



# Ενότητα 4: Τι πρέπει να αλλάξει τις ζωοτροφές και τη διατροφή στην υδατοκαλλιέργεια λόγω της υπερθέρμανσης του πλανήτη



# Προθέρμανση

## Συζήτηση:

- Ποια είναι η παραγωγή υδατοκαλλιέργειας στη χώρα σας και στην ΕΕ;
- Πώς επηρεάζει η κλιματική αλλαγή τη διατροφή της υδατοκαλλιέργειας;
- Τι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ως εναλλακτικές ζωοτροφές για την υδατοκαλλιέργεια για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής;



# Προθέρμανση - γεγονότα

- Η Τουρκία παρήγαγε 515.000 τόνους υδατοκαλλιέργειας το 2023. Η υδατοκαλλιέργεια στην ΕΕ απέδωσε σχεδόν 1,1 εκατομμύρια τόνους υδρόβιων οργανισμών, αξίας 4,8 δισεκατομμυρίων ευρώ. Η Ισπανία, η Γαλλία, η Ελλάδα και η Ιταλία παρήγαγαν από κοινού πάνω από τα δύο τρίτα του όγκου παραγωγής υδατοκαλλιέργειας της ΕΕ.
- Η υπερθέρμανση του πλανήτη θα μειώσει την παροχή ιχθυαλεύρων και ιχθυελαίων για τη διατροφή της υδατοκαλλιέργειας. Οι διατροφικές απαιτήσεις, ο μεταβολικός ρυθμός, ο λόγος μετατροπής των ζωοτροφών και η ποιότητα των προϊόντων θα επηρεαστούν από την κλιματική αλλαγή.
- Ο τομέας της υδατοκαλλιέργειας θα πρέπει να βρίσκει/παράγει εναλλακτικές ζωοτροφές, όπως ζωοτροφές από απόβλητα τροφίμων, χρήση πηγών φυτικών πρωτεϊνών, χρήση μικροφυκών, παραγωγή εντόμων σε οργανικά απόβλητα για πρωτεϊνικά άλευρα εντόμων κ.λπ.

Source: Lucas et al. (2019)



# Εισαγωγή- Βασικοί ορισμοί

- **Υδατοκαλλιέργεια:** Αναπαραγωγή, εκτροφή και συγκομιδή ψαριών, οστρακοειδών και υδρόβιων φυτών. Βασικά, καλλιεργεί στο νερό.
- **FER:** Λόγος αποδοτικότητας τροφοδοσίας (κέρδος/τροφοδοσία) ή **FCR:** Αναλογία μετατροπής τροφοδοσίας (τροφοδοσία/κέρδος).
- **LCA:** Αξιολόγηση κύκλου ζωής για τη μέτρηση των επιπτώσεων της υδατοκαλλιέργειας που τροφοδοτεί το αποτύπωμα άνθρακα/νερού.
- **Εναλλακτικές τροφές:** Εναλλακτικές πρώτες ύλες ζωοτροφών όπως απόβλητα τροφίμων, φυτικά τέλη (σόγια), μικροάλγη, άλευρα εντόμων κ.λπ. Για ιχθυάλευρα και ιχθυέλαιο.
- **Διατροφή με βάση το μικροβίωμα:** Τροφοδοσία υδατοκαλλιέργειας για χειρισμό του μικροβιώματος για την ενίσχυση της υγείας, της ευημερίας και της παραγωγής.
- **Λειτουργικές πρόσθετες ύλες ζωοτροφών:** Πρόσθετες ύλες ζωοτροφών που ενσωματώνονται σε σκευάσματα ζωοτροφών για την κάλυψη των βασικών διατροφικών απαιτήσεων των συμβατικών ζωοτροφών, καθώς και για τη βελτίωση της ανάπτυξης και της υγείας της υδατοκαλλιέργειας.



# Εισαγωγή



- Η ιχθυοκαλλιέργεια προβλέπεται να αυξηθεί κατά 32% έως το 2030. Ωστόσο, είναι δύσκολο να επιτευχθεί βιώσιμη παραγωγή που θα συμβάλει στην υγιεινή διατροφή, θα εκπληρώσει τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης και θα στοχεύσει στο Net Zero.
- Η ιχθυοκαλλιέργεια παράγει 250 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου CO<sub>2</sub> ετησίως παγκοσμίως. Η εκτροφή σολομού παράγει 10 εκατομμύρια τόνους ισοδυνάμου CO<sub>2</sub> ετησίως.
- Σε σύγκριση με τη ζωική παραγωγή, ειδικά το βόειο κρέας, η παραγωγή θαλασσινών έχει χαμηλότερες εκπομπές άνθρακα. Επιπλέον, ορισμένα είδη μπορούν να εξαγάγουν άνθρακα από το υδάτινο περιβάλλον, συμβάλλοντας σε έναν μακρύ κύκλο άνθρακα.



# Μέρος 1. Διατροφικές απαιτήσεις και αλλαγές μεταβολισμού



# Επίδραση της θερμοκρασίας στο μεταβολισμό, την αποδοτικότητα της τροφής, την πεπτικότητα των θρεπτικών ουσιών, την πρόσληψη τροφής, το μεταβολικό ρυθμό και το μικροβίωμα

- Οι βασικές ενεργειακές απαιτήσεις των ψαριών, τα οποία είναι ποικιλόθερμα ζώα, επηρεάζονται άμεσα από τη θερμοκρασία του νερού. Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία, αυξάνεται ο τυπικός μεταβολικός ρυθμός τους και το ίδιο συμβαίνει και με τις ενεργειακές και πρωτεϊνικές απαιτήσεις συντήρησης.
- Οι μεταβολές του μεταβολικού ρυθμού που προκαλούνται από τη θερμοκρασία επηρεάζουν όχι μόνο την ενέργεια της διαίτας αλλά και τον λόγο απόδοσης της τροφής (FER, κέρδος/τροφή) ή τον λόγο μετατροπής της τροφής (FCR, τροφή/κέρδος).
- Μερικές μελέτες δείχνουν ότι ο «εντερικός χρόνος διέλευσης των ζωοτροφών» μπορεί να επηρεαστεί από θερμότερο νερό ανάλογα με το είδος. Μελέτες τονίζουν ότι οι υψηλές θερμοκρασίες του νερού θα έχουν ελάχιστη επίδραση στη θρεπτική ή ενεργειακή πεπτικότητα των υδρόβιων ζώων μέχρι να ξεπεραστεί το βέλτιστο εύρος.



- Οι κλιματικές αλλαγές και οι αλλαγές στο υδάτινο περιβάλλον μπορούν επίσης να επηρεάσουν τη φυσιολογία και τη συμπεριφορά των ψαριών, καθώς και τη διατροφή και τον ενδοκρινικό έλεγχο της διατροφής. Τα ψάρια, που είναι εκτόθερμα πλάσματα, είναι πολύ ευαίσθητα στις αλλαγές της θερμοκρασίας του νερού. Οι αυξήσεις στη θερμοκρασία του νερού αυξάνουν την κατανάλωση οξυγόνου και τους μεταβολικούς ρυθμούς και, κατά συνέπεια, τις ενεργειακές απαιτήσεις. Αν και αυτές οι αλλαγές ποικίλλουν ανάλογα με το είδος, η πρόσληψη τροφής αυξάνεται με μέτριες αυξήσεις θερμοκρασίας στα ψάρια.
- Το μικροβίωμα αναγνωρίζεται ευρέως ως σημαντικό συστατικό για τη διατήρηση της συνολικής υγείας των ψαριών. Η επίδραση της θερμικής καταπόνησης στη μορφολογία των εντέρων των ψαριών δεν είναι πλήρως κατανοητή.
- Το άγχος μπορεί να διαταράξει την εντερική μικροβιακή δομή και έτσι να επηρεάσει το φυσιολογικό και ανοσοποιητικό σύστημα των ψαριών. Εκτός από την αλλαγή της δομής της εντερικής μικροχλωρίδας, η θερμοκρασία μπορεί επίσης να επηρεάσει το μεταβολισμό του ξενιστή και να οδηγήσει σε αλλαγές στον φαινότυπο.





