasses several parameters, including mortality rates, physical health issues (e.g., gut health or disease resistance), and potential health benefits attributed to feed composition. Fish health directly influences overall fish farm productivity, ecosystem health, and the perception of aquaculture products in the market.

4. Fish quality

Fish quality reflects the commercial value of the final product, focusing on attributes such as texture, taste, colour, and overall consumer acceptability. These parameters are influenced by feed composition, particularly the inclusion of alternative ingredients like algae or insect protein, which may impact the nutritional profile and characteristics of fish.

5. Contaminants in feed

The potential presence of contaminants, such as dioxins, polychlorinated biphenyls (PCBs), and persistent organic pollutants (POPs), is a critical consideration. These substances can accumulate in fish tissue, posing risks to human health and market acceptance.

Economic Criteria

1. Production costs

This criterion represents the cost of producing each feed type, including the sourcing and processing of ingredients, labour, and transportation. Production cost is a key factor influencing the feasibility and scalability of alternative feeds.

2. Retail price

The price at which feed is sold to aquaculture producers reflects not only the production cost but also market dynamics and profit margins. This criterion was evaluated to understand the economic competitiveness of each feed type and its affordability for farmers.

3. Price stability

Price stability measures the consistency of feed costs over time, a critical consideration for producers managing long-term budgets. Factors influencing this criterion include the availability of raw materials, market volatility, and geopolitical factors.

Environmental criteria

1. Environmental impact from feed production

This criterion assesses the resource intensity and ecological footprint of feed production. It includes metrics such as land use (i.e. the amount of land required for cultivating feed ingredient), freshwater use (i.e. water consumed during production processes), energy use (i.e. total energy input, including fossil fuels and electricity), and Greenhouse Gas emissions (i.e. emissions associated with production and transportation of feed ingredients).

2. Forage Fish Dependency Ratio (FFDR)

This ratio is a critical indicator of sustainability, reflecting the pressure placed on marine ecosystems. The FFDR measures the reliance on wild-caught fish for producing fishmeal and fish oil in aquafeeds. The formula for its calculation is listed in Annex II Section 9.6.

Lower FFDR values are preferable, signalling reduced dependency on forage fish and greater alignment with environmental sustainability and biodiversity protection goals. The formula indicates the quantity of wild (forage) fish that is used in feeds in relation to the quantity of fed animal production. It is important to note that fish oil or fishmeal from by-products are not included in the formula.

While the FFDR has been reduced significantly within the past decades ([328]), it can be further reduced by incorporating alternative ingredients to replace fishmeal or fish oil derived from forage fish.

1.2 Allocation of weights to criteria

Fish and Feed performance criteria

Within the Feed and Fish Performance category, five distinct criteria were considered: Feed Conversion Ratio (FCR), Specific Growth Rate (SGR), Fish Health, Fish Quality, and Contaminants. Each of these criteria was assigned a specific weight based on its perceived importance to overall feed efficacy and aquaculture profitability.

FCR received the largest weight (**30%**) because it is recognised as the most critical parameter for feed evaluation. This was emphasised repeatedly by stakeholders during the workshop, as FCR directly determines the feed efficiency and profitability for fish farmers. If a feed fails to

(328) “FFDR Data | IFFO - The Marine Ingredients Organisation.” “FFDR Data | IFFO - The Marine Ingredients Organisation.”

optimise the feed-to-growth conversion, it will not be adopted by farmers regardless of its other benefits. From a business standpoint, achieving a low FCR ensures that production costs remain competitive while maximising outputs.

The **SGR**, although related to growth, was deliberately assigned a lower weight (**15%**). The reasoning behind this decision was to avoid overemphasising growth parameters and skewing the analysis. Stakeholders agreed that while growth is important, it overlaps substantially with FCR and giving both SGR and FCR a high weight would disproportionally emphasise these factors at the expense of others.

Fish health was assigned a weight of 25%, since it is considered as one of the most important factors in aquaculture systems. Feed directly impacts fish mortality rates, and poor fish health has significant repercussions on farm productivity, costs, and profitability. Fish farmers depend on consistent fish survival rates to ensure stable production outputs and returns on their investments. If the mortality rate is very high, the resulting economic losses will outweigh any gains achieved through optimised FCR or growth.

The weight for fish quality was set at 20%. While not as central to farm productivity as FCR or health, fish quality is critical to meeting market demand. Consumers demand high-quality fish, and failure to meet these expectations can result in reduced marketability and sales. Stakeholders recognised that, although farmers focus on operational metrics like growth and survival, the ultimate success of aquaculture relies on delivering fish products that meet consumer preferences.

Finally, contaminants were assigned the lowest weight (10%). While contamination is undoubtedly a concern, workshop participants indicated that it was not as pressing as the other performance criteria. This could be attributed to existing feed production standards and quality control measures, which mitigate contamination risks. Additionally, participants may have perceived contaminants as less critical when compared to factors that directly influence profitability and farm productivity.

Economic criteria

The economic criteria were divided into three components: Production Costs, Retail Selling Price, and Price Stability. The allocation of weights to these criteria reflects their differing roles in determining the economic viability of feed options.

Price stability received the highest weight (**35%**), as stakeholders emphasised its importance for long-term planning and operational stability. Price stability allows farmers to forecast costs accurately and plan production cycles with confidence. By reducing economic uncertainty, stable pricing ensures predictability and mitigates risks associated with market fluctuations.

Production costs also received a weight of 35%, highlighting its significance for feed producers. While production costs do not directly impact fish farmers' profit margins, they play a critical role in determining the price of feed products. If production costs are excessively high, feed manufacturers will face pricing limitations, as exorbitant prices could deter customers. To remain competitive, feed producers must balance production costs with market demand, which highlights the importance of this criterion.

Retail selling price was assigned a slightly lower weight (30%). Although selling price influences farmer profitability, stakeholders recognised that the profit margin remains relatively stable across feed options. In other words, the relationship between production costs and selling price is tightly controlled, limiting its overall impact. Therefore, while retail price is important, it was considered slightly less influential than production costs and price stability.

Environmental criteria

The environmental criteria were divided into two equally weighted components: Environmental Impact from Feed Production and Forage Fish Dependency Ratio (FFDR), each receiving a weight of 50%. The equal allocation reflects that environmental damage cannot be prioritised – biodiversity loss and pollution are equally detrimental and cannot be measured against one another in terms of severity.

The inclusion of FFDR addresses a specific environmental concern often overlooked in traditional LCAs, that is the impact of feed production on marine biodiversity. High FFDR values indicate a greater dependency on wild fish stocks, contributing to overfishing and posing a threat to marine ecosystems. Stakeholders emphasised the need to consider FFDR alongside traditional environmental impact metrics to ensure a more comprehensive evaluation of environmental sustainability and address often-overlooked aspects of resource dependency.

1.3 List of literature sources utilised for the MCA

- EUMOFA (2023) ([329])
- Kok et al. (2020) ([330])
- Jensen et al. (2020) ([331])
- Nagappan (2021) ([332])
- Tibbetts et al. (2020) ([333])

- Fry et al. (2016) ([334])
- Santigose et al. (2021) ([335])
- Samuelsen et al. (2024) ([336])
- FAO (2024) ([337])
- Santigosa et al. (2023) ([338])
- Zlaugotne et al. (2023) ([339])
- Liu et al. (2020) ([340])
- Nøstbakken (2015) ([341])

