



# Модуль 4: Що слід змінити в кормах і годівлі в аквакультурі через глобальне потепління



# Розминка

## Дискусія:

Яким є виробництво аквакультури у вашій країні та в ЄС? Як зміна клімату впливає на годівлю аквакультури? Що ми можемо використовувати як альтернативні корми для аквакультури, щоб пом'якшити наслідки зміни клімату?



# Розминка - факти

- У 2023 році Туреччина виробила 515 000 тонн продукції аквакультури. Аквакультура в ЄС дала майже 1,1 мільйона тонн водних організмів вартістю 4,8 мільярда євро. Іспанія, Франція, Греція та Італія разом виробили понад дві третини обсягу продукції аквакультури в ЄС.
- Глобальне потепління призведе до зменшення пропозиції рибного борошна та риб'ячого жиру для годівлі аквакультури. Зміна клімату вплине на харчові потреби, швидкість метаболізму, коефіцієнт перетворення корму та якість продукції.
- Сектор аквакультури повинен знайти/виробляти альтернативні корми, такі як корми з харчових відходів, використання рослинних джерел білка, використання мікроводоростей, вирощування комах в органічних відходах для виробництва білкового борошна з комах тощо.

Source: Lucas et al. (2019)



# Вступ - Ключові визначення

- **Аквакультура:** Розведення, вирощування та збір риби, молюсків і водних рослин. По суті, це сільське господарство у воді.
- **FER:** Коефіцієнт ефективності корму (приріст/корм) або **FCR:** Коефіцієнт конверсії корму (корм/приріст).
- **LCA:** Оцінка життєвого циклу для вимірювання впливу кормів для аквакультури на вуглецевий/водний слід.
- **Альтернативні корми:** Альтернативні кормові матеріали, такі як харчові відходи, рослинні корми (соє), мікроводорості, комашине борошно тощо. До рибного борошна та риб'ячого жиру.
- **Годування на основі мікробіому:** Годування аквакультури з метою маніпулювання мікробіомом для покращення здоров'я, добробуту та продуктивності.
- **Функціональні кормові добавки:** Кормові добавки, які включаються до складу кормів для забезпечення основних поживних потреб звичайних кормів, а також для поліпшення росту і здоров'я аквакультури.



# Вступ



- За прогнозами, до 2030 року рибне господарство зросте на 32%. Однак важко досягти сталого виробництва, яке сприятиме здоровому харчуванню, досягненню Цілей сталого розвитку та досягненню нульового рівня викидів парникових газів.
- Рибництво створює 250 мільйонів тонн еквівалентів CO<sub>2</sub> на рік у всьому світі. Вирощування лосося створює 10 мільйонів тонн еквівалентів CO<sub>2</sub> на рік.
- Порівняно з тваринництвом, особливо яловичиною, виробництво морепродуктів має нижчий рівень викидів вуглецю. Крім того, деякі види можуть витягувати вуглець з водного середовища, сприяючи тривалому вуглецевому циклу.



# Частина 1. Потреби в харчуванні та зміни в обміні речовин



# Частина 1. Потреби в харчуванні та зміни в обміні речовин

- Базальні енергетичні потреби риб, які є пойкилотермними тваринами, безпосередньо залежать від температури води. З підвищенням температури зростає їх стандартна швидкість метаболізму, а також потреба в енергії та протеїні для підтримання життєдіяльності.
- Викликані температурою зміни швидкості метаболізму впливають не лише на енергетичну цінність раціону, але й на коефіцієнт ефективності використання корму (FER, приріст/корм) або коефіцієнт конверсії корму (FCR, корм/приріст).
- Деякі дослідження показують, що на «час проходження корму через кишечник» може впливати тепліша вода, залежно від виду. Дослідження підкреслюють, що висока температура води матиме мінімальний вплив на засвоюваність поживних речовин або енергії водними тваринами, поки не буде перевищено оптимальний діапазон.



- Кліматичні зміни та зміни у водному середовищі також можуть впливати на фізіологію та поведінку ри́б, а також на харчування та ендокринний контроль за харчуванням. Риби, будучи ектотермними істотами, дуже чутливі до змін температури води. Підвищення температури води збільшує споживання кисню та швидкість метаболізму, а отже, і потребу в енергії. Хоча ці зміни варіюються залежно від виду, споживання корму збільшується при помірному підвищенні температури у ри́б.
- Мікробіом широко визнаний як важливий компонент у підтримці загального здоров'я ри́б. Вплив теплового стресу на морфологію кишечника ри́б до кінця не вивчений.
- Стрес може порушити мікробну структуру кишечника і таким чином вплинути на фізіологічну та імунну системи ри́б. Окрім зміни структури кишкової мікробіоти, температура також може впливати на метаболізм хазяїна і призводити до зміни фенотипу.