## Μέρος 2. Βιώσιμα συστατικά ζωοτροφών στην υδατοκαλλιέργεια



- Η υδατοκαλλιέργεια θα μπορούσε να παράγει ζωικές πρωτεΐνες με χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από ό,τι η χερσαία κτηνοτροφία. Ως εκ τούτου, η υδατοκαλλιέργεια είναι ένας φιλικότερος προς το κλίμα τομέας παραγωγής πρωτεϊνών από άλλους τύπους ζώων.
- Οι ζωοτροφές υδατοκαλλιέργειας χρησιμοποιούν περισσότερο από το 70% των παγκόσμιων ιχθυαλεύρων και ιχθυελαίων (FMFO). Σε παγκόσμιο επίπεδο, από τους περίπου 17 εκατομμύρια τόνους αλιευμάτων ψαριών χρησιμοποιούνται σε ζωοτροφές υδατοκαλλιέργειας. Έτσι, η χρήση εναλλακτικών πηγών πρωτεΐνης για ζωοτροφές υδατοκαλλιέργειας μπορεί να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της υδατοκαλλιέργειας.
- Οι εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης, όπως τα άλευρα εντόμων, δεν είναι καινούργιες, αλλά οι πρόσφατες επενδύσεις σε αυτόν τον τομέα τον φέρνουν πιο κοντά στο να είναι έτοιμος για την αγορά. Άλλες πηγές ζωοτροφών, ιδίως φύκια/φύκια, θα πρέπει να αναπτυχθούν περαιτέρω.



# 1) Φυτικές ζωοτροφές/έλαια και περιβαλλοντικές προκλήσεις

- Τα τελευταία χρόνια, οι παραγωγοί ζωοτροφών υδατοκαλλιέργειας στρέφονται σε γεωργικά προϊόντα, όπως η σόγια, το καλαμπόκι και η ελαιοκράμβη, αντί του FMFO.
- Ωστόσο, η χρήση διαγονιδιακών σπόρων, νερού, φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων στην παραγωγή αυτών των προϊόντων επηρεάζει αρνητικά την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Ως εκ τούτου, η αντικατάσταση των συστατικών FMFO με συστατικά χερσαίων προϊόντων φαίνεται να απέχει πολύ από την επίτευξη του στόχου της ύπαρξης μηδενικού αποτυπώματος άνθρακα.
- Έχουν επίσης χαμηλή ποιότητα θρεπτικών συστατικών, πεπτικότητα και ανεπάρκεια αμινοξέων και χαμηλά PUFA, όπως DHA και EPA.
- Ομοίως, τα φυτικά συστατικά ζωοτροφών περιέχουν αντιθρεπτικά συστατικά που μπορούν να αλλάξουν τη δομή των ευεργετικών βακτηρίων στο πεπτικό σύστημα του ξενιστή και να επηρεάσουν αρνητικά το μεταβολισμό.
- Ένα άλλο πρόβλημα με τις φυτικές τροφές είναι ότι περίπου το 70% του φωσφόρου σε αυτές δεσμεύεται να φυτικό οξύ, δημιουργώντας ένα δυναμικό ευτροφισμού και επίσης να μειώσει την πεπτικότητα των πρωτεϊνών και να αυξήσει την απέκκριση του N.



## 2) Υποπροϊόντα ως ζωοτροφές υδατοκαλλιέργειας

### *Υποπροϊόντα μεταποίησης ιχθύων*

Κάθε χρόνο, οι απορρίψεις από την παγκόσμια αλιεία αντιπροσωπεύουν ποσό ισοδύναμο με το 25% της συνολικής παραγωγής θαλάσσιας αλιείας. Η σημαντικότερη μέθοδος διάθεσης αυτών των υποπροϊόντων είναι η χρήση τους σε σιευάσματα ζωοτροφών ζωικών ειδών και ειδών υδατοκαλλιέργειας.

- *Ενζυματική υδρόλυση* των αλιευτικών αποβλήτων είναι μια τεχνική για την επεξεργασία αποβλήτων σε προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών ψαριών.
- Η συμπερίληψη 50% φρέσκων τριμμάτων γαύρου στη ζωοτροφή αύξησε την ανάπτυξη και την πρόσληψη τροφής και την καλή εντερική υγεία (Warwas, 2023).
- **Σπατάλη τροφίμων** Περίπου 1,5 δισεκατομμύριο τόνοι ανθρώπινων υπολειμμάτων τροφίμων (1/3 της συνολικής ανθρώπινης ετήσιας τροφής), παράγονται ετησίως. Ωστόσο, στο πλαίσιο της αρχής της «προφύλαξης» που εφαρμόζεται στην πολιτική της ΕΕ για την ασφάλεια των τροφίμων, δεν επιτρέπεται η χρήση απορριμμάτων τροφίμων για ψάρια τροφίμων ή αναπτυσσόμενα έντομα.



### 3) Μονοκύτταροι οργανισμοί / πρωτεΐνες (SCO/SCP)

#### *Μικροφύκη (φυτοπλαγκτό)*

- Η πρωτεΐνη και το έλαιο μικροφυκών έχουν τη δυνατότητα να αντικαταστήσουν το FMFO στις ζωοτροφές υδατοκαλλιέργειας. Η περιεκτικότητα σε αμινοξέα στις πρωτεΐνες στα μικροφύκη είναι 50-70% και η περιεκτικότητα σε λιπίδια είναι 45-60% σε βάρος ξηρών κυττάρων. Μεταξύ των θαλάσσιων μικροφυκών, τα *Nannochloropsis oculata*, *Isochrysis* sp. και *Schizochytrium* sp. θεωρούνται πολλά υποσχόμενα στις ζωοτροφές υδατοκαλλιέργειας.

#### *Φύκια (μακροφύκη)*

- Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες των φυκών κυμαίνεται από 2-38% και η περιεκτικότητα σε λιπίδια κυμαίνεται από 1-10% ανάλογα με τον τύπο των φυκών. Γενικά, αναφέρεται ότι όταν ολόκληρα φύκια προστίθενται στις ιχθυοτροφές σε χαμηλό ποσοστό (<10%) αντί για ιχθυάλευρο, υπάρχουν βελτιώσεις στην απόδοση ανάπτυξης και τη χρώση των ψαριών (Ragaza et al., 2021).
- Ζύμες και βακτήρια, άλλες πολλά υποσχόμενες ΕΑΚ για τη διατροφή της υδατοκαλλιέργειας.



