



ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο
Περιφερειακής Ανάπτυξης

ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

**ΔΡΑΣΗ ΕΘΝΙΚΗΣ ΕΜΒΕΛΕΙΑΣ:
«ΕΡΕΥΝΩ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ-ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ»**



**Αξιοποίηση υγρών αποβλήτων για καλλιέργεια μικροφυκών και
χρησιμοποίηση αυτών προς παραγωγή βιοντίζελ και συμπληρωμάτων
ιχθυοτροφών**

«Alga4Fuel&Aqua»

Παραδοτέο 22

**Τελική Έκθεση αξιολόγησης ιχθυοτροφών στην αποδοτικότητα των
εκτροφών τσιπούρας & λαβρακιού**

Έκδοση 1.0.: 08/10/2022

*Αυτό το έργο χρηματοδοτήθηκε από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
«Ανταγωνιστικότητα – Επιχειρηματικότητα - Καινοτομία (ΕΠΑνΕΚ) 2014-2020,
Δράση Εθνικής Εμβέλειας «Ερευνώ-Δημιουργώ-Καινοτομώ», με Κωδικό Έργου
Τ1ΕΔΚ-01580*



Λεπτομέρειες Έργου:

Πρόγραμμα: **ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ – ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ – ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ (ΕΠΑνΕΚ) 2014-2020**

Τίτλος Έργου: **Αξιοποίηση υγρών αποβλήτων για καλλιέργεια μικροφυκών και χρησιμοποίηση αυτών προς παραγωγή βιοντήζελ και συμπληρωμάτων ιχθυοτροφών**

Ακρωνύμιο Έργου: **Alga4Fuel&Aqua**

Αριθμός Πρότασης: **T1ΕΔΚ-01580**

Συντονιστής: **Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**

Διάρκεια: **09/07/2018 – 08/10/2022**

Λεπτομέρειες Παραδοτέου

ΕΕ5: Δοκιμή ΜΦ για διατροφή ιχθύων

Εργασία ΥΕ 5.2.: Πειραματικές εκτροφές τσιπούρας και λαβρακιού με χρήση μικροφυκών στις ιχθυοτροφές

Τίτλος Παραδοτέου: Τελική Έκθεση αξιολόγησης ιχθυοτροφών στην αποδοτικότητα των εκτροφών τσιπούρας & λαβρακιού

Υπεύθυνος Φορέας: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Συμμετέχων Εταίρος: BIOMAR

Προθεσμία Παράδοσης: Μήνας 51

Ημέρα Παράδοσης έκδοσης 1.0: 08/10/2022

Περιεχόμενα

	ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
2.	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΩΝ ΜΕ ΜΙΚΡΟΦΥΚΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΚΤΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΤΣΙΠΟΥΡΑΣ (3^ο διατροφικό πείραμα)	13
2.1	Υλικά & Μέθοδοι	13
2.1.1	Πειραματικές ιχθυοτροφές τσιπούρας	13
2.1.2	Πειραματικές συνθήκες εκτροφής τσιπούρας	18
2.1.3	Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής	19
2.1.4	Στατιστική ανάλυση δεδομένων	23
2.2	Αποτελέσματα	23
3.	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΩΝ ΜΕ ΜΙΚΡΟΦΥΚΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΚΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΛΑΒΡΑΚΙΟΥ (4^ο διατροφικό πείραμα)	25
3.1	Υλικά & Μέθοδοι	25
3.1.1	Πειραματικές ιχθυοτροφές λαβρακιού	25
3.1.2	Πειραματικές συνθήκες εκτροφής λαβρακιού	28
3.1.3	Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής	29
3.1.4	Στατιστική ανάλυση δεδομένων	31
3.2	Αποτελέσματα	33
4.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ	34
5.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	39
	ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	41

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1	Καταρτισμός και θρεπτική σύσταση ιχθυοτροφών τσιπούρας με μικροφύκη υγρών αποβλήτων (3ο διατροφικό πείραμα)	17
------------------	---	----