## Частина 2. Сталі кормові інгредієнти в аквакультурі



- Аквакультура може виробляти тваринний білок з меншими викидами парникових газів, ніж наземне тваринництво. Таким чином, аквакультура є більш сприятливим для клімату сектором виробництва білка, ніж інші види тваринництва.
- У кормах для аквакультури використовується понад 70% світового обсягу рибного борошна та риб'ячого жиру (FMFO). У всьому світі приблизно 17 мільйонів тонн виловленої риби використовується для виробництва кормів для аквакультури. Таким чином, використання альтернативних джерел білка для кормів для аквакультури може зменшити вплив аквакультури на навколишнє середовище.
- Альтернативні джерела білка, такі як комашиний шрот, не є новими, але нещодавні інвестиції в цей сектор наближають його до готовності до виходу на ринок. Інші джерела кормів, особливо морські водорості, потребують подальшого розвитку.



## 1) Рослинні корми/олії та екологічні виклики

- Останніми роками виробники кормів для аквакультури переходять на використання сільськогосподарських продуктів, таких як соя, кукурудза та ріпак, замість FMFO.
- Однак використання трансгенного насіння, води, пестицидів і добрив у виробництві цих продуктів негативно впливає на екологічну стійкість. Тому заміна інгредієнтів FMFO на інгредієнти земних продуктів, здається, далека від досягнення мети мати нульовий вуглецевий слід.
- Вони також мають низьку якість поживних речовин, засвоюваність і недостатній вміст амінокислот і ПНЖК, таких як ДГК і ЕПК.
- Крім того, рослинні кормові інгредієнти містять антипоживні речовини, які можуть змінити структуру корисних бактерій у травній системі господаря і негативно вплинути на метаболізм.
- Ще однією проблемою рослинних кормів є те, що приблизно 70% фосфору в них пов'язано з фітатами, що створює потенціал для евтрофікації, а також знижує засвоюваність протеїну і збільшує екскрецію азоту.



## 2) Побічні продукти як корм для аквакультури

### *Побічні продукти переробки риби*

- Щорічно викиди світового рибальства становлять суму, еквівалентну 25% від загального обсягу вилову морської риби.
- Найважливішим методом утилізації цих відходів є використання їх у складі кормів для тваринництва та аквакультури.
- Ферментативний гідроліз рибних відходів - це метод переробки відходів у гідролізати рибних білків.
- Включення 50% свіжих обрізків анчоусів у корм збільшило ріст і споживання корму, а також покращило здоров'я кишечника (Warwas, 2023).

### *Харчові відходи*

Щорічно виробляється приблизно 1,5 мільярда тонн харчових відходів (1/3 від загальної кількості їжі, яку людина споживає протягом року). Однак, згідно з принципом «обережності», що застосовується в політиці ЄС щодо безпеки харчових продуктів, використання харчових відходів для розведення риби або вирощування комах не дозволяється.



### 3) Одноклітинні організми / білки (SCO/SCP)

#### *Мікроводорості (фітопланктон)*

Білок та олія мікроводоростей мають потенціал для заміни FMFO у кормах для аквакультури. Вміст сирого протеїну в мікроводоростях становить 50-70%, а вміст ліпідів - 45-60% від маси сухих клітин. Серед морських мікроводоростей *Nannochloropsis oculata*, *Isochrysis* sp. та *Schizochytrium* sp. вважаються перспективними для використання в кормах для аквакультури.

#### *Морські водорості*

Вміст білка в морських водоростях коливається в межах 2-38%, а вміст ліпідів - 1-10% залежно від виду водоростей. Загалом стверджується, що при додаванні цільних морських водоростей до кормів для риби у низькій кількості (<10%) замість рибного борошна спостерігається покращення показників росту та пігментації риби (Ragaza et al., 2021).