## 4) Έντομα στη διατροφή υδατοκαλλιέργειας

- Τα έντομα μπορούν να αποτελέσουν βιώσιμη πηγή πρωτεΐνης για την υδατοκαλλιέργεια χρησιμοποιώντας απόβλητα τροφίμων.
- Έχει διαπιστωθεί ότι τουλάχιστον 16 από τα περίπου 1 εκατομμύριο γνωστά είδη εντόμων στον κόσμο μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης στην υδατοκαλλιέργεια. Οκτώ από τα είδη εντόμων έχουν δείξει πολύ ελπιδοφόρα αποτελέσματα. Μεταξύ αυτών, τα είδη εντόμων όπως ο μεταξοσκώληκας (*Bombyx mori*), η *Hermetia illucens*, η *Musca Domestica*, η *Tenebrio molitor* και οι γρύλοι είναι τα πιο σημαντικά.
- Αυτό το είδος εντόμου έχει υψηλή ακατέργαστη πρωτεΐνη που κυμαίνεται από 42-60% και είναι συγκρίσιμο με το ιχθυάλευρο και το σογιάλευρο όσον αφορά τα απαραίτητα αμινοξέα. Το πλεονέκτημα των ζωοτροφών με βάση τα έντομα δεν είναι μόνο η ποσότητα των θρεπτικών ουσιών που περιέχουν, αλλά και οι μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις όσον αφορά την υψηλή απόδοση της μετατροπής των αποβλήτων και τη μετατροπή των υποπροϊόντων σε πολύτιμους πόρους ζωοτροφών
- Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει επίσης εγκρίνει τη συμπερίληψη των εντόμων στη διατροφή των υδρόβιων οργανισμών (κανονισμός 2017/893/EK, 2017). Ως αποτέλεσμα, πολλές επιχειρήσεις έχουν εγκατασταθεί στην Ευρώπη για την καλλιέργεια διαφορετικών ειδών εντόμων.



## 5) Χαμηλά τροφικά θαλάσσια ζώα

- Τα θαλάσσια ζώα ιδιαίτερου ενδιαφέροντος λόγω της πιθανής χρήσης τους ως υποκατάστατα FMFO περιλαμβάνουν μύδια, αμφίποδα και πολύχαιτοι. Αυτοί οι χαμηλής τροφικής προέλευσης οργανισμοί λαμβάνουν τα θρεπτικά συστατικά τους από πρωτογενείς παραγωγούς όπως φυτοπλαγκτόν, βακτήρια και φύκια, καθώς και οργανικά απόβλητα στο θαλάσσιο περιβάλλον.
- Τα μύδια, όπως το πράσινο (*Perna viridis*) και το μπλε (*Mytilus edulis*), περιέχουν 50-70% πρωτεΐνη και 5-16% λιπίδια επί ξηρού, παρόμοια με τα ιχθυάλευρα.
- Τα θαλάσσια αμφίποδα έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτική πηγή ζωντανής τροφής για την υδατοκαλλιέργεια κεφαλόποδων, γαρίδων και ιππόκαμπων. Περιέχουν υψηλά επίπεδα πρωτεϊνών, PUFA (EPA, DHA) και αμινοξέων.
- Οι πολύχαιτοι (δηλαδή τα σκουλήκια annelid είναι σημαντική λεία για εμπορικά σημαντικά ψάρια και καρκινοειδή. Παραδοσιακά, χρησιμοποιούνται ως ζωντανό δόλωμα αλιείας ή ως πηγή τροφής υψηλής ποιότητας για ειδικές δίαιτες. Περιέχουν υψηλές ποσότητες πρωτεΐνης (55-60% ξηρού βάρους), λιπιδίων (12-28% ξηρού βάρους) και PUFA.





# Μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ζωοτροφών υδατοκαλλιέργειας

## Θέματα υδατοκαλλιέργειας και βιωσιμότητας

Οι βασικές στρατηγικές για τη μέτρηση της διατροφικής και περιβαλλοντικής βιωσιμότητας στην υδατοκαλλιέργεια μπορούν να βασίζονται σε τρία βασικά κριτήρια:

- 1. Πεπτικότητα των συστατικών ζωοτροφών:** Η πεπτικότητα των συστατικών των ζωοτροφών υδατοκαλλιέργειας αποτελεί σημαντική παράμετρο για τη διαμόρφωση οικονομικά βιώσιμων και περιβαλλοντικά βιώσιμων ζωοτροφών.
- 2. Αναλογία μετατρεψιμότητας τροφής (FCR):** Ο FCR αποτελεί καλό δείκτη των περιβαλλοντικών επιδόσεων της υδατοκαλλιέργειας, καθώς παρέχει ένδειξη των δυνητικών αρνητικών συνεπειών των εικρών αποβλήτων φωσφόρου και αζώτου.
- 3. Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (LCA) για μέτρα οικολογικών επιπτώσεων:** Η LCA μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των συστημάτων τροφίμων για τη μέτρηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της υδατοκαλλιέργειας.





# Μέρος 3. Πρακτικές διαχείρισης ζωοτροφών



# Τεχνικές τροφοδοσίας ακριβείας

## Διατροφή με βάση το μικροβίωμα

- Το μικροβίωμα εξακολουθεί να είναι κάτι σαν ένα «μαύρο κουτί» στη διατροφή της υδατοκαλλιέργειας. Στο μέλλον, ο προσδιορισμός της ιδιότητας μέλους των μικροβιακών κοινοτήτων του εντέρου, ιδίως των λειτουργιών τους ή των λειτουργικών αποτελεσμάτων τους στο έντερο, θα αποτελέσει τομέα περαιτέρω διερεύνησης.
- Αυτή η μετατόπιση θα ρίξει φως σε τρέχοντα ερευνητικά ερωτήματα, όπως η σχέση μεταξύ μικροβιακής ποικιλομορφίας και παραγωγής μεταβολιτών και θα επιτρέψει στη βιομηχανία να καθιερώσει βασικές μετρήσεις για την υγεία του εντέρου.
- Στο πλαίσιο της διασταύρωσης της γενετικής και της διατροφής, η γενετική επιλογή στην υδατοκαλλιέργεια δεν στοχεύει πλέον μόνο στην αντοχή στις ασθένειες ή στη βελτίωση της ανάπτυξης, αλλά και στη χρήση θρεπτικών ουσιών.
- Αυτό θα καταστήσει ακόμη πιο σημαντικές τις ακριβείς τεχνικές διατροφής που βασίζονται στα γενετικά χαρακτηριστικά τους.



## Σύνθεση ζωοτροφών με βάση την καθαρή ενέργεια (NE)

- Στην υδατοκαλλιέργεια, η σύνθεση των ζωοτροφών βασίζεται κυρίως στην εύπεπτη ενέργεια (DE). Σε αυτό το σύστημα, θεωρείται ότι η ενέργεια χρησιμοποιείται με έναν τυποποιημένο τρόπο ανάπτυξης.
- Επομένως, εάν μπορεί να προσδιοριστεί, η χρήση τιμών μεταβολίσιμης ενέργειας (ME) και καθαρής ενέργειας (NE) αντί των τιμών DE για ζωοτροφές υδατοκαλλιέργειας θα προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα.
- Τα τελευταία χρόνια, οι διατροφολόγοι υδατοκαλλιέργειας έχουν σημειώσει σχετική επιτυχία στην ανάπτυξη μοντέλων καθαρής ενέργειας για διαφορετικά είδη ψαριών.
- Δεδομένου ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ζωοτροφών καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από τα συστατικά τους, υπάρχει η ευκαιρία να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της υδατοκαλλιέργειας με τη διαμόρφωση ζωοτροφών με χαμηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.



## Σύνθεση ζωοτροφών πολλαπλών στόχων (ΜΟ)

- Πρόσφατα, οι Garcia-Launay et al. (2018) ανέπτυξαν μια διατύπωση πολλαπλών στόχων (ΜΟ) που χρησιμοποιεί τους περιορισμούς της σύνθεσης ελάχιστου κόστους (θρεπτικά συστατικά και ποσοστά προσθήκης συστατικών ζωοτροφών) και υπολογίζει μια συνάρτηση ΜΟ που περιλαμβάνει δείκτες κόστους ζωοτροφών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων που λαμβάνονται από την LCA.
- Η σύνθεση ΜΟ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως χρήσιμο εργαλείο για τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της παραγωγής υδατοκαλλιέργειας χωρίς να διακυβεύεται η απόδοση των ζώων ή απαραίτητα να αυξάνεται το κόστος παραγωγής.