---

(329) EUMOFA (2023). Fishmeal and Fish Oil. Available here.
(330) Kok et al. (2020). "Fish as Feed: Using Economic Allocation to Quantify the Fish In : Fish Out Ratio of Major Fed Aquaculture Species," Aquaculture 528:735474, https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735474
(331) Jensen et al. (2020) "An Update on the Content of Fatty Acids, Dioxins, PCBs and Heavy Metals in Farmed, Escaped and Wild Atlantic Salmon (Salmo Salar L.) in Norway," Foods 9, 12: 1901, https://doi.org/10.3390/foods9121901
(332) Nagappan et al. (2021), "Potential of Microalgae as a Sustainable Feed Ingredient for Aquaculture," Journal of Biotechnology 341(20). https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.09.003
(333) Tibbetts et al. (2020), "Apparent Digestibility of Proximate Nutrients, Energy and Fatty Acids in Nutritionally-Balanced Diets with Partial or Complete Replacement of Dietary Fish Oil with Microbial Oil from a Novel Schizochytrium Sp. (T18) by Juvenile Atlantic Salmon (Salmo Salar L.)," Aquaculture 520:735003, https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735003
(334) P. Fry et al. (2016) "Environmental Health Impacts of Feeding Crops to Farmed Fish," Environment International 91:201–14, https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.02.022
(335) Santigosa, Brambilla, and Milanese (2021) "Microalgae Oil as an Effective Alternative Source of EPA and DHA for Gilthead Seabream (Sparus Aurata) Aquaculture." Animals, 11(4), 971; https://doi.org/10.3390/ani11040971
(336) Samuelsen, Kousoulaki, and Bogevik (2024). "Microalgae Suspension as a Source of N-3 Long-Chain PUFA in Feed for Atlantic Salmon (*Salmo Salar* L) – Technical Constraints and Nutritional Quality." Aquaculture 581. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.740459
(337) FAO "The State of World Fisheries and Aquaculture 2024." Available here.
(338) Santigosa et al "Algal Oil Gives Control of Long-Chain Omega-3 Levels in Full-Cycle Production of Atlantic Salmon, without Detriment to Zootechnical Performance and Sensory Characteristics." Journal of the World Aquaculture Society 54(4). https://doi.org/10.1111/jwas.12947
(339) Zlaugotne et al. (2023) "Life Cycle Assessment of Fish Feed for Oil Alternatives - Environmental Impact of Microalgae, Rapeseed and Fish Oil," https://doi.org/10.15159/AR.23.074
(340) Cui Liu et al. (2022) "Utilization of Nannochloropsis Oceanica in Plant-Based Feeds by Atlantic Salmon (Salmo Salar)," Aquaculture 561: 738651, https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738651
(341) Ole Jakob Nøstbakken et al. (2015) "Contaminant Levels in Norwegian Farmed Atlantic Salmon (Salmo Salar) in the 13-Year Period from 1999 to 2011," Environment International 74: 274–80, https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.10.008

- Eroldoğan (2022) ([342])
- Davis et al. (2021) ([343])
- Biancarosa et al. (2019) ([344])
- Belforti et al. (2015) ([345])
- Hamann & Jacobsen (2018) ([346])
- Scholz et al. (2021) ([347])
- Reyes et al. (2020) ([348])
- Modahl & Brekke (2021) ([349])
- Tschirner & Kloas (2017) ([350])
- Black et al. (2023) ([351])
- Arru et al. (2019) ([352])
- Sánchez-Muros et al. (2015) ([353])
- Tran et al. (2021) ([354])
- Su et al. (2023) ([355]).

(342) Eroldoğan et al (2022). "From the Sea to Aquafeed." Reviews in Aquaculture 15(3). https://doi.org/10.1111/raq.12740

(343) Davis et al. (2021) "Life Cycle Assessment of Heterotrophic Algae Omega-3." Algal Research 60: 102494. https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102494

(344) Biancarosa, I., et al. (2019). Replacing fish meal with insect meal in the diet of Atlantic salmon (Salmo salar) does not impact the amount of contaminants in the feed and it lowers accumulation of arsenic in the fillet. Food Additives & Contaminants: Part A - Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment, 36(8), 1191-1205. https://doi.org/10.1080/19440049.2019.1619938

(345) Belforti et al "Tenebrio Molitor Meal in Rainbow Trout (Oncorhynchus Mykiss) Diets." Italian Journal of Animal Sciences 14(4). https://doi.org/10.4081/ijas.2015.4170

(346) Hamann and Jacobsen (2018), "Microalgae for Salmon Feed," Available here.

(347) Bettina Scholz et al. (2021) Northern Icelandic Marine Microalgae as Health Promoting Multi- Functional Feed Protein and Lipid Source for Atlantic Salmon (Salmo Salar) - A Whole Algae Concept." DOI:10.13140/RG.2.2.25481.98405

(348) Reyes et al "Nutritional and Growth Effect of Insect Meal Inclusion on Seabass (Dicentrarchuss Labrax) Feeds." Fishes 2020, 5(2). https://doi.org/10.3390/fishes5020016

(349) Modahl and Brekke (2022) "Environmental performance of insect protein: a case of LCA results for fish feed produced in Norway" *SN Applied Sciences* 4(6). http://dx.doi.org/10.1007/s42452-022-05065-1

(350) Tschirner and Kloas (2017). "Increasing the Sustainability of Aquaculture Systems: Insects as Alternative Protein Source for Fish Diets," GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society 26, no. 4, 332–40, https://doi.org/10.14512/gaia.26.4.10

(351) Black, Keyserlingk, and Lattanzi (2023) "Delivering Insect-Based Feed at Scale." Available here.

(352) Brunella Arru et al. (2019). "The Introduction of Insect Meal into Fish Diet: The First Economic Analysis on European Sea Bass Farming," Sustainability 11, 6: 1697, https://doi.org/10.3390/su11061697

(353) M. Sánchez-Muros et al. (2015). "Nutritional Evaluation of Tenebrio Molitor Meal as Fishmeal Substitute for Tilapia (Oreochromis Niloticus) Diet," Aquaculture Nutrition 22, no. 5 (2015): 943–55, https://doi.org/10.1111/anu.12313.

(354) Van Tran, Van Doan, and Stejskal (2021). "Environmental Consequences of Using Insect Meal as an Ingredient in Aquafeeds." Reviews in Aquaculture 14(1). https://doi.org/10.1111/raq.12595

(355) Su et al "Applications of Microalgae in Foods, Pharma and Feeds and Their Use as Fertilizers and Biostimulants." Foods, 12(20), 3878. https://doi.org/10.3390/foods12203878

Додаток IV – Стратегії та системи фінансових стимулів, що використовуються у секторі первинного виробництва

1.1 Огляд стратегій та систем фінансових стимулів, що використовуються в сільськогосподарському секторі

1.1.1 Пряма фінансова підтримка

Механізми прямої фінансової підтримки надають фермерам негайну фінансову допомогу, допомагаючи компенсувати витрати на впровадження сталих практик та забезпечуючи стабільність доходів. Ці механізми є центральними для Спільної сільськогосподарської політики (CAP), яка виділяє значні кошти на просування екологічно відповідального сільського господарства. Основними інструментами в цій категорії є субсидії, гранти та трансферти доходів:

- **Субсидії –** це прямі виплати, призначені для забезпечення економічної життєздатності фермерів, одночасно заохочуючи сталий розвиток. Базова підтримка доходів для сталого розвитку (BISS) САП забезпечує фінансову стабільність фермерам, які дотримуються екологічних вимог. Крім того, екосхеми, які становлять щонайменше 25% прямих виплат, стимулюють сталий розвиток сільського господарства, такий як диверсифікація сільськогосподарських культур, збереження ґрунтів та зменшення використання пестицидів. Окрім прямих виплат, програми розвитку сільських районів можуть бути використані для фінансування цільових дій, таких як органічне землеробство, інтегрована боротьба зі шкідниками та агролісівництво.
- **Гранти**, на відміну від субсидій, – це одноразові фінансові винагороди, що підтримують дослідження, розвиток інфраструктури та пілотні проекти. Наприклад, програми розвитку сільських районів та програма фінансування Horizon Europe співфінансують проекти, що покращують екологічні показники, такі як установки відновлюваної енергії та сталі іригаційні системи. Ці гранти забезпечують ефективне тестування та впровадження інноваційних, сталих методів ведення сільського господарства.
- **Трансферти доходів** забезпечують фінансову компенсацію фермерам за втрати доходів, пов'язаних зі сталими практиками. Вони включають прямі виплати, пов'язані з дотриманням екологічних норм, та компенсацію за екосистемні послуги, такі як поглинання вуглецю та покращення якості води. Ці трансферти гарантують, що фермери не зазнають негативних економічних наслідків під час переходу до більш сталих практик.