Πίνακας 2	Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής του <i>S. aurata</i> διατρεφόμενου για 12 εβδομάδες με ιχθυοτροφές που περιείχαν μικροφύκη υγρών αποβλήτων (3ο διατροφικό πείραμα)	24
Πίνακας 3	Καταρτισμός και θρεπτική σύσταση ιχθυοτροφών λαβρακιού με μικροφύκη υγρών αποβλήτων (4ο διατροφικό πείραμα)	27
Πίνακας 4	Πίνακας 4. Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής του <i>D. labrax</i> διατρεφόμενου για 12 εβδομάδες με ιχθυοτροφές που περιείχαν μικροφύκη υγρών αποβλήτων (3ο διατροφικό πείραμα)	33

Κατάλογος Εικόνων

Πίνακας 1	Καταρτισμός και θρεπτική σύσταση ιχθυοτροφών τσιπούρας με μικροφύκη υγρών αποβλήτων (3ο διατροφικό πείραμα)	17
Πίνακας 2	Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής του <i>S. aurata</i> διατρεφόμενου για 12 εβδομάδες με ιχθυοτροφές που περιείχαν μικροφύκη υγρών αποβλήτων (3ο διατροφικό πείραμα)	24
Πίνακας 3	Καταρτισμός και θρεπτική σύσταση ιχθυοτροφών λαβρακιού με μικροφύκη υγρών αποβλήτων (4ο διατροφικό πείραμα)	27
Πίνακας 4	Πίνακας 4. Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής του <i>D. labrax</i> διατρεφόμενου για 12 εβδομάδες με ιχθυοτροφές που περιείχαν μικροφύκη υγρών αποβλήτων (3ο διατροφικό πείραμα)	33

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Παραδοτέο Π22 «**Τελική Έκθεση αξιολόγησης ιχθυοτροφών στην αποδοτικότητα των εκτροφών τσιπούρας & λαβρακιού**» εντάσσεται στην Υποενότητα Εργασίας ΥΕ5.2 «Πειραματικές εκτροφές τσιπούρας και λαβρακιού με χρήση μικροφυκών στις ιχθυοτροφές» και αποτελεί την παρουσίαση των αποτελεσμάτων των 3^{ου} και 4^{ου} διατροφικών πειραμάτων με τη χρήση μικροφυκών στις ιχθυοτροφές της τσιπούρας και του λαβρακιού που παρήχθησαν/καλλιεργήθηκαν στο πλαίσιο του Έργου χρησιμοποιώντας υγρά απόβλητα της βιομηχανίας βιοκαυσίμων.

Στο Παραδοτέο Π21 περιγράφηκε η αξιολόγηση των ιχθυοτροφών της τσιπούρας (*Sparus aurata*) και του ευρωπαϊκού λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*) που περιείχαν εμπορικά προϊόντα μικροφυκών, και συγκεκριμένα των ειδών *Schizochytrium* sp., *Nannochloropsis* sp. (βιβλιογραφικά πλέον αναφέρεται ως *Microchloropsis* sp.) και *Chlorella* sp.. Στα δύο εκείνα διατροφικά πειράματα δείχθηκε η αποτελεσματικότητα των συγκεκριμένων μικροφυκών για την υποκατάσταση του ιχθυελαίου και ιχθυαλεύρου στα σιτηρέσια της τσιπούρας και του λαβρακιού. Η χρήση των εμπορικών προϊόντων μικροφυκών έγινε διότι σε εκείνη τη χρονική περίοδο η έρευνα που διενεργούνταν στο πλαίσιο της Ενότητας Εργασίας ΕΕ3 (Παραγωγή μικροφυκών για ιχθυοτροφή) βρίσκονταν σε εξέλιξη και δεν είχαν παραχθεί οι απαιτούμενες ποσότητες βιομάζας μικροφυκών κατάλληλης θρεπτικής σύστασης (υψηλής περιεκτικότητας ολικών πρωτεϊνών, υψηλών επιπέδων EPA & DHA). Έτσι, είχε αποφασιστεί πρωταρχικά να παραχθούν και να δοκιμαστούν πειραματικές ιχθυοτροφές που να περιέχουν μικροφύκη από έτοιμα σκευάσματα του εμπορίου προκειμένου να αποτυπωθεί μια πρώτη εικόνα σχετικά με την καταλληλότητα αυτών των μικροφυκών στα σιτηρέσια της τσιπούρας και του λαβρακιού. Με την εξέλιξη του Έργου, εν τέλει, παρήχθησαν επαρκείς βιομάζες μικροφυκών των ειδών *Schizochytrium* sp. και *Nannochloropsis* sp. με τη χρήση υποπροϊόντων (υγρά απόβλητα) της βιομηχανίας βιοκαυσίμων.