## Τεχνολογίες προεπεξεργασίας και ζυμωμένες ζωοτροφές για τη διατροφή υδατοκαλλιέργειας

- Η ζύμωση στερεάς κατάστασης χαρακτηρίζεται κυρίως από τη χρήση μικροοργανισμών όπως *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis* και *Bacillus licheniformis*. Αυτοί οι οργανισμοί μπορούν να επηρεάσουν τις ζωοτροφές παράγοντας διάφορα ένζυμα όπως φυτάσες, λιπάσες, πρωτεάσες και καρβοϋδράσες όπως κυτταρινάσες και ξυλανάσες.



# Μέρος 4. Μετριασμός των επιπτώσεων της οξίνισης των ωκεανών



- Οι ωκεανοί είναι φυσικά ανθρακικά ρυθμιστικά συστήματα και λειτουργούν ως δεξαμενή άνθρακα στο περιβάλλον, πολύ μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική και χερσαία περιεκτικότητα σε άνθρακα. Καθώς περισσότερο ατμοσφαιρικό  $\text{CO}_2$  διαλύεται στο νερό των ωκεανών, ο άνθρακας απελευθερώνεται από την καταβόθρα άνθρακα των ωκεανών, καθιστώντας τους ωκεανούς πιο όξινους.
- Οι ωκεανοί απορροφούν  $\text{CO}_2$  από την ατμόσφαιρα, ενεργώντας ως ρυθμιστικό διάλυμα στα ατμοσφαιρικά επίπεδα  $\text{CO}_2$ . Εάν οι ωκεανοί απορροφούν περισσότερο  $\text{CO}_2$ , αυτό οδηγεί σε μειώσεις του pH του θαλασσινού νερού, των συγκεντρώσεων ανθρακικών ιόντων και των ορυκτών ανθρακικού ασβεστίου ( $\text{CaCO}_3$ ), δημιουργώντας μια κατάσταση που ονομάζεται «οξίνιση των ωκεανών».

## Ρυθμιστικοί παράγοντες

- Τα φύκια μειώνουν την οξίνιση των ωκεανών και αντισταθμίζουν τις εμπομπές.
- Ανόργανα ρυθμιστικά διαλύματα: Αυτά είναι συνήθως ενώσεις όπως όξινο ανθρακικό νάτριο, ανθρακικό ασβέστιο ή υδροξείδιο του μαγνησίου.
- Φυτοχημικά και φυτικά ρυθμιστικά διαλύματα: Ορισμένα φυτά παράγουν ενώσεις που μπορούν φυσικά να ρυθμίσουν τα επίπεδα pH και να παρέχουν πρόσθετα οφέλη.



# Διατροφικές στρατηγικές για τον μετριασμό της προσθήκης στους ωκεανούς

- Στον τομέα της υδατοκαλλιέργειας, η βελτίωση της ανθεκτικότητας σε όξινες συνθήκες αποτελεί σημαντικό ζήτημα, ιδίως ενόψει της οξίνισης των ωκεανών, για την ανάπτυξη στρατηγικών ζωοτροφών και διατροφής για βιώσιμη υδατοκαλλιέργεια.
- Ορισμένες στρατηγικές διατροφής για τον μετριασμό της οξίνισης είναι::
  - *1. Χρήση ορυκτών*
  - *2. Χρήση βιταμινών*
  - *3. Απαραίτητα αμινοξέα και λιπαρά οξέα*
  - *4. Προβιοτικά και πρεβιοτικά*
  - *5. Αντιοξειδωτικά και φυτοχημικά*



# Μέρος 5. Ενίσχυση της αποδοτικότητας και της πεπτικότητας των ζωοτροφών





# Επεξεργασία εξώθησης

- Η επεξεργασία εξώθησης είναι μια μέθοδος που εφαρμόζεται για το μαγείρεμα και την παστερίωση των συστατικών των ζωοτροφών ή των ζωοτροφών εκθέτοντάς τα σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις για μικρό χρονικό διάστημα, εξαλείφοντας έτσι όλα τα ANF και αυξάνοντας την κατανάλωση τροφής, την πεπτικότητα των θρεπτικών συστατικών και επομένως την ανάπτυξη των ψαριών.
- Τα συστατικά των ζωοτροφών που εξωθούνται με αυτόν τον τρόπο προάγουν υψηλότερα επίπεδα λιπιδίων στη ζωοτροφή, ζελατινοποίηση του αμύλου και αυξήσεις στην πεπτικότητα των πρωτεϊνών και της ενέργειας των ζωοτροφών.

## Χρησιμοποιώντας πρόσθετα ενζύμων

- Η χρήση φυτικών τροφών πλούσιων σε NSPs στο πεπτικό σύστημα των ψαριών, ενζύμων όπως ξυλανάσες, γλυκανάσες και κυτταρινάσες μπορεί να αυξήσει την πεπτικότητα και τη χρήση θρεπτικών συστατικών που παρέχονται από εναλλακτικά συστατικά.



# Λειτουργικές πρόσθετες ύλες ζωοτροφών

- Τα προβιοτικά, τα πρεβιοτικά και τα φυτογονικά ως λειτουργικά πρόσθετα ζωοτροφών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόληψη / μείωση ασθενειών, την ενίσχυση της ανοσίας του ξενιστή και τη μείωση της αντιβιοτικής αντίστασης που προέρχεται από τη χρήση αντιβιοτικών.
- **Πρόσθετες ύλες ζωοτροφών κατά του στρες:** Τα τελευταία χρόνια, οι μελέτες για τη μείωση του στρες στα ψάρια αυξάνονται. Είναι σημαντικό να συμπεριλάβετε ορισμένα ευεργετικά πρόσθετα στις ζωοτροφές τους για να μειώσετε την απόκριση στο στρες σε τυπικούς παράγοντες στρες. Μερικά από τα πρόσθετα ζωοτροφών για τη μείωση των φυσιολογικών επιπτώσεων του στρες είναι λιπίδια και λιπαρά οξέα, βιταμίνες, μέταλλα, αμινοξέα, νουκλεοτίδια, πρεβιοτικά και αντιοξειδωτικά.
- Οι ρόλοι βιωσιμότητας των λειτουργικών πρόσθετων υλών ζωοτροφών βασίζονται στις πέντε κύριες επιπτώσεις τους στην υδατοκαλλιέργεια: 1. *Αυξημένη χρήση ζωοτροφών*, 2. *Ενισχυμένη βιώσιμη χρήση των πόρων*, 3. *Ενισχυμένη αντοχή στις ασθένειες και ανοσία*, 4. *Αυξημένη παρασιτική αντίσταση* και 5. *Βελτίωση της ποιότητας των υδάτων*.