1.1.2 Ринкові інструменти

Ринкові інструменти впливають на ринкові умови для сприяння сталим практикам шляхом створення фінансових стимулів для виробників до впровадження екологічно чистих методів. Ці інструменти включають механізми цінової підтримки, фіскальні заходи та платежі за екосистемні послуги (PES):

- **Механізми цінової підтримки** стабілізують або поліпшують ринкові ціни на товари, вироблені у сталий спосіб, забезпечуючи конкурентне ціноутворення порівняно з традиційними альтернативами. Програми державних закупівель створюють гарантований попит на сталу сільськогосподарську продукцію, пом'якшуючи фінансові ризики для виробників. САР забезпечує механізми цінової підтримки, включаючи державне втручання та допомогу в приватному зберіганні, для стабілізації сільськогосподарських ринків під час коливань цін.
- **Фіскальні заходи** використовують податкову політику для заохочення сталого ведення сільського господарства. Податкові пільги, такі як зниження ПДВ на стале виробництво, стимулюють впровадження екологічно чистих методів. І навпаки, податки на синтетичні добрива та пестициди стримують екологічно шкідливу практику, збільшуючи її вартість. Однак дослідження показують, що податкові пільги часто призводять до значних втрат доходів для урядів, не даючи відповідних переваг для сталого розвитку.
- **PES** надає фінансову компенсацію фермерам, які впроваджують методи, що забезпечують вимірні екологічні переваги. САР сприяє PES через фінансові стимули для ініціатив щодо поглинання вуглецю, відновлення середовища існування та управління водними ресурсами.

1.1.3 Інструменти торгівельної політики

Інструменти торговельної політики регулюють міжнародну торгівлю для сприяння сталому розвитку сільського господарства. Ці інструменти впливають як на просування експорту, так і на регулювання імпорту для підтримки сталого розвитку ведення сільського господарства:

- Ініціативи з промоції експорту підвищують обізнаність про сталий розвиток та якість сільськогосподарської продукції ЄС, допомагаючи фермерам отримати доступ до преміальних ринків. ЄС виділяє значне фінансування на рекламні кампанії, що висвітлюють органічне землеробство та продукти сталого розвитку, підвищуючи їхню конкурентоспроможність;
- Інструменти регулювання імпорту та торговельної політики можуть включати диференційовані тарифи для екологічно чистих продуктів. Хоча ЄС ще не запровадив зниження тарифів спеціально для екологічно чистих сільськогосподарських товарів, він інтегрує положення про сталий розвиток у торговельні угоди. Нормативно-правова база ЄС також спрямована на обмеження імпорту продуктів, пов'язаних з вирубкою лісів та нестійкими сільськогосподарськими практиками, узгоджуючи торговельну

політику з ширшими екологічними цілями.

1.1.4 Інструменти розподілу ризиків

Інструменти розподілу ризиків пом'якшують фінансові ризики, пов'язані з впровадженням сталих практик, полегшуючи фермерам інвестування в екологічно відповідальні методи. Ці механізми включають **гарантії**, які знижують ризик для кредиторів, гарантуючи часткове погашення у разі дефолту, та **пільгові позики**, які пропонують вигідні умови (наприклад, процентні ставки нижче ринкових або подовжені терміни погашення), що полегшують доступ до капіталу для інвестицій у сталий розвиток сільського господарства.
САП інтегрує фінансові інструменти, такі як гарантії позик та схеми мікрокредитування, підтримуючи фермерів та агробізнес, які інвестують у сталий розвиток. Багато держав-членів ЄС запровадили ці інструменти для залучення додаткового капіталу та максимізації впливу своїх державних ресурсів. Зменшуючи фінансові ризики, механізми розподілу ризиків збільшують фінансові потоки до проектів, що підтримують сталий розвиток сільського господарства.

1.1.5 Механізми підтримки

Механізми підтримки підвищують ефективність фінансових стимулів, надаючи фермерам доступ до знань, навчання та інструментів, необхідних для успішного впровадження сталих практик. Ці механізми включають програми технічної допомоги, ініціативи з передачі знань та схеми сертифікації:

- Програми технічної допомоги надають фермерам консультаційні послуги, навчання та доступ до демонстраційних ферм. Система фермерських консультацій ЄС (FAS) допомагає фермерам у дотриманні екологічних норм та доступі до цифрових інструментів, таких як програмне забезпечення для управління фермерським господарством та технології дистанційного зондування, допомагаючи фермерам оптимізувати використання ресурсів та мінімізувати вплив на навколишнє середовище;
- Ініціативи з передачі знань усувають розрив між дослідженнями та практичним застосуванням. Європейське інноваційне партнерство для сільськогосподарської продуктивності та сталого розвитку (EIP-AGRI) об'єднує дослідників, фермерів та політиків для розробки та обміну передовим досвідом у сфері сталого сільського господарства. Мережа САП ЄС сприяє обміну інформацією, дозволяючи фермерам впроваджувати інноваційні, екологічно чисті методи;
- Схеми сертифікації дозволяють фермерам продемонструвати дотримання стандартів сталого розвитку, надаючи доступ до преміальних ринків. Наприклад, логотип ЄС “Органічна продукція” сертифікує продукцію, вироблену відповідно до суворих правил органічного землеробства, забезпечуючи дотримання принципів збереження біорізноманіття та ресурсоефективності. Ці схеми підвищують довіру споживачів до сталої сільськогосподарської продукції, водночас стимулюючи екологічно відповідальні методи ведення сільського господарства.

1.2 Стратегії та системи фінансового стимулювання, що вокристовуються у секторі первинної продукції

Фінансові стимули вже давно є наріжним каменем політичних інтервенцій, спрямованих на просування сталих практик у секторах первинного виробництва, таких як сільське, лісове та рибне господарство. Ці стимули – від субсидій та податкових пільг до грантів та ринкових механізмів – розроблені для узгодження економічних цілей з екологічними та соціальними цілями, заохочуючи виробників застосовувати практики, що зменшують вплив на навколишнє середовище, підвищують ефективність використання ресурсів та зберігають біорізноманіття. У ЄС фінансові стимули відіграли ключову роль у сприянні впровадженню сталого сільського господарства, про що свідчать ініціативи в рамках Спільної сільськогосподарської політики (CAP) та Європейської зеленої угоди. Наприклад, прямі виплати за органічне землеробство стимулювали фермерів переходити до більш сталих систем виробництва, що призвело до збільшення частки сільськогосподарських угідь ЄС під органічним землеробством більш ніж на 50% у період з 2012 по 2020 рік із середньорічним темпом зростання 5,7% ([356]). Окрім прямих виплат, у сільському господарстві використовувалися кілька інших інструментів для стимулювання сталих практик та захисту навколишнього середовища. Однак ефективність цих інструментів різна, а їх перенесення на інші сектори, такі як аквакультура, залишається відкритим питанням.

Piñeiro et al. ([357]) провели огляд, щоб дослідити, як різні стимули заохочують фермерів до впровадження сталих сільськогосподарських практик та який вплив це впровадження має наслідком. У дослідженні проаналізовано три категорії стимулів: ринкові стимули (наприклад, коригування цін на вхідні/вихідні ресурси, переказ доходів та субсидії) та неринкові стимули (наприклад, технічна допомога, фіскальна політика та оподаткування); регуляторні заходи, такі як екологічне законодавство, стандарти або сертифікація; та механізми перехресної відповідності, які компенсують фермерам дотримання екологічних стандартів. Спираючись на схему Piñeiro et al. ([358]), цей аналіз адаптує та розширює категоризацію, щоб краще охопити спектр фінансових стимулів, що стосуються сталого сільського господарства, та їх потенційну застосовність до аквакультури. Переглянута категоризація виглядає наступним чином:

- **Пряма фінансова підтримка:** механізми, що забезпечують прямі виплати фермерам для компенсації витрат або винагороди за сталий розвиток, включаючи субсидії, гранти та трансферти доходів;

(356) Directorate-General for Agriculture and Rural Development (2023), "Organic Farming in the EU: A Decade of Growth," Available here.
(357) Valeria Piñeiro et al. (2020) "A Scoping Review on Incentives for Adoption of Sustainable Agricultural Practices and Their Outcomes," Nature Sustainability 3, 10: 809–20, https://doi.org/10.1038/s41893-020-00617-y
(358) Valeria Piñeiro et al. (2020) "A Scoping Review on Incentives for Adoption of Sustainable Agricultural Practices and Their Outcomes," Nature Sustainability 3, 10: 809–20, https://doi.org/10.1038/s41893-020-00617-y

- **Ринкові фінансові інструменти:** інструменти, що змінюють ринкові умови з метою сприяння сталому розвитку. Прикладами є механізми підтримки цін, фіскальні заходи (наприклад, податкові пільги) та оплата екосистемних послуг (PES);
- **Інструменти торгівельної політики:** заходи, що впливають на торгівлю з метою сприяння сталому розвитку, включаючи диференційовані імпортні мита та зниження тарифів для товарів або сировини, вироблених у сталий спосіб;
- **Інструменти розподілу ризиків:** фінансові інструменти, що зменшують ризики та підтримують інвестиції в сталі практики, включаючи гарантії та позики;
- **Інструменти підтримки:** ініціативи, що сприяють впровадженню сталих практик шляхом надання технічної допомоги, передачі знань та схем сертифікації.