Στο παρόν Παραδοτέο (Π22), λοιπόν, αξιολογήθηκαν οι ιχθυοτροφές τσιπούρας και λαβρακιού που περιείχαν βιομάζες μικροφυκών που παρήχθησαν/καλλιεργήθηκαν στο πλαίσιο του Έργου χρησιμοποιώντας υγρά

απόβλητα της βιομηχανίας βιοκαυσίμων. Ειδικότερα, διεξήχθησαν δυο διατροφικά πειράματα, ένα στην τσιπούρα και ένα στο λαβράκι, με σκοπό την αξιολόγηση των επιπτώσεων της ταυτόχρονης υποκατάστασης της πρωτεΐνης του ιχθυάλευρου και των λιπών του ιχθυελαίου από ένα μίγμα αφυδατωμένων βιομαζών (dried biomasses) των ειδών *Schizochytrium sp.* και *Nannochloropsis sp.* που καλλιεργήθηκαν σε υγρά απόβλητα. **Ταυτόχρονα, το μίγμα των *Schizochytrium sp.* και *Nannochloropsis sp.* που παράχθηκε μέσω του Έργου συγκρίθηκε με το μίγμα των εμπορικών προϊόντων αντίστοιχων μικροφυκών που είχε δοκιμαστεί πρωτύτερα στο Παραδοτέο Π21, προκειμένου να αξιολογηθεί η καταλληλότητα και αποτελεσματικότητα του πρώτου στην αποδοτικότητα των ιχθύων.**

Σκοπός του 3^{ου} διατροφικού πειράματος ήταν α) η διερεύνηση των επιδράσεων της μερικής υποκατάστασης του διαιτητικού ιχθυελαίου και του διαιτητικού ιχθυαλεύρου από μίγμα των ειδών *Schizochytrium sp.* και *Nannochloropsis sp.*, τα οποία προήλθαν από την πιλοτική καλλιέργεια τους με χρήση υγρών αποβλήτων, στην ανάπτυξη, τη φυσιολογία θρέψης και τη θρεπτική αξία της τσιπούρας και β) η σύγκριση της αποδοτικότητας των μικροφυκών υγρών αποβλήτων με τα εμπορικά μικροφύκη. Στο 3^ο διατροφικό πείραμα ιχθύδια τσιπούρας (*S. aurata*) μέσου βάρους $3,16 \pm 0,04$ g διαχωρίστηκαν σε τρεις ομάδες (20 ιχθύδια/δεξαμενή, 3 δεξαμενές/πειραματική τροφή) και διατράφηκαν με 3 ισοενεργειακές (21 MJ / Kg επί νωπής ουσίας), ισοπρωτεϊνικές (49% επί νωπής ουσίας) και ισολιπιδικές τροφές (15% επί νωπής ουσίας) για 12 εβδομάδες. Η τροφή μάρτυρας (ControlS) περιείχε αποκλειστικά ιχθυέλαιο και ιχθυάλευρο, ενώ στην τροφή SNoS έγινε υποκατάσταση του λίπους του ιχθυελαίου κατά 15% και της πρωτεΐνης του ιχθυαλεύρου κατά 16% από ένα μίγμα *Schizochytrium sp.* και *Nannochloropsis sp.* τα οποία καλλιεργήθηκαν με την χρήση αποβλήτων που προήλθαν από την βιομηχανία βιοκαυσίμων. Στην τροφή SNcS έγινε υποκατάσταση του λίπους του ιχθυελαίου κατά 15% και της πρωτεΐνης του ιχθυαλεύρου κατά 7% και από ένα μίγμα εμπορικών προϊόντων *Schizochytrium sp.* και *Nannochloropsis sp.* Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μερική υποκατάσταση του λίπους του ιχθυελαίου και της πρωτεΐνης του ιχθυάλευρου από το μίγμα *Schizochytrium sp.* και *Nannochloropsis*

sp. προερχόμενο είτε από υγρά απόβλητα είτε από το εμπόριο δεν επηρέασε σημαντικά τις παραμέτρους ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής μεταξύ των ομάδων.