# Δραστηριότητα Συζήτησης:

**Τι πρέπει να αλλάξει τις ζωοτροφές και τη διατροφή στην υδατοκαλλιέργεια λόγω της υπερθέρμανσης του πλανήτη;**

Ποιες είναι οι περιβαλλοντικές, κλιματικές και κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις των προαναφερθέντων θεμάτων στην ενότητα



Εισαγωγή φύλλων εργασίας με ερωτήσεις προς απάντηση

# Δραστηριότητα Μελέτης Περίπτωσης



# Πώς μπορεί αυτό το περιεχόμενο της ενότητας να προωθήσει:





Ιδέες δραστηριοτήτων:

1. Ομαδικές παρουσιάσεις σχετικά με τις στρατηγικές διατροφής, μελέτες περιπτώσεων
2. Σκευάσματα διατροφής για τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής
3. Αξιολόγηση της χρήσης λειτουργικών πρόσθετων υλών ζωοτροφών σε ιχθυοκαλλιέργειες.
4. Ανάγνωση και συζήτηση σχετικά με καινοτομίες σε εναλλακτικές ζωοτροφές για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής

## Δραστηριότητα Κριτικής Σκέψης



Ένα μέλλον Επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη στις ζωοτροφές και τη διατροφή στην υδατοκαλλιέργεια και πρακτικές εφαρμογές

## ΜΕΡΟΣ 6



Ιδέες δραστηριοτήτων:

- Βρείτε βίντεο που απλά περιγράφουν πώς „Επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη στις ασθένειες στην υδατοκαλλιέργεια και προστατευτικές εφαρμογές "μπορεί να μοιάζει στο εγγύς μέλλον
- Σε ομάδες σχεδιάζουν μια κοινωνία που λειτουργεί με βάση την έννοια «Επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη στις ζωοτροφές και τη διατροφή στην υδατοκαλλιέργεια και πρακτικές εφαρμογές»
- 1. Ομαδικό σχέδιο για την ανάπτυξη ολοκληρωμένων συστημάτων διατροφής υδατοκαλλιέργειας κατά της υπερθέρμανσης του πλανήτη
- 2. Συζήτηση στην τάξη σχετικά με τα μέτρα πολιτικής για την υποστήριξη βιώσιμων πρακτικών

# Παιχνίδι Ρόλων/ Ερευνητική Δραστηριότητα





# Αναφορές

- 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>
- Allegretti, 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., Elokaby, M. A., Mansour, A. T. (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>
- Becker, E. W. (2013). Microalgae for aquaculture: nutritional aspects. *Handbook of microalgal culture: applied phycology and biotechnology*, 671-691. ISBN:9780470673898.
- Behrenfeld, M. J., O'Malley, R. T., Siegel, D. A., McClain, C. R., Sarmiento, J. L., Feldman, G. C., Boss, E. S. (2006). Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. *Nature*, 444(7120), 752-755. <https://doi.org/10.1038/nature05317>
- Blacher, E., Levy, M., Tatirovsky, E., & Elinav, E. (2017). Microbiome-modulated metabolites at the interface of host immunity. *The journal of immunology*, 198(2), 572-580. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.1601247>
- Boyd, C. E., McNevin, A. A., & Davis, R. P. (2022). The contribution of fisheries and aquaculture to the global protein supply. *Food security*, 14(3), 805-827. <https://doi.org/10.1007/s12571-021-01246-9>
- Bozkurt, M., Aysul, N., Küçükylmaz, K., Aypak, S., Ege, G., Catli, A. U., ... & Çınar, M. (2014). Efficacy of in-feed preparations of an anticoccidial, multienzyme, prebiotic, probiotic, and herbal essential oil mixture in healthy and *Eimeria* spp.-infected broilers. *Poultry science*, 93(2), 389-399. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03368>



# Αναφορές



- Bunting, M., 2021. Making fish feed greener: by-products the key to a sustainable aquaculture industry. 22 September 2021. <https://disruptr.deakin.edu.au/environment/making-fish-feed-greener-by-products-the-key-to-a-sustainable-aquaculture-industry/>
- Cheung, W.W.L., Maire, E., Oyinlola, M.A., Robinson, J.P.W., Graham, N.A.J., Lam, V.W.Y., McNeil, M.A., Hicks, C.C. (2023). Climate change exacerbates nutrient disparities from seafood. *Nature Climate Change*, 13: 1242–1249. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01822-1>
- Cottrell, R. S., Blanchard, J. L., Halpern, B. S., Metian, M., & Froehlich, H. E. (2020). Global adoption of novel aquaculture feeds could substantially reduce forage fish demand by 2030. *Nature food*, 1(5), 301-308. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0078-x>
- Cowieson, A. J., & Ravindran, V. (2008). Effect of exogenous enzymes in maize-based diets varying in nutrient density for young broilers: growth performance and digestibility of energy, minerals and amino acids. *British poultry science*, 49(1), 37-44. <https://doi.org/10.1080/0007166070181298>
- Davani-Davari, D., Negahdaripour, M., Karimzadeh, I., Seifan, M., Mohkam, M., Masoumi, S. J., Ghasemi, Y. (2019). Prebiotics: definition, types, sources, mechanisms, and clinical applications. *Foods*, 8(3), 92. <https://doi.org/10.3390/foods8030092>
- Delamare-Deboutteville, J., Batstone, D. J., Kawasaki, M., Stegman, S., Salini, M., Tabrett, S., Hülsen, T. (2019). Mixed culture purple phototrophic bacteria is an effective fishmeal replacement in aquaculture. *Water research X*, 4, 100031. <https://doi.org/10.1016/j.wroa.2019.100031>
- Demir, E., Sarica, Ş., Özcan, M. A., & Sui Mez, M. (2003). The use of natural feed additives as alternatives for an antibiotic growth promoter in broiler diets. *British poultry science*, 44(S1), 44-45. <https://doi.org/10.1080/713655288>
- Ding, D. S., Wang, S. H., Sun, W. T., Liu, H. L., & Pan, C. H. (2022). The effect of feeding on *briareum violacea* growth, survival and larval development under temperature and salinity stress. *Biology*, 11(3), 410. <https://doi.org/10.3390/biology11030410>
- Ebenezezar, S., Singh, D. K., Sahoo, S., Prabu Linga, D., & Pal, A. K. (2023). Outlook of Climate Change and Fish Nutrition. Editors: Archana Sinha, Shivendra Kumar, Kavita Kumari. Springer, ISBN 978-981-19-5499-3, (eBook).
- Eissa, E. S. H., Ahmed, R. A., Abd Elghany, N. A., Elfeky, A., Saadony, S., Ahmed, N. H., Sakr, S. E. S., Dayrit, G. B., Tolenada, C. P. S., Atienza, A. A. C., Mabrok, M., & Ayoub, H. F. (2023). Potential symbiotic effects of β-1,3 glucan, and fructooligosaccharides on the growth performance, immune response, redox status, and resistance of pacific white shrimp, *litopenaeus vannamei* to *Fusarium solani* infection. *Fishes*, 8(2), 105. <https://doi.org/10.3390/fishes8020105>
- Elabd, H., Wang, H. P., Shaheen, A., Yao, H., & Abbass, A. (2016). Feeding Glycyrrhiza glabra (liquorice) and Astragalus membranaceus (AM) alters innate immune and physiological responses in yellow perch (*Perca flavescens*). *Fish & shellfish immunology*, 54, 374-384. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.04.024>
- El-Kady, A. A., Magouz, F. I., Mahmoud, S. A., & Abdel-Rahim, M. M. (2022). The effects of some commercial probiotics as water additive on water quality, fish performance, blood biochemical parameters, expression of growth and immune-related genes, and histology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 546, 737249. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737249>
- FAO. (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in Action; FAO: Rome, Italy, 2020; ISBN 978-92-5-132692-3.
- Field, C. B., Behrenfeld, M. J., Randerson, J. T., & Falkowski, P. (1998). Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. *Science*, 281(5374), 237-240. <https://doi.org/10.1126/science.281.5374.237>
- Fowles, T. M., & Nansen, C. (2020). Insect-based bioconversion: value from food waste. *Food waste management: solving the wicked problem*, 321-346. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-20561-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20561-4_12)
- Froehlich, H. E., Jacobsen, N. S., Essington, T. E., Clavelle, T., & Halpern, B. S. (2018). Avoiding the ecological limits of forage fish for fed aquaculture. *Nature sustainability*, 1(6), 298-303. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0077-1>
- Garcia-Launay, F., Dusart, L., Espagnol, S., Laisse-Redoux, S., Gaudre, D., Meda, B., Wilfart, A., (2018). Multiobjective formulation is an effective method to reduce environmental impacts of livestock feeds. *British journal nutrition*, 120, 1298–1309. <https://doi.org/10.1017/s0007114518002672>
- Gardiner, G. E., Metzler-Zebeli, B. U., & Lawlor, P. G. (2020). Impact of intestinal microbiota on growth and feed efficiency in pigs: A review. *Microorganisms*, 8(12), 1886. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8121886>
- Gasco, L., Acuti, G., Bani, P., Dalle Zotte, A., Danieli, P. P., De Angelis, A., ... & Roncarati, A. (2020). Insect and fish by-products as sustainable alternatives to conventional animal proteins in animal nutrition. *Italian journal of animal science*, 19(1), 360-372. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1743209>
- Geda, F., Rekecki, A., Decostere, A., Bossier, P., Wuyts, B., Kalmar, I. D., & Janssens, G. P. J. (2012). Changes in intestinal morphology and amino acid catabolism in common carp at mildly elevated temperature as affected by dietary mannanoligosaccharides. *Animal feed science and technology*, 178(1-2), 95-102. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2012.09.008>
- Ghafarifarsani, H., Hoseinifar, S. H., Javahery, S., & Van Doan, H. (2022). Effects of dietary vitamin C, thyme essential oil, and quercetin on the immunological and antioxidant status of common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, 553, 738053. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738053>
- Giannenas, I., Triantafyllou, E., Stavrakakis, S., Margaroni, M., Mavridis, S., Steiner, T., & Karagouni, E. (2012). Assessment of dietary supplementation with carvacrol or thymol containing feed additives on performance, intestinal microbiota and antioxidant status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 350, 26-32. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.027>