1.2.1 Пряма фінансова підтримка

Механізми прямої фінансової підтримки надають фермерам негайну фінансову допомогу для компенсації витрат на впровадження сталих практик або для винагороди за екологічно корисні результати. Ці механізми призначені для забезпечення економічної життєздатності сталого сільського господарства шляхом зменшення фінансових бар'єрів та забезпечення того, щоб фермери не зазнавали збитків від переходу на більш екологічні методи. В ЄС пряма фінансова підтримка є основою Спільної сільськогосподарської політики (CAP), яка виділяє значні кошти на просування сталих сільськогосподарських практик ([359]). Основними інструментами прямої фінансової підтримки, що застосовуються в ЄС, є субсидії, гранти та механізми перерозподілу доходів.

Субсидії

Субсидії – це прямі фінансові виплати, що надаються фермерам для забезпечення стабільності доходів та компенсації витрат на впровадження сталих практик або для винагороди за екологічно корисні результати. Субсидії є центральним компонентом Спільної сільськогосподарської політики ЄС (CAP), яка виділяє значні кошти на підтримку сталого сільського господарства. CAP на 2023-2027 роки передбачає широкий спектр субсидій, пов'язаних з охороною навколишнього середовища та кліматом, які мають на меті стимулювати впровадження сталих практик, забезпечуючи при цьому економічну життєздатність сільського господарства. Основним

(359) European Commission (2023) “Approved 28 CAP Strategic Plans (2023-2027) Summary Overview for 27 Member States Facts and Figures.” Available here.

інструментом сприяння сталому сільському господарству є прямі виплати, пов'язані з екологічними практиками. Ці виплати забезпечують підтримку доходів фермерів, які дотримуються основних екологічних стандартів, таких як збереження постійних пасовищ та захист водно-болотних угідь. Базова підтримка доходів для забезпечення сталого розвитку (BISS) є одним із таких механізмів, який гарантує фермерам стабільний дохід при дотриманні екологічних вимог. Крім того, еко-схеми, що становлять щонайменше 25 % прямих виплат, передбачають добровільні виплати за практики, що мають доведену екологічну та кліматичну користь, такі як диверсифікація культур, збереження ґрунтів та зменшення використання пестицидів.
Окрім прямих виплат, програми розвитку сільських територій в рамках CAP пропонують додаткові субсидії для підтримки сталого сільського господарства. Агроекологічні та кліматичні заходи (AECM) додатково підтримують цільові дії, що сприяють підвищенню біорізноманіття, зменшенню викидів парникових газів та поліпшенню якості ґрунту і води. Ці заходи включають виплати за органічне землеробство, інтегрований захист рослин та методи збереження ґрунту, такі як зменшення обробітку ґрунту та агролісомеліорація. Екологічна ефективність CAP посилюється завдяки вимогам перехресної відповідності, які пов'язують виплати в рамках CAP з конкретними екологічними стандартами, забезпечуючи дотримання фермерами сталих практик.

Гранти

Хоча субсидії та гранти часто використовуються як синоніми, тут гранти означають одноразову або проектну фінансову підтримку конкретних ініціатив, таких як дослідження, розвиток інфраструктури або пілотні проекти. На відміну від субсидій, які передбачають постійні виплати, гранти зазвичай є конкурентними і пов'язані з досягненням конкретних етапів або результатів. В рамках CAP, гранти часто надаються через програми розвитку сільських територій та програму Horizon Europe, які фінансують проекти, що сприяють сталому розвитку сільського господарства. Гранти Horizon Europe фінансують дослідницькі та інноваційні проекти в галузі технологій сталого сільського господарства, таких як інструменти точного землеробства та кліматично стійкі культури. Гранти на розвиток сільських територій підтримують інфраструктурні проекти, що покращують екологічні показники, такі як установки відновлюваної енергії, водозберігаючі системи зрошення та об'єкти для утилізації гною. Крім того, ці гранти можуть надавати фермерам навчання з питань сталого землеробства.

Трансфер доходів (перерозподіл доходів)

Перерозподіл (трансфер) доходів – це виплати, що здійснюються фермерам для компенсації втрат доходів або додаткових витрат, пов'язаних із застосуванням екологічно сталих практик. Ці виплати гарантують, що фермери не зазнають фінансових збитків від застосування екологічно безпечних методів, що робить стале

сільське господарство економічно вигідним. На відміну від субсидій, які часто пов'язані з конкретними практиками або результатами, перерозподіл доходів спрямований на забезпечення фінансової стабільності та компенсацію фермерам за більш широкі економічні виклики, з якими вони стикаються.
Основними прикладами перерозподілу доходів в рамках CAP є прямі виплати, розмір яких залежить від площі земель та дотримання екологічних стандартів, а також компенсація за екосистемні послуги фермерам, які надають вимірювані екологічні послуги, такі як поглинання вуглецю, відновлення середовища існування або поліпшення якості води. Перерозподіл доходів доходів також включає виплати для компенсації втрат доходів через екстремальні погодні явища або порушення роботи ринку.

1.2.2 Ринкові фінансові інструменти

Ринкові інструменти — це фінансові механізми, які змінюють ринкові умови з метою сприяння сталому розвитку, створюючи економічні стимули для виробників до впровадження екологічно безпечних методів. У контексті сільського господарства ЄС ці інструменти широко використовуються для заохочення впровадження сталих практик, таких як органічне землеробство, ресурсозберігаюче землеробство та точне землеробство ([360]). Основні ринкові інструменти, що використовуються в ЄС, включають механізми цінової підтримки, фіскальні заходи та платежі за екосистемні послуги, кожний з яких відіграє окрему роль у формуванні поведінки виробників та динаміки ринку.

Цінова підтримка

Механізми підтримки цін стабілізують або підвищують ринкові ціни на сільськогосподарську продукцію, вироблену за принципами сталого розвитку, з метою створення стабільних ринків для таких продуктів або підвищення їх конкурентоспроможності порівняно з традиційними замінниками. Ці механізми покликані створити стабільний ринок для продуктів, вироблених за принципами сталого розвитку, зменшивши фінансові ризики для фермерів, які застосовують екологічно безпечні методи господарювання. Забезпечуючи мінімальні ціни, уряди прагнуть запропонувати фермерам більш стабільний і потенційно вищий дохід порівняно з тим, що вони могли б заробити на відкритому ринку. Така стабільність може стимулювати інвестиції в сільське господарство та заохочувати до впровадження вдосконалених технологій виробництва. Однак реалізація програм державних закупівель часто є складною і вимагає значних організаційних можливостей та досвіду

(360) European Commission (2023) “Approved 28 CAP Strategic Plans (2023-2027) Summary Overview for 27 Member States Facts and Figures.” Available here.
(361) Bellmann (2019) “Subsidies and Sustainable Agriculture: Mapping the Policy Landscape.” Available here.

від відповідальних державних установ. Крім того, з фінансової точки зору ці програми можуть бути дороговартісними для урядів, особливо якщо ціни, що виплачуються фермерам, перевищують діючі ринкові ставки ([361]).

