



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 Π17: Έκθεση καταλληλότητας εναπομένουσας βιομάζας
μικροφυκών**

Έκδοση 1.0.: Πρώτη έκδοση που δημιουργήθηκε στις 08-01-2022

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



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΠΤΑ & ΤΕ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΤΑ



ΓΓΕΤ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ
ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΕΠΑνεΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



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: **Τ1ΕΔΚ-01580**

Συντονιστής: **Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**

Διάρκεια: **09/07/2018 – 08/10/2022**

Λεπτομέρειες Παραδοτέου

ΕΕ:4 Παραγωγή βιοντήζελ από μικροφύκη

ΥΕ2.4: Επίδραση των συνθηκών ανάπτυξης & μεθόδου καλλιέργειας στην ποιότητα των ΜΦ. Μελέτη της επίδρασης αυτών στα μακροθρεπτικά συστατικά των ΜΦ

Τίτλος Παραδοτέου: Έκθεση καταλληλότητας εναπομένουσας βιομάζας μικροφυκών

Συντονιστής: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Συμμετέχων Εταίρος: ΤΕΙ ΘΕΣ

Προθεσμία Παράδοσης: Μήνας 42

Ημέρα Παράδοσης: Μ42 - 08-01-2022

Περιεχόμενα

1. Περίληψη.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
2. Εισαγωγή.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
2.1 Υφιστάμενη κατάσταση στις υδατοκαλλιέργειες.....	9
2.2 Μακροθρεπτικά συστατικά.....	10
2.3 Χρήση των μικροφυκών στις ιχθυοτροφές.....	12
2.4 Πειράματα χρήσης μικροφυκών στις υδατοκαλλιέργειες από τη διεθνή βιβλιογραφία.....	12
2.5 Συμπεράσματα.....	13
3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	15
3.1 Χαρακτηρισμός απομένουσας βιομάζας (έπειτα από την εξαγωγή του βιοελαίου) ως προς την ολική βιομάζα και την περιεκτικότητά αυτής σε πρωτεΐνες (για συμπληρωματική χρήση τους σε ιχθυοτροφές).....	15
3.1.1 Ανάλυση Βιομάζας <i>Chlorella sorokiniana</i> από την 1 ^η καλλιέργεια ημιδιαλείποντος Έργου.....	15
3.1.2 Ανάλυση Βιομάζας <i>Chlorella sorokiniana</i> από την 2 ^η καλλιέργεια ημιδιαλείποντος Έργου.....	16
3.1.3 Ανάλυση Βιομάζας <i>Chlorella sorokiniana</i> από την 3 ^η καλλιέργεια ημιδιαλείποντος Έργου.....	16
3.1.4 Ανάλυση Βιομάζας <i>Chlorella sorokiniana</i> από την 4 ^η καλλιέργεια ημιδιαλείποντος Έργου.....	17
3.1.5 Ανάλυση Βιομάζας <i>Chlorella sorokiniana</i> από την καλλιέργεια με τη χρήση γλυκερίνης και 30% βιολιπάσματος.....	17
3.1.6 Ανάλυση Βιομάζας <i>Chlorella sorokiniana</i> από την καλλιέργεια με τη χρήση γλυκερίνης και 50% βιολιπάσματος.....	18
3.1.7 Ανάλυση Βιομάζας <i>Chlorella sorokiniana</i> από την καλλιέργεια με τη χρήση υψηλής συγκέντρωσης άνθρακα (από γλυκερίνη) και 11% βιολιπάσματος.....	18
3.1.8 Ανάλυση Βιομάζας <i>Chlorella sorokiniana</i> από την καλλιέργεια με τη χρήση υψηλής συγκέντρωσης αζώτου και οργανικού άνθρακα και 12% βιολιπάσματος.....	19
3.2 Κατανομή αμινοξέων.....	19
3.2.1 Κατανομή αμινοξέων της βιομάζας <i>Chlorella sorokiniana</i> και σύγκριση με φυτικές και ζωικές πηγές πρωτεΐνης.....	19
3.2.2 Απαιτήσεις σε αμινοξέα του λαβρακιού (<i>Dicentrarchus labrax</i>) και της τσιπούρας (<i>Sparus aurata</i>).....	22
3.3 Προσδιορισμός Φωσφόρου και βασικών ιχνοστοιχείων.....	23



3.4	Συμπεράσματα.....	25
4.	Προσδιορισμός της ποσότητας και ποιότητας της γλυκερίνης που παράγεται από την μετεστεροποίηση του βιοελαίου για επαναχρησιμοποίηση της στη παραγωγική διαδικασία των μικροφυκών.....	26
4.1	Εισαγωγή.....	26
5.	Βιβλιογραφία.....	29



Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1 Το ποσοστό των συστατικών της βιομάζας του μικροφύκου <i>Chlorella sorokiniana</i> μετά την εξαγωγή του βιοελαίου. Το μικροφύκος καλλιέργηθηκε σε ημιδιαλείπων έργο. Η συνολική ποσότητα άνθρακα (γλυκερίνη 2x400 ml) και αζώτου είναι ίση με 13,2 gr/l και 80,5 mg/l αντίστοιχα.	15
Πίνακας 3.2 Το ποσοστό των συστατικών της βιομάζας του μικροφύκου <i>Chlorella sorokiniana</i> μετά την εξαγωγή του βιοελαίου. Το μικροφύκος καλλιέργηθηκε σε ημιδιαλείπων έργο. Η συνολική ποσότητα άνθρακα (γλυκερίνη 4x200 ml) και αζώτου είναι ίση με 13,2 gr/l και 80,5 mg/l αντίστοιχα.	16
Πίνακας 3.3 Το ποσοστό των συστατικών της βιομάζας του μικροφύκου <i>Chlorella sorokiniana</i> μετά την εξαγωγή του βιοελαίου. Το μικροφύκος καλλιέργηθηκε σε ημιδιαλείπων έργο. Η συνολική ποσότητα άνθρακα (γλυκερίνη 10x80 ml) και αζώτου είναι ίση με 13,2 gr/l και 80,5 mg/l αντίστοιχα.	16
Πίνακας 3.4 Το ποσοστό των συστατικών της βιομάζας του μικροφύκου <i>Chlorella sorokiniana</i> μετά την εξαγωγή του βιοελαίου. Το μικροφύκος καλλιέργηθηκε σε ημιδιαλείπων έργο. Η συνολική ποσότητα άνθρακα (γλυκερίνη 10x80 ml) και αζώτου είναι ίση με 13,2 gr/l και 108,2 mg/l αντίστοιχα.....	17
Πίνακας 3.5 Το ποσοστό των συστατικών της βιομάζας του μικροφύκου <i>Chlorella sorokiniana</i> που καλλιέργηθηκε με γλυκερίνη και 30% βιολίπασμα μετά την εξαγωγή του βιοελαίου.	17
Πίνακας 3.6 Το ποσοστό των συστατικών της βιομάζας του μικροφύκου <i>Chlorella sorokiniana</i> που καλλιέργηθηκε με γλυκερίνη και 50% βιολίπασμα μετά την εξαγωγή του βιοελαίου.	18
Πίνακας 3.7 Το ποσοστό των συστατικών της βιομάζας του μικροφύκου <i>Chlorella sorokiniana</i> , που καλλιέργηθηκε με αρχική συγκέντρωση άνθρακα ίση με 17,50 gr/l και 11% βιολίπασμα, μετά την εξαγωγή του βιοελαίου.	18
Πίνακας 3.8 Το ποσοστό των συστατικών της βιομάζας του μικροφύκου <i>Chlorella sorokiniana</i> , που καλλιέργηθηκε με υψηλές αρχικές συγκεντρώσεις οργανικού άνθρακα και αζώτου. Οι αρχικές συγκεντρώσεις άνθρακα και αζώτου είναι ίσες με 13,95 gr/l και 2000 mg/l αντίστοιχα.....	19
Πίνακας 3.9 Τρία τυπικά προφίλ αμινοξέων του μικροφύκου <i>Chlorella sorokiniana</i> και για σύγκριση τα αντίστοιχα προφίλ αμινοξέων της πρωτεΐνης αυγών και σόγιας.	20
Πίνακας 3.10 Σύγκριση του προφίλ των αμινοξέων μεταξύ του μικροφύκου <i>Chlorella sorokiniana</i> και α) ζυμομυκήτων μύραρας και β) σιτηρών	21
Πίνακας 3.11 Θρεπτικές απαιτήσεις σε απαραίτητα αμινοξέα του λαβρακιού σε τρία στάδια ανάπτυξης του, το βέλτιστο επίπεδο πρωτεϊνών στο σιτηρέσιο και σύγκριση αυτών με την πρωτεϊνική σύσταση του μικροφύκου <i>Chlorella sorokiniana</i>	22



Πίνακας 3.12 Θρεπτικές απαιτήσεις σε απαραίτητα αμινοξέα της σπιτούρας σε τρία στάδια ανάπτυξης του, το βέλτιστο επίπεδο πρωτεϊνών στο σιτηρέσιο και σύγκριση αυτών με την πρωτεϊνική σύσταση του μικροφύκου *Chlorella sorokiniana*.23