# Αναφορές



- Glencross, B. D., Huyben, D., & Schrama, J. W. (2020). The application of single-cell ingredients in aquaculture feeds-a review. *Fishes*, 5(3), 22. <https://doi.org/10.3390/fishes5030022>
- Godoy M.G., Amorim G.M., Barreto M.S., Freire D.M.G. (2018). Chapter 12—Agricultural Residues as Animal Feed: Protein Enrichment and Detoxification Using Solid-State Fermentation. In: Pandey A., Larroche C., Soccol C.R., editors. *In Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*. pp. 235–256. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63990-5.00012-8>
- Groot, R., Lyons, P., & Schrama, J. W. (2021). Digestible energy versus net energy approaches in feed evaluation for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Animal feed science and technology*, 274, 114893. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds2021.114893>
- Guillen, A. C., Borges, M. E., Herrerias, T., Kandalski, P. K., de Arruda Marins, E., Viana, D., ... & Donatti, L. (2019). Effect of gradual temperature increase on the carbohydrate energy metabolism responses of the antarctic fish *notthenia rossii*. *Marine environmental research*, 150, 104779. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.104779>
- Guerreiro, I., Castro, C., Antunes, B., Coutinho, F., Rangel, F., Couto, A., ... & Enes, P. (2020). Catching black soldier fly for meagre: Growth, whole-body fatty acid profile and metabolic responses. *Aquaculture*, 516, 734613. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734613>
- Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals. *The Journal of applied bacteriology*, 66(5), 365-378. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1989.tb05105.x>
- Herrera, M., Mancera, J. M., & Costas, B. (2019). The use of dietary additives in fish stress mitigation: comparative endocrine and physiological responses. *Frontiers in endocrinology*, 10, 447. <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00447>
- Hilborn, R., Banobi, J., Hall, S. J., Pucylowski, T., & Walsworth, T. E. (2018). The environmental cost of animal source foods. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 16(6), 329-335. <https://doi.org/10.1002/fee.1822>
- Hanachi, P., Karbalaei, S., Walker, T. R., Cole, M., & Hosseini, S. V. (2019). Abundance and properties of microplastics found in commercial fish meal and cultured common carp (*Cyprinus carpio*). *Environmental science and pollution research*, 26, 23777-23787. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05637-6>
- Howell, M. (2022). An insider's view of advances in aquaculture nutrition. 23 September 2022. <https://thefishsite.com/articles/an-insiders-view-of-advances-in-aquaculture-nutrition-alltech-coppens>
- Hua, K., Cobcroft, J. M., Cole, A., Condon, K., Jerry, D. R., Mangott, A., ... & Strugnell, J. M. (2019). The future of aquatic protein: implications for protein sources in aquaculture diets. *One earth*, 1(3), 316-329. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.018>
- Huertas, I. E., Rouco, M., Lopez-Rodas, V., & Costas, E. (2011). Warming will affect phytoplankton differently: evidence through a mechanistic approach. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278(1724), 3534-3543. <https://doi.org/10.1098/rspb.2011.0160>
- Huguet, C. T., Norambuena, F., Emery, J. A., Hermon, K., & Turchini, G. M. (2015). Dietary n-6/n-3 LC-PUFA ratio, temperature and time interactions on nutrients and fatty acids digestibility in Atlantic salmon. *Aquaculture*, 436, 160-166. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.11.011>
- Idenyi, J. N., Eya, J. C., Nwankwegu, A. S., & Nwoba, E. G. (2022). Aquaculture sustainability through alternative dietary ingredients: Microalgal value-added products. *Engineering microbiology*, 2(4), 100049. <https://doi.org/10.1016/j.engmic.2022.100049>
- Jones, S. W., Karpol, A., Friedman, S., Maru, B. T., & Tracy, B. P. (2020). Recent advances in single cell protein use as a feed ingredient in aquaculture. *Current opinion in biotechnology*, 61, 189-197. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2019.12.026>
- Jusadi, D., Ekasari, J., Suprayudi, M. A., Setiawati, M., & Fauzi, I. A. (2021). Potential of underutilized marine organisms for aquaculture feeds. *Frontiers in marine science*, 7, 609471. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.609471>
- Khan, M. A., Das, S. K., & Bhakta, D. (2018). Food and feeding habits, gastro-somatic index and gonado-somatic index of *Scylla serrata* from Hooghly-Matlah estuary of West Bengal, India. *Journal of the marine biological association of india*, 60(1), 14. <https://doi.org/10.6024/jmbai.2018.60.1.1994-02>
- Lazzarotto, V., Médale, F., Larroquet, L., & Corraze, G. (2018). Long-term dietary replacement of fishmeal and fish oil in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Effects on growth, whole body fatty acids and intestinal and hepatic gene expression. *PLoS One*, 13(1), e0190730. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190730>
- Legrand, T. P., Wynne, J. W., Weyrich, L. S., & Oxley, A. P. (2020). A microbial sea of possibilities: current knowledge and prospects for an improved understanding of the fish microbiome. *Reviews in aquaculture*, 12(2), 1101-1134. <https://doi.org/10.1111/raq.12375>
- Li, Y., Kortner, T. M., Chikwati, E. M., Belghit, I., Lock, E. J., & Kroghdahl, Å. (2020). Total replacement of fish meal with black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal does not compromise the gut health of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 520, 734967. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734967>
- Lock, E. J., Biancarosa, I., & Gasco, L. (2018). Insects as raw materials in compound feed for aquaculture. *Edible insects in sustainable food systems*, 263-276. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9_16)
- Ma, M., & Hu, Q. (2024). Microalgae as feed sources and feed additives for sustainable aquaculture: prospects and challenges. *Reviews in aquaculture*, 16(2), 818-835. <https://doi.org/10.1111/raq.12869>
- Mackenzie, S. G., Leinonen, I., Ferguson, N., & Kyriazakis, I. (2016). Towards a methodology to formulate sustainable diets for livestock: accounting for environmental impact in diet formulation. *British journal of nutrition*, 115(10), 1860-1874. <https://doi.org/10.1017/S0007114516000763>
- Mancuso, T., Pippinato, L., & Gasco, L. (2019). The European insects sector and its role in the provision of green proteins in feed supply. *Calitatea*, 20(S2), 374-381. <https://www.researchgate.net/publication/332504133>