Хоча і в меншій мірі, ніж прямі виплати, CAP також передбачає механізми цінової підтримки, покликані стабілізувати сільськогосподарські ринки, забезпечити справедливі ціни для фермерів та підтримувати постачання високоякісних продуктів. Ці механізми є особливо важливими для секторів, які є вразливими до ринкової волатильності, таких як молочна, зернова та м'ясна галузі. Такі заходи, що пропонуються CAP, включають державне втручання, допомогу у приватне зберігання та виняткові заходи. Державне втручання передбачає закупівлю сільськогосподарської продукції державними органами, коли ринкові ціни падають нижче заздалегідь визначеного порогу. Цей механізм допомагає стабілізувати ціни шляхом зменшення надлишкової пропозиції та забезпечення захисної мережі для фермерів. Допомога надається приватним операторам, які зберігають певні сільськогосподарські продукти в періоди ринкової нестабільності. Тимчасово вилучаючи продукти з ринку, цей механізм допомагає стабілізувати ціни та запобігти їх різкому падінню. У випадках серйозних ринкових потрясінь CAP дозволяє вживати виняткових заходів для стабілізації цін та підтримки фермерів. Ці заходи можуть включати тимчасові обмеження імпорту, експортні субсидії або пряму допомогу виробникам.

Фіскальні заходи

Фіскальні заходи — це фінансові інструменти, які використовуються урядами для впливу на поведінку через податкову політику. У контексті сільського господарства ці заходи включають як податкові пільги, так і податки на вхідні ресурси, які мають на меті сприяти сталому розвитку та стримувати діяльність, що шкодить довкіллю. Податкові пільги, такі як знижки або звільнення від оподаткування для сталих практик або продуктів, надають фермерам фінансові стимули для впровадження таких методів, як органічне землеробство або точне землеробство. І навпаки, податки на вхідні ресурси стягуються з екологічно шкідливих ресурсів, таких як синтетичні добрива або пестициди, щоб стримати їх використання та заохотити до впровадження більш сталих альтернатив. Оподаткування сільськогосподарських ресурсів, які можуть шкодити навколишньому середовищу та здоров’ю людини, відповідає принципу 'забруднювач платить', що є фундаментальним аспектом екологічної політики ЄС. Однак фіскальні заходи визначаються на національному рівні в державах-членах ЄС, оскільки ЄС не має прямої влади над оподаткуванням. На рівні держав-членів регулювання впливу сільського господарства на навколишнє середовище в основному базується на нормативно-правових актах (тобто інструментах політики управління та контролю), добровільних заходах та агроекологічних програмах, а не на податках ([362]).
Незважаючи на потенційні переваги, податкові пільги виявилися малоефективними через значні втрати доходів, які вони спричиняють урядам. Дослідження показують,

що фіскальні витрати на такі заходи часто перевищують їхні переваги, оскільки вони вимагають значних державних видатків, але не призводять до пропорційного збільшення відповідальних інвестицій у сільське господарство ([363]). Аналогічно, податки на вхідні ресурси в сільському господарстві продемонстрували неоднозначну ефективність у вирішенні екологічних проблем. OECD ([364]) вказує, що дані про вплив податків на воду на зменшення забору залишаються непереконливими, тоді як податки на пестициди мали обмежений ефект на скорочення їх використання. Однак, як підкреслюють Finger & Pedersen ([365]), податки на вхідні ресурси самі по собі є недостатніми для досягнення цілей сільськогосподарської політики, і для повної ефективності вони повинні бути частиною скоординованого комплексу інструментів.

Оплата екосистемних послуг

Платежі за екосистемні послуги (PES) – це проактивні виплати, що здійснюються фермерам за впровадження конкретних практик, які приносять вимірювані екологічні вигоди. В рамках CAP фермери можуть отримувати виплати за низку різних заходів, що покращують екосистемні послуги, таких як поглинання вуглецю за допомогою агролісомеліорації або відновлення торфовищ, створення середовищ існування за допомогою живоплотів і квіткових смуг, а також управління водними ресурсами за допомогою буферних зон уздовж водотоків ([366]).

1.2.3 Інструменти торгівельної політики

Інструменти торговельної політики – це заходи, що регулюють міжнародну торгівлю, впливаючи на транскордонний потік товарів і послуг. Хоча їх основною метою є управління торгівлею, ці інструменти також можуть бути розроблені для підтримки цілей сталого розвитку та заохочення екологічно дружніх практик. Торговельні інструменти можуть бути спрямовані як на експорт сталих сільськогосподарських продуктів через рекламні кампанії, так і на імпорт товарів через преференційні імпортні мита або знижені тарифи для сталих продуктів.
ЄС проводить рекламні кампанії для підвищення обізнаності про якість, безпеку та сталість сільськогосподарських продуктів ЄС. Ці кампанії мають на меті відкрити нові ринкові можливості для фермерів ЄС та харчової промисловості в цілому, а також

(362) Finger and Pedersen “Input Taxes in Agriculture.” Ecological Economics, 233:108575. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2025.108575
(363) Bellmann “Subsidies and Sustainable Agriculture: Mapping the Policy Landscape.” Available here.
(364) OECD (2020) “Taxation in Agriculture,” Available here.
(365) Finger and Pedersen “Input Taxes in Agriculture.” Ecological Economics, 233:108575. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2025.108575
(366) European Commission (2023), “COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT Guidance on the Development of Public and Private Payment Schemes for Forest Ecosystem Services” Available here.

допомогти їм розвивати існуючий бізнес. У 2025 році Європейська комісія виділить на це 132 мільйони євро. Ці заходи підкреслюють переваги органічного землеробства, географічних зазначень та інших сталих практик, підвищуючи конкурентоспроможність сільськогосподарських продуктів ЄС та заохочуючи до впровадження екологічно безпечних методів.

Хоча ЄС наразі не застосовує диференційованих імпортних мит або тарифних знижок спеціально для екологічно сталих сільськогосподарських продуктів, він підтримує екологічно стале сільське господарство за допомогою інших механізмів, пов'язаних з торгівлею. Наприклад, ЄС включає положення про екологічну сталість у свої торговельні угоди, вимагаючи від країн-партнерів дотримання екологічних стандартів та сприяння екологічно сталим методам ведення сільського господарства. Крім того, ЄС запропонував правила щодо обмеження імпорту продуктів, пов'язаних із вирубкою лісів, що опосередковано заохочує до використання сталих методів виробництва. Хоча диференційовані тарифи для сталих продуктів ще не формалізовані, дискусії в рамках Європейської зеленої угоди та стратегії 'Від ферми до виделки' підкреслюють потенціал торговельної політики для більш тісного узгодження з цілями сталого розвитку в майбутньому.

1.2.4 Інструменти розподілу ризиків

Механізми розподілу ризиків – це фінансові інструменти, призначені для зменшення ризиків, пов'язаних із впровадженням сталих практик, що полегшує фермерам і виробникам інвестування в екологічно чисті методи. Ці механізми включають гарантії, позики та акції, забезпечують фінансову безпеку та заохочують інновації. Країни-члени ЄС все частіше застосовують ці механізми для стимулювання інвестицій та максимізації впливу державних ресурсів шляхом залучення додаткового капіталу та забезпечення повторного використання коштів. Тринадцять стратегічних планів CAP спільно виділяють державний бюджет у розмірі 1 млрд євро на фінансові інструменти, включаючи гарантії та позики, з метою поліпшення доступу до кредитування та мікрокредитування для інвестицій, спрямованих на підвищення життєздатності виробників ([367]).

1.2.5 Механізми підтримки

Механізми підтримки – це ініціативи, які сприяють впровадженню сталих практик шляхом надання фермерам знань, навичок та ресурсів, необхідних для їх застосування. Ці механізми включають програми технічної допомоги, ініціативи з передачі знань та схеми сертифікації, які мають на меті подолати розрив між науковими дослідженнями та практикою.

---

(367) European Commission (2023) “Approved 28 CAP Strategic Plans (2023-2027) Summary Overview for 27 Member States Facts and Figures.” Available here.