**Дріжджі та бактерії - інші перспективні СКО для годівлі аквакультури.**



## 4) Комахи в годівлі аквакультури

- Комахи можуть бути стійким джерелом білка для аквакультури з використанням харчових відходів.
- Встановлено, що принаймні 16 з приблизно 1 мільйона відомих у світі видів комах можуть бути використані як альтернативні джерела білка в аквакультурі. Вісім видів комах показали дуже багатообіцяючі результати. Серед них такі види комах, як шовкопряд (*Bombyx mori*), *Hermetia illucens*, *Musca Domestica*, *Tenebrio molitor* і цвіркуни є найбільш важливими.
- Ці види комах мають високий вміст сирого протеїну в межах 42-60%, а за вмістом незамінних амінокислот їх можна порівняти з рибним борошном та соєвим шротом. Перевагою кормів на основі комах є не тільки кількість поживних речовин, що містяться в них, але й зменшення впливу на навколишнє середовище завдяки високій ефективності переробки відходів та перетворенню побічних продуктів на цінні кормові ресурси.
- ЄС також схвалив включення комах до раціону водних організмів (Регламент 2017/893/ЄС, 2017). Як наслідок, в Європі було створено багато підприємств з вирощування різних видів комах.



## 5) Низькотрофні морські тварини

- *Морські тварини*, що становлять особливий інтерес з огляду на їх потенційне використання як замінників ФМФО, включають мідії, амфіподи та багатощетинкові черв'яки. Ці низькотрофні організми отримують поживні речовини від первинних продуцентів, таких як фітопланктон, бактерії та водорості, а також з органічних відходів у морському середовищі.
- *Мідії*, такі як зелені (*Perna viridis*) і блакитні (*Mytilus edulis*), містять 50-70% білка і 5-16% ліпідів від сухої ваги, подібно до рибного борошна.
- *Морські амфіподи* мають потенціал для використання як альтернативне джерело живого корму для аквакультури головоногих молюсків, креветок і морських коників. Вони містять високий рівень білка, ПНЖК (ЕПК, ДГК) та амінокислот.
- *Поліхети* (тобто аннелідні черви) є важливою здобиччю для комерційно важливих риб і ракоподібних. Традиційно вони використовуються як жива наживка для риболовлі або як високоякісне джерело їжі для спеціальних дієт. Вони містять велику кількість білка (55-60% сухої ваги), ліпідів (12-28% сухої ваги) і ПНЖК.





# Зменшення впливу кормів для аквакультури на навколишнє середовище

## Аквакультура та питання сталого розвитку

Ключові стратегії вимірювання харчової та екологічної сталості в аквакультурі можуть базуватися на трьох основних критеріях:

**1. Засвоюваність кормових інгредієнтів:** Засвоюваність інгредієнтів кормів для аквакультури є важливим параметром для створення економічно вигідних та екологічно стійких кормів.

**2. Коефіцієнт конверсії корму (FCR):** Коефіцієнт конверсії корму є хорошим показником екологічної ефективності аквакультури, оскільки він вказує на потенційні негативні наслідки відходів фосфору та азоту.

**3. Оцінка життєвого циклу (ОЖЦ) для заходів екологічного впливу:** ОЖЦ можна використовувати для вимірювання впливу харчових систем на навколишнє середовище, а також для вимірювання впливу аквакультури на навколишнє середовище.





# Частина 3. Практика управління кормами



# Техніка точного годування

## Годування на основі мікробіому

Мікробіом все ще є чимось на зразок «чорної скриньки» в харчуванні аквакультури. У майбутньому профілювання членства кишкових мікробних спільнот, зокрема їх функцій або функціональних результатів у кишечнику, буде областю для подальших досліджень.

Ця зміна проллє світло на поточні дослідницькі питання, такі як зв'язок між мікробним різноманіттям і виробництвом метаболітів, і дозволить промисловості встановити базові показники здоров'я кишечника.

У межах перетину генетики та харчування генетична селекція в аквакультурі більше не спрямована лише на стійкість до хвороб чи покращення росту, а й на використання поживних речовин. Це зробить точні методи годування, засновані на їхніх генетичних характеристиках, ще важливішими.



## Композиція корму на основі чистої енергії (NE).

В аквакультурі рецептура корму в основному базується на перетравній енергії (DE). У цій системі передбачається, що енергія використовується стандартним чином для зростання.

Тому, якщо це можна визначити, використання значень обмінної енергії (ME) і чистої енергії (NE) замість значень DE для кормів для аквакультури забезпечить значні переваги.

Останніми роками дієтологи аквакультури досягли відносного успіху в розробці моделей чистої енергії для різних видів риб.