# Αναφορές



- Messeder, T., 2021. Innovation opportunities in European Aquaculture. KTN AgriFood and EIT Food. March 2021.
- Ma, M., & Hu, Q. (2024). Microalgae as feed sources and feed additives for sustainable aquaculture: prospects and challenges. *Reviews in aquaculture*, 16(2), 818-835. <https://doi.org/10.1111/raq.12869>
- MacLeod, M. J., Hasan, M. R., Robb, D. H., & Mamun-Ur-Rashid, M. (2020). Quantifying greenhouse gas emissions from global aquaculture. *Scientific reports*, 10(1), 11679. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68231-8>
- Matassa, S., Papirio, S., Pikaar, I., Hülsen, T., Leijenhof, E., Esposito, G., ... & Verstraete, W. (2020). Upcycling of biowaste carbon and nutrients in line with consumer confidence: the “full gas” route to single cell protein. *Green chemistry*, 22(15), 4912-4929. <https://doi.org/10.1039/D0GC01382J>
- Mo, W. Y., Cheng, Z., Choi, W. M., Man, Y. B., Liu, Y., & Wong, M. H. (2014). Application of food waste-based diets in polyculture of low trophic level fish: Effects on fish growth, water quality and plankton density. *Marine pollution bulletin*, 85(2), 803-809. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.01.020>
- Nadermann, N., Seward, R. K., & Volkoff, H. (2019). Effects of potential climate change-induced environmental modifications on food intake and the expression of appetite regulators in goldfish. *Comparative biochemistry and physiology part a: molecular & integrative physiology*, 235, 138-147. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2019.06.001>
- Nagappan, S., Das, P., AbdulQuadir, M., Thaher, M., Khan, S., Mahata, C., ... & Kumar, G. (2021). Potential of microalgae as a sustainable feed ingredient for aquaculture. *Journal of biotechnology*, 341, 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.09.003>
- Nasser, N., Abiad, M. G., Babikian, J., Monzer, S., & Saoud, I. P. (2018). Using restaurant food waste as feed for Nile tilapia production. *Aquaculture research*, 49(9), 3142-3150. <https://doi.org/10.1111/are.13777>
- Nathanailides, C., Kolygas, M., Choremi, K., Mavraganis, T., Gouva, E., Vidalis, K., & Athanassopoulou, F. (2021). Probiotics Have the Potential to Significantly Mitigate the Environmental Impact of Freshwater Fish Farms. *Fishes*, 6(4), 76. <https://doi.org/10.3390/fishes6040076>
- Nielsen, T. B., Würtz, A. M. L., Tjønneland, A., Overvad, K., & Dahm, C. C. (2022). Substitution of unprocessed and processed red meat with poultry or fish and total and cause-specific mortality. *British Journal of Nutrition*, 127(4), 563-569. <https://doi.org/10.1017/S0007114521001252>
- NOAA Fisheries, (2022). Climate Resilience and Aquaculture. Fact Sheet 2022. [www.fisheries.noaa.gov/aquaculture](http://www.fisheries.noaa.gov/aquaculture)
- Ojeda, J., 2021. Can sustainable aquaculture help to achieve the UN SDGs? <https://www.eitfood.eu/blog/can-sustainable-aquaculture-help-to-achieve-the-un-sdgs> 17 August, 2021. Officials.
- Onomu, A. J., & Okuthe, G. E. (2024). The Role of Functional Feed Additives in Enhancing Aquaculture Sustainability. *Fishes*, 9(5), 167. <https://doi.org/10.3390/fishes9050167>
- Oscar, E. V., Joshua, E. O., Felix, E., & Eyerituvie, A. F. (2020). A Review on the Application and Benefits of Probiotics Supplements in Fish Culture. *Oceanography & Fisheries Open Access Journal*, 11(4), 62-65. <https://doi.org/10.19080/OFOAJ.2020.11.555817>
- Parker, L. M., Scanes, E., O'Connor, W. A., Dove, M., Elizur, A., Pörtner, H. O., & Ross, P. M. (2024). Resilience against the impacts of climate change in an ecologically and economically significant native oyster. *Marine pollution bulletin*, 198, 115788. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115788>
- Pombo, A., Baptista, T., Granada, L., Ferreira, S. M., Gonçalves, S. C., Anjos, C., ... & Costa, J. L. (2020). Insight into aquaculture's potential of marine annelid worms and ecological concerns: a review. *Reviews in aquaculture*, 12(1), 107-121. <https://doi.org/10.1111/raq.12307>
- Porteus, C. S., Hubbard, P. C., Uren Webster, T. M., van Aerle, R., Canário, A. V., Santos, E. M., & Wilson, R. W. (2018). Near-future CO2 levels impair the olfactory system of a marine fish. *Nature climate change*, 8(8), 737-743. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0224-8>
- Puvanasundram, P., Chong, C. M., Sabri, S., Yusoff, M. S., & Karim, M. (2021). Multi-strain probiotics: Functions, effectiveness and formulations for aquaculture applications. *Aquaculture reports*, 21, 100905. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100905>
- Qiu, X., Neori, A., Kim, J. K., Yarish, C., Shpigiel, M., Guttman, L., ... & Davis, D. A. (2018). Evaluation of green seaweed *Ulva* sp. as a replacement of fish meal in plant-based practical diets for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of applied phycology*, 30, 1305-1316. <https://www.researchgate.net/publication/320042463>
- Ragaza, J. A., Hossain, M. S., Koshio, S., Ishikawa, M., Yokoyama, S., Kotzamanis, Y., ... & Kumar, V. (2021). Brown seaweed (*Sargassum fulvellum*) inclusion in diets with fishmeal partially replaced with soy protein concentrate for Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) juveniles. *Aquaculture nutrition*, 27(4), 1052-1064. <https://doi.org/10.1111/anu.13246>
- Rasidi, R., Jusadi, D., Setiawati, M., Yuhana, M., Zairin Jr, M., & Sugama, K. (2021). Dietary Supplementation of humic acid in the Feed of juvenile asian seabass, *Lates calcarifer* to counteract possible negative effects of Cadmium Accumulation on Growth and Fish Well-being when Green Mussel (*Perna viridis*) is used as a Feed ingredient. *Aquaculture research*, 52(6), 2550-2568. <https://doi.org/10.1111/are.15104>
- Reid, G.K., Gurney-Smith, H., Marcogliese, D.J., Knowler, D., Benfey, T., Garber, A.F., Forster, I., Chopin, T., Brewer-Dalton, K., Moccia, R.D., Flaherty, M.S., Smith, C.T., de Silva, S., (2019). Climate change and aquaculture: considering biological response and resources. *Aquaculture environment interactions*, 11, 569-602. <https://doi.org/10.3354/aei00332>
- Rimoldi S, Torrecillas S, Montero D, Gini E, Makol A, Valdenegro V. V, et al. (2020). Assessment of dietary supplementation with galactomannan oligosaccharides and phytogenics on gut microbiota of European sea bass (*Dicentrarchus Labrax*) fed low fishmeal and fish oil based diet. *PLoS ONE* 15(4): e0231494. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231494>
- Ritala, A., Häkkinen, S. T., Toivari, M., & Wiebe, M. G. (2017). Single cell protein—state-of-the-art, industrial landscape and patents 2001–2016. *Frontiers in microbiology*, 8, 2009. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02009>