Програми технічної допомоги

Програми технічної допомоги надають фермерам знання та навички, необхідні для впровадження сталих практик. Ці програми часто реалізуються через консультаційні послуги, навчальні сесії та демонстраційні ферми. Наприклад, Система консультацій для фермерів (FAS) пропонує безкоштовні або субсидовані консультаційні послуги, щоб допомогти фермерам дотримуватися екологічних норм, впроваджувати сталі практики та отримувати фінансування в рамках CAP. Демонстраційні ферми слугують практичними прикладами сталого сільського господарства, демонструючи інноваційні методи та технології фермерам-відвідувачам, які зацікавлені в освоєнні нових практик. Технічна допомога також включає розробку та поширення цифрових інструментів, таких як програмне забезпечення для управління фермами, супутникові знімки та датчики ґрунту, які допомагають фермерам оптимізувати використання ресурсів та зменшити вплив на довкілля. Farm Sustainability Tool (FaST) — це платформа, що фінансується ЄС, призначена для підтримки фермерів у впровадженні сталих практик шляхом надання доступу до широкого спектру цифрових інструментів та ресурсів. Платформа має на меті підвищити сталість ферм шляхом сприяння обміну знаннями, просування інновацій та надання фермерам можливості приймати рішення на основі даних.

Передача знань та інновації

Ініціативи з передачі знань заповнюють прогалину між науковими дослідженнями та практикою, забезпечуючи фермерам доступ до останніх інновацій у галузі сталого сільського господарства. В ЄС Європейське інноваційне партнерство з питань продуктивності та сталого розвитку сільського господарства (EIP-AGRI) об'єднує фермерів, науковців та консультантів для обміну знаннями та розробки інноваційних рішень для сталого сільського господарства. Мережа CAP ЄС слугує центром обміну знаннями, сприяючи обміну передовим досвідом та заохочуючи впровадження сталих та інноваційних методів ведення сільського господарства.

Схеми сертифікації

Схеми сертифікації — це добровільні механізми, які дають змогу фермерам і виробникам продемонструвати свою прихильність до стандартів сталого розвитку, якості та охорони довкілля. Ці схеми надають споживачам гарантії щодо походження, методів виробництва та впливу сільськогосподарських продуктів на довкілля, а також допомагають виробникам отримати доступ до преміальних ринків. У ЄС схеми сертифікації відіграють важливу роль у просуванні сталого сільського господарства та зміцненні довіри споживачів. Логотип 'EU Organic' є ключовою схемою сертифікації, яка ідентифікує продукти, вироблені відповідно до суворих стандартів органічного землеробства. Логотип гарантує, що продукти відповідають нормам ЄС щодо органічного виробництва та дотримуються принципів добробуту тварин, збереження

біорізноманіття та сталого використання ресурсів. Логотип 'EU Organic' визнається у всіх державах-членах ЄС і стає все більш помітним на міжнародних ринках. ЄС просуває цей логотип, щоб підвищити конкурентоспроможність свого органічного сектору, заохотити до впровадження екологічно чистих методів сільського господарства та задовольнити зростаючий попит на органічні продукти. Окрім органічного логотипу , ЄС підтримує інші схеми сертифікації, такі як географічні зазначення, які разом із пов'язаними інструментами, такими як певні знаки справедливої торгівлі або інші знаки, сприяють сталому сільському господарству та розвитку сільських територій.

Додаток V – Додаткові графічні матеріали

1.1 Узагальнена діаграма: переваги кормів, що містять водорості, як замінників кормів, що містять рибу

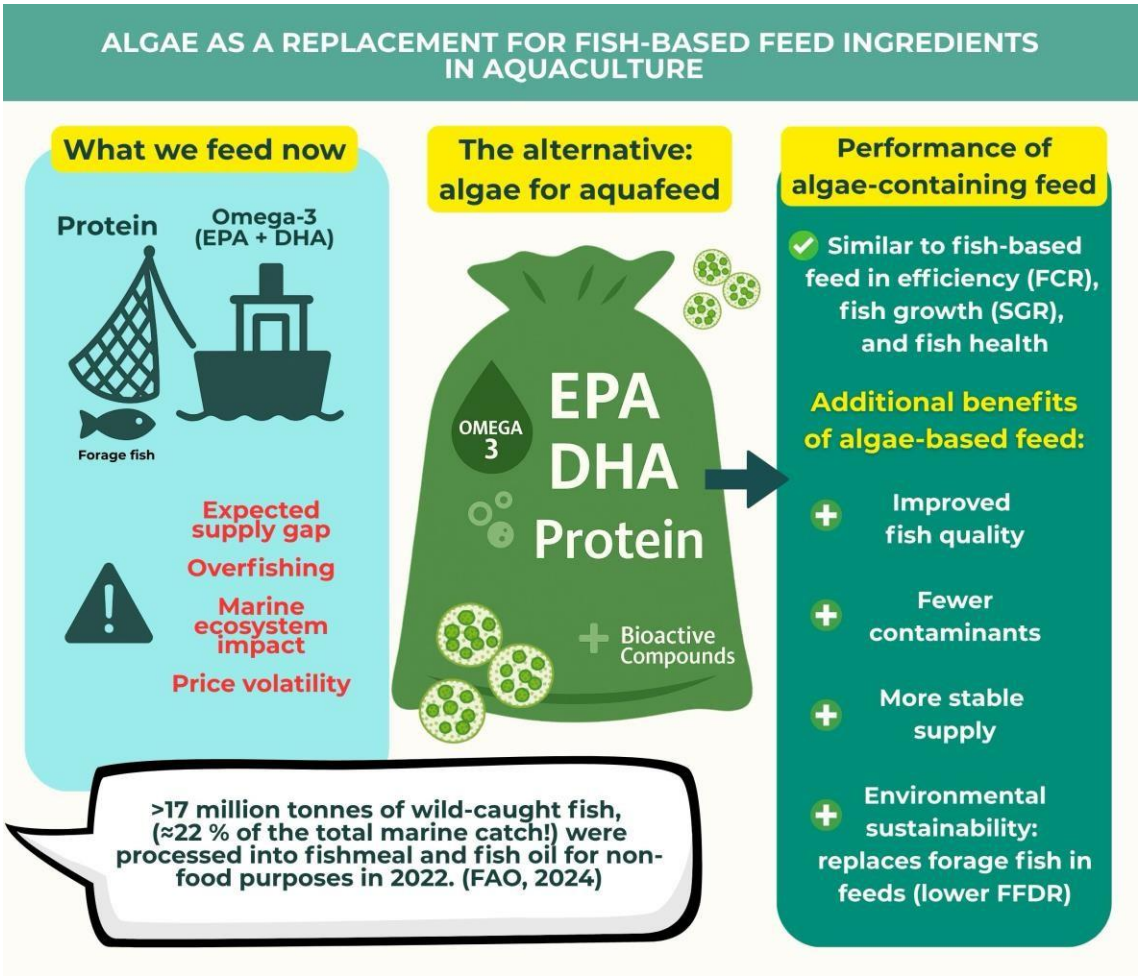


Рисунок 13 – Водорості як заміна інгредієнтів кормів, що містять рибу

(Напис: водорості як замінник інгредієнтів що містять рибу у кормах для аквакультури. Ліворуч: Як ми годуємо зараз: протеїн та омега 3 з продукції рибальства. Червоним: очікуваний дефіцит постачання; надмірний вилов; вплив на морські екосистеми; волатильність цін. Усередині: Альтернатива: водорості для аквакормів: омега 3 (EPA та ДНА, протеїни+ біоактивні компоненти. Праворуч: ефективність водростевмісних кормів: подібні до кормів на основі риби за кормовим коефіцієнтом, питомим темпом росту та здоров'м риби. Додаткові переваги водоростевмісних кормів: поліпшення якості риби; зменшення обсягу забруднювачів; більш стабільне постачання/пропозиція; екологічна сталість: заміна кормової риби у кормах (зменшення FFDR). Ремарка: більш як 17 млн. риби з рибальства (прибл.22% від загального вилову у морях) бло перероблено на рибне борошно та риб.олію для нехарчових цілей у 2022-му році (FAO, 2