Σκοπός του 4^{ου} διατροφικού πειράματος ήταν α) η διερεύνηση των επιδράσεων της μερικής υποκατάστασης του διαιτητικού ιχθυελαίου και του διαιτητικού ιχθυαλεύρου από μίγμα των ειδών *Schizochytrium sp.* και *Nannochloropsis sp.*, τα οποία προήλθαν από την πιλοτική καλλιέργεια τους με χρήση υγρών αποβλήτων, στην ανάπτυξη, τη φυσιολογία θρέψης και τη θρεπτική αξία του λαβρακιού και β) η σύγκριση της αποδοτικότητας των μικροφυκών υγρών αποβλήτων με τα εμπορικά μικροφύκη. Στο 4^ο διατροφικό πείραμα ιχθύδια λαβρακιού (*D. labrax*) αρχικού μέσου βάρους $6,48 \pm 0,05g$, διαχωρίστηκαν σε τρεις ομάδες (25 ιχθύδια/δεξαμενή, 3 δεξαμενές/πειραματική τροφή) και διατράφηκαν με 3 ισοενεργειακές (21 MJ / Kg επί νωπής ουσίας), ισοπρωτεϊνικές (49% επί νωπής ουσίας) και ισολιπιδικές τροφές (15% επί νωπής ουσίας) για 12 εβδομάδες. Η τροφή μάρτυρας (ControlD) περιείχε αποκλειστικά ιχθυέλαιο και ιχθυάλευρο, ενώ στην τροφή SNoD έγινε υποκατάσταση του λίπους του ιχθυελαίου κατά 15% και της πρωτεΐνης του ιχθυαλεύρου κατά 16% από ένα μίγμα *Schizochytrium sp.* και *Nannochloropsis sp.* τα οποία καλλιεργήθηκαν με την χρήση αποβλήτων που προήλθαν από την βιομηχανία βιοκαυσίμων. Στην τροφή SNcD έγινε υποκατάσταση του λίπους του ιχθυελαίου κατά 15% και της πρωτεΐνης του ιχθυαλεύρου κατά 7% και από ένα μίγμα εμπορικών προϊόντων *Schizochytrium sp.* και *Nannochloropsis sp.* Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μερική υποκατάσταση του λίπους του ιχθυελαίου και της πρωτεΐνης του ιχθυαλεύρου από το μίγμα *Schizochytrium sp.* και *Nannochloropsis sp.* προερχόμενο είτε από υγρά απόβλητα είτε από το εμπόριο δεν επηρέασε σημαντικά τις παραμέτρους ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής μεταξύ των ομάδων.

Τα αποτελέσματα από τις δυο μελέτες έδειξαν ότι είναι επιτυχής η μερική υποκατάσταση του ιχθυελαίου και του ιχθυαλεύρου στις ιχθυοτροφές της τσιπούρας και του λαβρακιού από ένα μίγμα μικροφυκών *Schizochytrium sp.* και *Nannochloropsis sp.* αναφορικά με τις παραμέτρους ανάπτυξης των ιχθύων και αξιοποίησης της τροφής από αυτούς. Αυτή η επιτυχημένη μερική υποκατάσταση του

ιχθυελαίου και του ιχθυαλεύρου μπορεί να είναι από μικροφύκη είτε παραγόμενα με χρήση υγρών απόβλητων της βιομηχανίας βιοκαυσίμων είτε από συμβατικές καλλιέργειες (εμπορικά προϊόντα που παρήχθησαν σε βιοαντιδραστήρες και συμβατικά θρεπτικά μέσα). Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης δείχνουν, λοιπόν, ότι τα μικροφύκη *Schizochytrium sp.* και *Nannochloropsis sp.* παραγόμενα από υγρά απόβλητα είναι πολλά υποσχόμενες εναλλακτικές λύσεις υποκατάστασης του ιχθυελαίου και του ιχθυαλεύρου στη διατροφή της τσιπούρας (*S. aurata*) και του λαβρακιού (*D. labrax*) συμβάλλοντας αποτελεσματικά τόσο στην ανακύκλωση θρεπτικών όσο και στην ενίσχυση της κυκλικής οικονομίας μεταξύ της βιομηχανίας βιοκαυσίμων και του τομέα της ιχθυοκαλλιέργειας.