Оскільки вплив кормів на навколишнє середовище значною мірою визначається їхніми інгредієнтами, існує можливість зменшити вплив аквакультури на навколишнє середовище шляхом створення кормів із меншим впливом на навколишнє середовище.



## Багатоцільова (МО) комбікорм

- Нещодавно Garcia-Launay та ін. (2018) розробили багатоцільову формулу (МО), яка використовує обмеження рецептури з найменшими витратами (поживні речовини та норми додавання кормових інгредієнтів) і розраховує функцію МО, яка включає як вартість корму, так і показники впливу на навколишнє середовище, отримані LCA.
- Рецептуру МО можна використовувати як корисний інструмент для зменшення впливу виробництва аквакультури на навколишнє середовище без шкоди для продуктивності тварин або обов'язкового збільшення витрат виробництва. Pre-treatment technologies and fermented feeds for aquaculture feeding

Ферментація в твердому стані в основному характеризується використанням мікроорганізмів, таких як *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Sacchromyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis* і *Bacillus licheniformis*. Ці організми можуть впливати на корм, виробляючи різні ферменти, такі як фітази, ліпази, протеази та карбогідрази, такі як целюлази та ксиланази.



# Частина 4. Пом'якшення наслідків підкислення океану



- Океани є природними карбонатними буферними системами і діють як поглинач вуглецю в навколишньому середовищі, що набагато перевищує вміст вуглецю в атмосфері та на суші. У міру того, як більше атмосферного  $\text{CO}_2$  розчиняється в океанській воді, вуглець вивільняється з поглинача вуглецю в океані, роблячи океани кислішими.
- Океани поглинають  $\text{CO}_2$  із атмосфери, діючи як буфер для рівнів  $\text{CO}_2$  у атмосфері. Якщо океани поглинають більше  $\text{CO}_2$ , це призводить до зниження рН морської води, концентрації карбонатних іонів та мінералів карбонату кальцію ( $\text{CaCO}_3$ ), створюючи ситуацію, яка називається «закисленням океану». Buffering agents
- Водорості знижують закислення океану та компенсують викиди. Неорганічні буфери: це зазвичай такі сполуки, як бікарбонат натрію, карбонат кальцію або гідроксид магнію.
- Фітохімічні речовини та рослинні буфери: деякі рослини виробляють сполуки, які можуть природно буферизувати рівні рН і забезпечувати додаткові переваги.



# Харчові стратегії щодо пом'якшення закислення океану

- В аквакультурі підвищення стійкості до кислих умов є важливим питанням, особливо в умовах закислення океану, для розробки стратегій годівлі та годування для стійкої аквакультури.
- Деякі стратегії годування для пом'якшення закислення:
  1. Використання мінералів
  2. Використання вітамінів
  3. Незамінні амінокислоти та жирні кислоти
  4. Пробіотики та пребіотики
  5. Антиоксиданти та фітохімічні речовини



# Частина 5. Підвищення ефективності та засвоюваності кормів





# Екструзійна обробка

- Екструзійна обробка - це метод, який застосовується для приготування та пастеризації компонентів корму або корму шляхом впливу на них високих температур і тиску протягом короткого часу, що дозволяє усунути всі АПФ та збільшити споживання корму, засвоюваність поживних речовин і, отже, зростання риби.
- Екструдовані таким чином інгредієнти корму сприяють підвищенню рівня ліпідів у кормі, желатинізації крохмалю та підвищенню засвоюваності білка та енергії у кормі.
- **Використання ферментних добавок**
- Використання рослинних кормів, багатих на непатогенні поліпептиди (НПП) у травному тракті риб, ферментами, такими як ксиланази, глюканази та целюлази, може підвищити засвоюваність та використання поживних речовин, що містяться в альтернативних інгредієнтах.



# Функціональні кормові добавки

- *Пробіотики, пребіотики та фітогеніки як функціональні кормові добавки* можуть використовуватися для профілактики/зниження захворюваності, підвищення імунітету господаря та зниження антимікробної резистентності, що виникає в результаті застосування антибіотиків.
- *Антистресові кормові добавки:* в останні роки дослідження щодо зниження стресу у риб збільшуються. Важливо включати деякі корисні добавки в їх корми, щоб знизити реакцію на стрес на типові стресові фактори. Деякі з кормових добавок для зниження фізіологічного впливу стресу - це ліпіди та жирні кислоти, вітаміни, мінерали, амінокислоти, нуклеотиди, пребіотики та антиоксиданти.
- *Роль функціональних кормових добавок у забезпеченні стійкості ґрунтується на їх п'яти основних ефектах на аквакультуру:* 1. Підвищення використання кормів, 2. Підвищення стійкого використання ресурсів, 3. Підвищення стійкості до хвороб та імунітету, 4. Підвищення стійкості до паразитів та 5. Поліпшення якості води.



# ДИСКУСІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ:

**Що має змінитися корм і годівля в аквакультурі через глобальне потепління?**

Який екологічний, кліматичний та соціально-економічний вплив вищезазначених питань у модулі

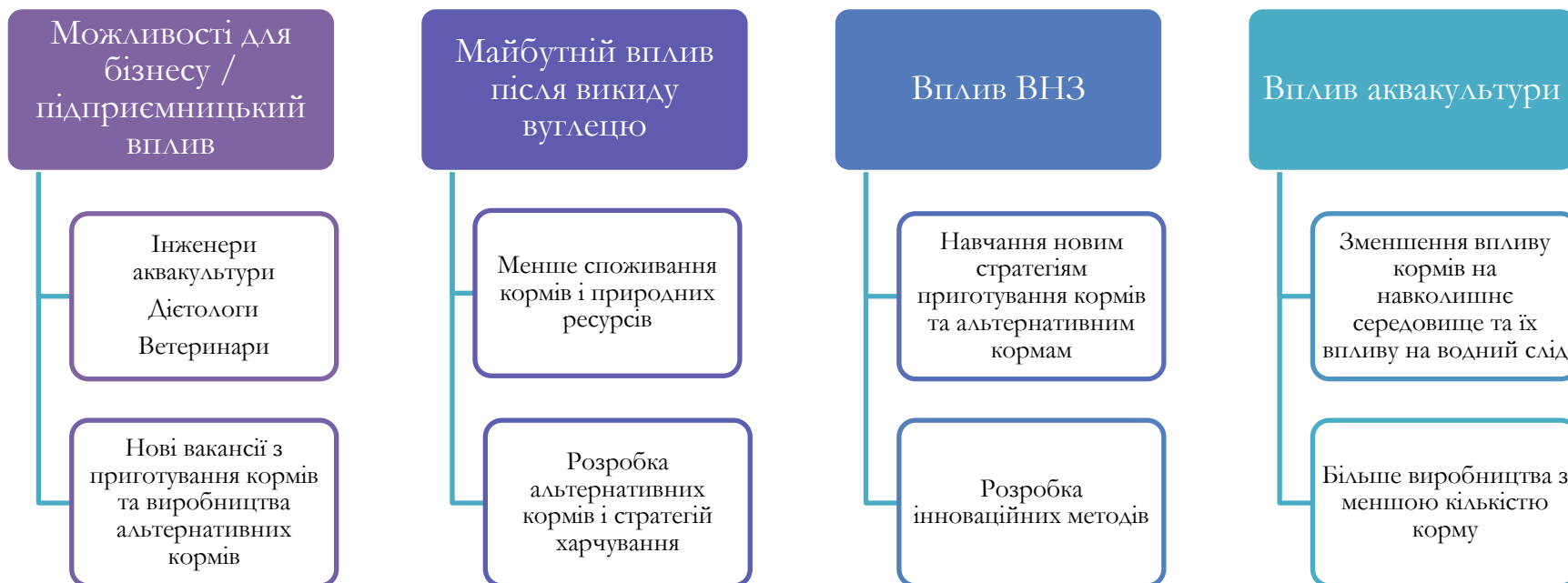


Представте робочі аркуші із запитаннями, на які потрібно відповісти

# КЕЙС-СТАДІ ДІЯЛЬНІСТЬ



# Як цей модуль може просувати контент:





Ідеї діяльності:

1. Групові презентації прикладів стратегій годівлі
2. Склад дієти для зменшення негативного впливу зміни клімату
3. Оцінка використання функціональної кормової добавки в аквакультурному господарстві
4. Читання та обговорення інновацій в альтернативних кормах для пом'якшення кліматичних змін

# АКТИВНІСТЬ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ



Майбутнє Вплив глобального потепління на корми та годівлю в  
аквакультурі та практичне застосування

# ЧАСТИНА 6



### Ідеї діяльності:

Знайдіть відео, які просто описують, як „Вплив глобального потепління на хвороби в аквакультурі та захисних застосуваннях” може виглядати в найближчому майбутньому

У групах створіть суспільство, яке функціонує на основі концепції «Вплив глобального потепління на корми та годівлю в аквакультурі та практичне застосування».