Додаток VI – Зведені рекомендації, включаючи коротке обґрунтування

1.1 Зведені рекомендації, включаючи коротке обґрунтування

Таблиця 22 – Зведені рекомендації, включаючи коротке обґрунтування

Тема	Зведені рекомендації та обгрунтування
Теоретичні оптимальні рівні включення водоростей	**Рекомендація 1** Водоростеві борошно та олія можуть становити 10-15% від загального корму для лосося та форелі і приблизно 20-25% для лаврака та доради (верхня межа приблизно дорівнюватиме заміні всіх інгредієнтів з цільної кормової риби, що використовуються в цих кормах). Однак економічні фактори будуть обмежувальними протягом тривалого часу, особливо для видів риб з нижчою ціною. Більш практичний підхід може передбачати поєднання водоростей, інших альтернативних інгредієнтів та інгредієнтів на основі риби, отриманих з екологічно сталих джерел, зокрема обрізків та субпродуктів аквакультурного виробництва;
	Обгрунтування: На основі опитувань та огляду літератури загальні результати показали, що додавання 3% або більше інгредієнтів з водоростей дозволить зберегти продуктивність, порівнянну з інгредієнтами на основі риби, з точки зору FCR (кормовий коефіцієнт) та SGR (питомий темп росту). Хоча корми, що містять водорості, можуть становити економічні виклики та мати певний вплив на навколишнє середовище, залежно від виробничої структури, вони також мають значні переваги, включаючи зменшення забруднення, стабільність цін та зменшення тиску на природні запаси риби. Корми, що містять водорості, загалом виявилися вигіднішими порівняно з кормами без водоростей. Повна заміна риб'ячого жиру та рибного борошна можлива, але не обов'язково доцільна чи необхідна, що також залежить від виду риби. Значна частина риб'ячого жиру та борошна отримується з побічних продуктів, які в більшості випадків є більш сталим джерелом. Основну увагу слід приділяти заміні продуктів, отриманих з цілих диких риб. Рекомендація є довгостроковою метою. Під час опитувань було спрогнозовано, що використання інгредієнтів з водоростей може зрости до 5% протягом найближчих п'яти років.

Тема	Зведені рекомендації та обгрунтування
Мінімальний вміст у цільових продуктах EPA та DHA не рибного походження	**Рекомендація 2** Мінімально 25% необхідної кількості EPA+DHA можна встановити як цільовий показник для EPA+DHA, що не походить з риби. Також рекомендується переглянути мінімальні цільові показники для джерел, що не походять з риби, у міру розвитку цього ринку.
	Обгрунтування: Чому не більший вміст? Побічні продукти можуть бути хорошим варіантом для постачання частин EPA та DHA. Слід враховувати, що ринок кормів з водоростей не може відразу задовольнити такий високий попит, а ціни все ще залишаються перешкодою. Нові олії з альтернативних джерел вже становлять значну частину кормів для аквакультури. Чому не менший? З точки зору харчування заміна можлива, оскільки було доведено, що корми, що містять водорості, за своїми характеристиками не поступаються, а в деяких аспектах навіть перевершують корми без водоростей, наприклад, за стабільністю цін, меншим вмістом шкідливих речовин та меншою залежністю від дикої риби. Для досягнення такого ж рівня вмісту EPA та DHA у кормі, як і в риб'ячому жирі, потрібно додавати лише невелику кількість водоростевої оліх. (25 % може означати загальне додавання 1,5-2 % водоростевого масла до загального обсягу корму) Фінансові стимули слід розглядати у поєднанні з цими цілями. Крім того, прогнозується, що ринок водоростевої олії продовжуватиме зростати, що має сприяти збільшенню її додавання в майбутньому, оскільки доступність зростатиме, а ціни, ймовірно, знижуватимуться.

Тема	Зведені рекомендації та обгрунтування
FFDR (коеф.залежності від кормової риби) **Поточні середні значення FFDR** (IFFO 2020): Сьомга: **0.68** Інші лососеві: **0.67** Морські риби напр. Європ.лаврак та дорада): **0.53** FFDRo: 1.5 FFDRm: 0.5 для норв.сьомги (2020)	**Рекомендація 3** Слід заохочувати FFDR (можливо, окремо розглядати як FFDRm та FFDRo) навколо поточних середніх значень. Крім того, значно нижчий FFDR може бути винагороджений стимулами для сприяння використанню побічних продуктів та альтернативних інгредієнтів. Рекомендується одночасно інтегрувати ці цілі з іншими показниками, такими як LCA та сертифікації, що може забезпечити більш цілісний підхід. У міру зростання сектору аквакультури середні значення FFDR будуть далі знижуватися, оскільки кормова риба є Обгрунтування : FFDR має на меті вказати на тиск на диких риб і, таким чином, на сталість, але це не обов'язково найідеальніший інструмент для оцінки сталості. Всі рибні інгредієнти в кормі можуть походити з рибних господарств, що управляються на засадах сталості, що призводить до високого FFDR, але все одно забезпечує стале виробництво. Водночас очевидно, що більшість рибних промислів, які постачають корм, працюють на межі своїх можливостей (близько 50 %), а значна частина експлуатованих запасів переловлюється (близько 30 %). Тому FFDR може бути цінним показником для (непрямої) оцінки потенційного впливу на біорізноманіття, надмірний вилов та здоров'я екосистеми. Поточний показник FFDR є середнім, тому все ще буде багато кормів, які демонструють гірший показник FFDR. Мета полягає в тому, щоб встановити (також для тих кормів, які мають набагато гірші показники) реалістичну ціль для поліпшення, що може бути більш мотивуючим для виробників, які можуть мати труднощі з досягненням надто амбітних цілей. Крім того, ідея полягає в тому, щоб заохочувати та винагороджувати значно нижчий за середній рівень FFDR за допомогою стимулів, щоб сприяти подальшому вдосконаленню також для тих, хто вже досягає поточного або дещо нижчого середнього рівня. (див. також розділ про фінансові стимули) Хоча FFDR сам по собі не надає інформації про стан популяцій диких риб, які використовуються для виробництва інгредієнтів на основі риби в конкретних кормах, наприклад, чи є вони переловленими, важливо враховувати цей контекст. Його можна поєднати з відповідними сертифікатами інших інгредієнтів на основі риби, щоб гарантувати, що дика риба, якщо вона використовується,

Тема	Зведені рекомендації та обгрунтування
Прицип ALARA (as low as reasonably achievable- настільки низький, наскільки це можливо) до контамінантів	**Рекомендація 4** Рекомендується включити принцип ALARA також до Директиви 2002/32/ЄС (Директива про небажані речовини в кормах для тварин) під час її наступного перегляду, щоб сприяти максимальному зниженню вмісту таких забруднюючих речовин, як ПХБ, діоксини та інші, в кормах, а отже, і в харчових продуктах.
	Обгрунтування: Регламент щодо гігієни кормів та харчових продуктів дотримується такого принципу: "При годуванні тварин, що використовуються для виробництва харчових продуктів, фермери повинні вживати заходів та застосовувати процедури, щоб ризик біологічного, хімічного та фізичного забруднення кормів, тварин та продуктів тваринного походження був якомога нижчим, наскільки це можливо." Гігієнічні норми встановлюють цей принцип конкретно для годування тварин, що використовуються для виробництва харчових продуктів, але це безпосередньо не стосується самого виробництва кормів. Включення цього принципу до регламенту щодо забруднювачів кормів має призвести до зниження вмісту забруднювачів у кормах. У цьому дослідженні перевірені зразки риб'ячого жиру показали значно нижчий рівень забруднення, ніж дозволений максимум для діоксинів, діоксиноподібних ПХБ та недіоксиноподібних ПХБ. Крім того, у звіті було показано, що існує багато різних методів або варіантів постачання для зниження рівня забруднення в кормі для аквакультури. Тому максимальні рівні встановлені набагато вищими, ніж це необхідно, і виключають з ринку лише найбільш забруднену риб'ячу олію. Поточні значення, здається, не відповідають принципу ALARA.
Зниження рівня забруднювачів у кормах для риб	**Рекомендація 5** Рекомендується знизити поточні граничні значення відповідно до регламенту щодо забруднюючих речовин у кормах (Директива 2002/32/ЄС) для діоксинів та суми діоксинів і діоксиноподібних ПХБ. Також має бути можливим зниження рівня недіоксиноподібних ПХБ. Крім того, пропонується знизити поріг дії для діоксинів і діоксиноподібних ПХБ.