# Αναφορές

- Sandblom, E., Gräns, A., Axelsson, M., & Seth, H. (2014). Temperature acclimation rate of aerobic scope and feeding metabolism in fishes: implications in a thermally extreme future. *Proceedings of the royal society b: biological sciences*, 281(1794), 20141490. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.1490>
- Sarker, P. K., Fournier, J., Boucher, E., Proulx, E., de la Noüe, J., & Vandenberg, G. W. (2011). Effects of low phosphorus ingredient combinations on weight gain, apparent digestibility coefficients, non-faecal phosphorus excretion, phosphorus retention and loading of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Animal feed science and technology*, 168, 241-9. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.086>
- Sarker, P. K., Kapuscinski, A. R., McKuin, B., Fitzgerald, D. S., Nash, H. M., & Greenwood, C. (2020). Microalgae-blend tilapia feed eliminates fishmeal and fish oil, improves growth, and is cost viable. *Scientific reports*, 10(1), 19328. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75289-x>
- Sarker, P. K. (2023). Microorganisms in fish feeds, technological innovations, and key strategies for sustainable aquaculture. *Microorganisms*, 11(2), 439. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11020439>
- Šelo, G., Planinić, M., Tišma, M., Tomas, S., Koceva Komlenić, D., & Bucić-Kojić, A. (2021). A comprehensive review on valorization of agro-food industrial residues by solid-state fermentation. *Foods*, 10(5), 927. <https://doi.org/10.3390/foods10050927>
- Sepulveda, J., & Moeller, A. H. (2020). The effects of temperature on animal gut microbiomes. *Frontiers in microbiology*, 11, 384. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00384>
- Shahin, S., Okomoda, V. T., Ma, H., & Ikhwanuddin, M. (2023). Sustainable alternative feed for aquaculture: state of the art and future perspective. *Planetary sustainability*, 1(1), 62-96. <https://www.researchgate.net/publication/373874626>
- Sharma, J., Singh, S. P., & Chakrabarti, R. (2017). Effect of temperature on digestive physiology, immune-modulatory parameters, and expression level of Hsp and LDH genes in Catla catla (Hamilton, 1822). *Aquaculture*, 479, 134-141. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.05.031>
- Siikavuopio, S.I., James, P., Lysne, H., Saather, B.J. (2012). Effects of size and temperature on growth and feed conversion of juvenile green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*). *Aquaculture*, 354–355:27–30. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.036>
- Smárason, B.Ö., 2023. Why are sustainable feed need? Eit Food. <https://www.eitfood.eu/blog/fish-feed-why-we-need-sustainable-alternatives>, 01.07.2023.
- Stumpp, M., Hu, M., Casties, I., Saborowski, R., Bleich, M., Melzner, F., & Dupont, S. (2013). Digestion in sea urchin larvae impaired under ocean acidification. *Nature climate change*, 3(12), 1044-1049. <https://doi.org/10.1038/NCLIMATE2028>
- Tait, J. (2021). New approach to feed production can transform climate impact of industries including fish farming. <https://www.sps.ed.ac.uk/news-events/news/new-approach-feed-production-can-transform-climate-impact-industries-including>
- Tocher, D. R., Betancor, M. B., Sprague, M., Olsen, R. E., & Napier, J. A. (2019). Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids, EPA and DHA: Bridging the gap between supply and demand. *Nutrients*, 11(1), 89. <https://doi.org/10.3390/nu11010089>





# Αναφορές



- Trinh, L. T., Bakke, I., & Vadstein, O. (2017). Correlations of age and growth rate with microbiota composition in Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae. *Scientific reports*, 7(1), 8611. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09073-9>
- Van Doan, H., Hoseinifar, S. H., Tapingkae, W., Seel-Audom, M., Jaturasitha, S., Dawood, M. A., Esteban, M. Á. (2020). Boosted growth performance, mucosal and serum immunity, and disease resistance Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings using corn-cob-derived xylooligosaccharide and *Lactobacillus plantarum* CR1T5. *Probiotics and antimicrobial proteins*, 12, 400-411. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100953>
- Vieira, L., Filipe, D., Amaral, D., Magalhães, R., Martins, N., Ferreira, M., ... & Peres, H. (2023). Solid-state fermentation as green technology to improve the use of plant feedstuffs as ingredients in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Animals*, 13(17), 2692. <https://doi.org/10.3390/ani13172692>
- Volkoff, H. (2019). Feeding and its regulation. In *Climate change and non-infectious fish disorders* (pp. 87-101). Wallingford UK: CABI. <https://doi.org/10.1079/9781786393982.0087>
- Warwas, N., (2023). Novel Marine Ingredients for Aquaculture - Fish Nutrition, Physiology and Intestinal Health. Doctoral thesis, University of Gothenburg Faculty of Science, Department of Biological and Environmental Sciences; Institutionen för biologi och miljövetenskap, ISBN 978-91-8069-513-8 978-91-8069-514-5
- Widanarni, W., Taufik, A., Yuhana, M., & Ekasari, J. (2019). Dietary mannan ligosaccharides positively affect the growth, digestive enzyme activity, immunity and resistance against vibrio harveyi of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) larvae. *Turkish journal of fisheries and aquatic sciences*, 19, 271-278. [https://doi.org/10.4194/1303-2712-v19\\_4\\_01](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v19_4_01)
- Wilfart, A., Garcia-Launay, F., Terrier, F., Soudé, E., Aguirre, P., & Skiba-Cassy, S. (2023). A step towards sustainable aquaculture: Multiobjective feed formulation reduces environmental impacts at feed and farm levels for rainbow trout. *Aquaculture*, 562, 738826.
- Yadav, S., & Jha, R. (2019). Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. *Journal of animal science and biotechnology*, 10, 1-11. <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0310-9>
- Yousefi, M., Ghafarifarsani, H., Hoseinifar, S. H., Rashidian, G., & Van Doan, H. (2021). Effects of dietary marjoram, *Origanum majorana* extract on growth performance, hematological, antioxidant, humoral and mucosal immune responses, and resistance of common carp, *Cyprinus carpio* against *Aeromonas hydrophila*. *Fish & shellfish immunology*, 108, 127-133. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.11.019>
- Zengin, M., Sur, A., İlhan, Z., Azman, M. A., Tavşanlı, H., Esen, S., Bacaksız, O.K., Demir, E. (2022). Effects of fermented distillers grains with solubles, partially replaced with soybean meal, on performance, blood parameters, meat quality, intestinal flora, and immune response in broiler. *Research in veterinary science*, 150, 58-64. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2022.06.027>
- Zhang, Z., Liu, H., Jin, J., Zhu, X., Han, D., & Xie, S. (2024). Towards a low-carbon footprint: Current status and prospects for aquaculture. *Water biology and security*, 3: 1-15, 100290. <https://doi.org/10.1016/j.watbs.2024.100290>
- Ziv-Douki, H., (2020). Combining strengths for greater impact. *Cargill aqua nutrition sustainability report 2020. Healthy seafood for future generations*. <https://www.cargill.com/doc/1432196768685/cargill-aqua-nutrition-sustainability-report-2020.pdf>
-