1. Груповий проект із розробки комплексної стратегії годування аквакультури проти глобального потепління
2. Обговорення в класі політичних заходів для підтримки стійких практик

# РОЛЬОВА ГРА/ ДОСЛІДНИЦЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ





# Список літератури

- Aasen, I. M., Sandbakken, I. S., Toldnes, B., Roleda, M. Y., & Slizyte, R. (2022). Enrichment of the protein content of the macroalgae *Saccharina latissima* and *Palmaria palmata*. *Algal research*, 65, 102727. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102727>
- Abdel-Latif, H. M., Abdel-Tawwab, M., Khafaga, A. F., & Dawood, M. A. (2020). Dietary oregano essential oil improved the growth performance via enhancing the intestinal morphometry and hepato-renal functions of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings. *Aquaculture*, 526, 735432. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735432>
- Ahmad, A., W. Hassan, S., & Banat, F. (2022). An overview of microalgae biomass as a sustainable aquaculture feed ingredient: Food security and circular economy. *Bioengineered*, 13(4), 9521-9547. <https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2061148>
- Ahmed, N., Thompson, S., & Glaser, M. (2019). Global aquaculture productivity, environmental sustainability, and climate change adaptability. *Environmental management*, 63, 159-172. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1117-3>
- Akbari Nargesi, E., Falahatkar, B., & Sajjadi, M. M. (2020). Dietary supplementation of probiotics and influence on feed efficiency, growth parameters and reproductive performance in female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) broodstock. *Aquaculture Nutrition*, 26(1), 98-108. <https://doi.org/10.1111/anu.12970>
- Albrektsen, S., Kortet, R., Skov, P. V., Ytteborg, E., Gitlesen, S., Kleinegris, D., ... & Øverland, M. (2022). Future feed resources in sustainable salmonid production: A review. *Reviews in aquaculture*, 14(4), 1790-1812. <https://doi.org/10.1111/raq.12673>
- Alfiko, Y., Xie, D., Astuti, R. T., Wong, J., & Wang, L. (2022). Insects as a feed ingredient for fish culture: Status and trends. *Aquaculture and fisheries*, 7(2), 166-178. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2021.10.004>
- Allegratti, G., Schmidt, V., & Talamini, E. (2017). Insects as feed: species selection and their potential use in Brazilian poultry production. *World's poultry science journal*, 73(4), 928-937. <https://doi.org/10.1017/S004393391700054X>
- Amin, M. N., Barnes, R. K., & Adams, L. R. (2014). Effect of temperature and varying level of carbohydrate and lipid on growth, feed efficiency and nutrient digestibility of brook trout, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill, 1814). *Animal feed science and technology*, 193, 111-123. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.04.016>
- Amin, M. N., Carter, C. G., Katersky Barnes, R. S., & Adams, L. R. (2016). Protein and energy nutrition of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) at optimal and elevated temperatures. *Aquaculture nutrition*, 22(3), 527-540. <https://doi.org/10.1111/anu.12274>
- Alloul, A., Wille, M., Lucenti, P., Bossier, P., Van Stappen, G., & Vlaeminck, S. E. (2021). Purple bacteria as added-value protein ingredient in shrimp feed: *Penaeus vannamei* growth performance, and tolerance against *Vibrio* and ammonia stress. *Aquaculture*, 530, 735788. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735788>
- Ang, C. Y., Yong, A. S. K., Azad, S. A., Lim, L. S., Zuldin, W. H., & Lal, M. T. M. (2021). Valorization of macroalgae through fermentation for aquafeed production: A review. *Fermentation*, 7(4), 304. <https://doi.org/10.3390/fermentation7040304>
- Ashour, M., Abo-Taleb, H. A., Hassan, A. K. M., Abdelzaher, O. F., Mabrouk, M. M., Eltokaby, M. A., Mansour, A. P. (2021). Valorization use of amphipod meal, *Gammarus pulex*, as a fishmeal substitute on growth performance, feed utilization, histological and histometric indices of the gut, and economic revenue of grey mullet. *Journal of marine science and engineering*, 9(12), 1336. <https://doi.org/10.3390/jmse9121336>