Тема	Зведені рекомендації та обгрунтування

Обгрунтування:
Різні методи та джерела є дієвими варіантами для значного зниження рівня цих забруднюючих речовин.
Проведені опитування, а також кілька досліджень показали, що заміна на водоростеву олію або комбінацію водоростевого та рослинного масла дозволила досягти зниження рівня ПХБ та діоксинів.
З квітня 2012 року граничні значення цих забруднюючих речовин у риб'ячому жирі та кормі для аквакультури, встановлені Директивою 2002/32/ЄС, не були знижені. За останні 13 років склад кормів для аквакультури зазнав кардинальних змін. Вміст риб'ячого жиру в даний час значно нижчий, ніж у 2012 році. Оскільки риб'ячий жир є основним джерелом діоксинів і ПХБ, допустимі значення в кормі для аквакультури повинні бути відповідно знижені.
З огляду на постійні досягнення у сфері розробки рецептур кормів та зменшення вмісту шкідливих речовин, Європейська комісія у 2023 році повідомила Світову організацію торгівлі (СОТ) про намір знизити певні граничні значення для діоксинів та сумарного вмісту діоксинів.
У повідомленні ЄК не міститься рекомендація щодо зниження граничних значень для недіоксиноподібних ПХБ. Однак зниження цих значень у риб'ячому жирі і, особливо, у комбікормі для риб видається доцільним з огляду на вищезазначені причини. Тим не менш, доцільно встановити конкретні кількості для недіоксиноподібних ПХБ після проведення більш всебічної оцінки. (див. нижче)
Поряд з цими значеннями слід також знизити порогові значення для діоксинів та діоксиноподібних ПХБ.

Забруднювач	Інгредієнти кормів&продукти	Потчоні величиниue □ знижені величини
Діоксини - Максимальний вміст у нг WHO-PCDD/F-TEQ/кг (ppt) відносно корму з вмістом вологи 12%	Риб.олія	**5.0** □ **3.5** (повідомл. ЕС до WTO)
	Комбікорми для риб	**1.75** □ **1.0** (повідомл. ЕС до WTO)
Загалом діоксини та діоксиниподібні PCBs - Максимальний вміст у нг WHO-PCDD/F-TEQ/кг (ppt) відносно корму з вмістом вологи 12%	Риб.олія	**20.0** □ **12.0** (повідомл. ЕС до WTO)
	Комбікорми для риб	**5.5** □ **2.0** (повідомл. ЕС до WTO)
Недіоксиноподібні PCBs - Максимальний вміст у мкг/кг (ppb) відносно корму з вологістю 12 %	Риб.олія	**175** □ зниження можливе, величина не визначена
	Комбікорми для риб	**40** □ зниження можливе, величина не визначена

Тема	Зведені рекомендації та обгрунтування
Стандарти **Поточні:** Вже існує кілька офіційних стандартів CEN (Європейського комітету зі стандартизації) щодо водоростей та продуктів з водоростей (CEN 454).	**Рекомендація 6** Пропонується розробити (офіційні) стандарти для таких галузей: **Заяви** (наприклад, щодо поживних речовин, навколишнього середовища, здоров'я) про водорості та продукти, що містять водорості) **Маркування походження** біомаси водоростей, що також охоплює відповідні методи перевірки походження Стандартизація аналітичних методів виявлення **забруднюючих речовин** у водоростях, що також включає огляд усіх відомих забруднюючих речовин водоростей Керівні принципи щодо **повторного використання води та вимірювання споживання води** при вирощуванні водоростей Рекомендовані методи **консервування та зберігання водоростей** для різних кінцевих цілейpurposes
	Обгрунтування: Вищезазначені теми, які рекомендуються для стандартів, відповідають вимогам, викладеним у відповідних нормативних актах. Однак саме ці аспекти допускають певне тлумачення, і стандарти можуть відігравати вирішальну роль у наданні рекомендацій галузі в цьому питанні. Вищезазначені теми були обрані з урахуванням того, щоб не дублювати вже існуючі стандарти або ті, що знаходяться на стадії розробки і незабаром будуть опубліковані
Система **Зараз:** Не існує жодної системи, яка б сприяла виробництву та використанню кормів, що містять водорості	**Рекомендаця 7** Розробити **комплексну систему** для виробництва кормів для риб на основі водоростей.
	Обгрунтування: Цілісна та інтегрована система може сприяти впровадженню кормів для риб на основі водоростей в аквакультурі Ця система повинна охоплювати весь ланцюжок створення вартості, від виробництва водоростей і складання кормів для рибництва та до споживчих ринків Поєднання регуляторних, фінансових та ринкових інструментів може як стимулювати зацікавлені сторони до впровадження сталих практик, так і сприяти зростанню сектору виробництва кормів з водоростей. Крім того, рекомендується, щоб ця система включала аспекти, викладені в рекомендаціях 7.1–7.6.

Тема	Зведені рекомендації та обгрунтування
	Рекомендаця 7.1 Створити **сприятливе регуляторне та політичне середовище**, включаючи політику, вдосконалені схеми сертифікації та технічну підтримку
	Обгрунтування: Стабільне та ефективне регуляторне середовище є необхідною умовою для залучення інвестицій та сприяння інноваціям у сфері виробництва кормів для риб на основі водоростей Ключові заходи включають впровадження політики, що забезпечує гарантії права власності та доступу для рибоводів, які застосовують сталі практики (включно з кормом, що містить водорості) Посилити існуючі схеми сертифікації, такі як Наглядова Рада з аквакультури (ASC) та органічний логотип ЄС, щоб включити конкретні критерії для кормів, що містять водорості Надання технічної підтримки виробникам кормів та риби, а також рибоводам за допомогою навчальних програм, платформ для обміну знаннями та доступу до ресурсів у сфері НДДКР.
	Рекомендаця 7.2 Виправити ринкові викривлення за **допомогою фіскальних заходів, поступово скасовуючи субсидії на несталі корми для риб** і надаючи податкові пільги для більш сталих варіантів
	Обгрунтування: Фіскальні заходи можуть відігравати ключову роль у узгодженні економічних стимулів з екологічними цілями. Реформування фіскальної політики має великий потенціал для запобігання шкідливим практикам та заохочення більш сталих методів і технологій.
	Рекомендація 7.3 Інтегрувати сталу аквакультуру в **таксономію ЄС**
	Обгрунтування: Діяльність, яка оцінюється як екологічно стала, стане більш привабливою для інвесторів Це може стати потужним стимулом для рибоводів і виробників кормів до впровадження екологічно стійких практик, оскільки вони отримають доступ до можливостей екологічного фінансування.

Тема	Зведені рекомендації та обгрунтування
	Рекомендація 7.5 Впровадити **інноваційні механізми фінансування**, включаючи 'блакитні облігації', позики та гарантії
	Обгрунтування: Для стимулювання сталої аквакультури необхідні нові інструменти фінансування та доступ до ринків капіталу Блакитні/зелені облігації можуть привабити приватний капітал і підтримати зростання сектору виробництва кормів з водоростей Моделі змішаного фінансування можуть використовуватися для об'єднання державного та приватного фінансування проектів з виробництва кормів з водоростей, щоб зменшити інвестиційні ризики та зробити сталу аквакультуру більш привабливою для приватних інвесторів.
	Рекоменлація 7.6 Посилити інфраструктуру даних та прозорість
	Обгрунтування: Покращення інфраструктури даних та прозорості має вирішальне значення для залучення інвестицій та забезпечення ефективного розподілу ресурсів Ефективні системи моніторингу та звітності допоможуть інвесторам приймати обґрунтовані рішення та сприятимуть розробці надійних бізнес-планів Слід впровадити системи моніторингу для відстеження екологічних показників діяльності аквакультури з метою підвищення довіри споживачів до риби, вирощеної в умовах сталого розвитку, та створення ринкових стимулів для виробників.

Publications Office
of the European Union