Πίνακας 3.13 Συγκεντρώσεις βασικών στοιχείων που μετρήθηκαν στη βιομάζα του μικροφύκου *Chlorella sorokiniana* που καλλιεργήθηκε σε διαλείπων έργο με γλυκερίνη και 50% βιολίπασμα. Η αρχική συγκέντρωση οργανικού άνθρακα είναι ίση με 7,29 gr/l και του αζώτου 439 mg/l.24

Πίνακας 3.14 Συγκεντρώσεις βασικών στοιχείων που μετρήθηκαν στη βιομάζα του μικροφύκου *Chlorella sorokiniana* που καλλιεργήθηκε με γλυκερίνη και βιολίπασμα σε διαλείπων έργο με υψηλές αρχικές συγκεντρώσεις οργανικού άνθρακα και αζώτου ίσες με 13,95 gr/l και 2000 mg/l αντίστοιχα.....25



1. Περίληψη

Στο παρόν παραδοτέο έλαβε χώρα χαρακτηρισμός της απομένουσας βιομάζας, έπειτα από την εξαγωγή του βιοελαίου, ως προς την ολική βιομάζα και την περιεκτικότητά αυτής σε πρωτεΐνες για συμπληρωματική χρήση της σε ιχθυοτροφές. Επίσης προσδιορίστηκε και η ποσότητα της γλυκερίνης που παράγεται από την μετεστεροποίηση του βιοελαίου για επαναχρησιμοποίησή της στη παραγωγική διαδικασία. Ως μονάδα παραγωγής, σε περίπτωση εμπορικής εκμετάλλευσης, χρησιμοποιήθηκε μία ημερήσια παραγόμενη ποσότητα βιοελαίου 1.000 κιλών που αντιστοιχεί (35% περιεκτικότητα σε βιοέλαιο β/β) σε περίπου 2.865 κιλών βιομάζας την ημέρα. Από αυτές τις ημερήσιες αυτές ποσότητες της παραγόμενης βιομάζας και του βιοελαίου και με βάση τη χρήση της παραγόμενης γλυκερίνης (από τη μετατροπή των 1.000 κιλών βιοελαίου την ημέρα σε βιοντήζελ) η παραγωγή θρεπτικού μέσου και ακολούθως εκτιμήθηκε η επιπλέον ποσότητα βιοελαίου που δύναται να παραχθεί.

Έπειτα από μία βιβλιογραφική ανασκόπηση, όπου τονίζεται η αναγκαιότητα πρωτεϊνών υψηλής διατροφικής αξίας στην διατροφή ιχθύων, έγινε μία ανάλυση της εναπομένουσας βιομάζας, από αρκετά δείγματα σε διάφορες συνθήκες καλλιέργειας, για να προσδιοριστεί η μέση περιεκτικότητα επίσης εναπομένουσας βιομάζας του *Chlorella sorokiniana* σε πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λίπη και τέφρα. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν και δεδομένα από τη βιβλιογραφία σχετικά με το προφίλ αμινοξέων του μικροφύκου *Chlorella sorokiniana*.

Η εναπομένουσα βιομάζα είναι πλούσια σε πρωτεΐνες. Το ποσοστό πρωτεϊνών κυμαίνεται από περίπου 37% έως περίπου 62% σε οκτώ δείγματα από ισάριθμες διαφορετικές καλλιέργειες. Ο μέσος όρος περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες από τα οκτώ αυτά δείγματα είναι 49,3% και αυτό καταδεικνύει ότι το είδος, έπειτα και από την εξαγωγή του ελαίου του, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη των αναγκών σε ολικές πρωτεΐνες των εκτρεφόμενων ειδών ιχθύων, όπως το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) και η τσιπούρα (*Sparus aurata*). Ταυτόχρονα, το προφίλ των αμινοξέων των πρωτεϊνών της βιομάζας του μικροφύκου *Chlorella sorokiniana* καλύπτει επαρκώς τις απαιτήσεις σε απαραίτητα αμινοξέα του λαβρακιού και της τσιπούρας, με εξαίρεση τη μεθειονίνη, η οποία είναι το κοινό περιοριστικό αμινοξύ στην συντριπτική πλειοψηφία όλων των πρωτεϊνών φυτικής προέλευσης. Η βιομάζα του μικροφύκου *Chlorella sorokiniana* είναι επίσης πλούσια σε υδατάνθρακες και ιχνοστοιχεία και συνεπώς αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συμπλήρωμα διατροφής σε ιχθυοκαλλιέργειες. Δεν περιέχει λίπη διότι, αυτά έχουν εξαχθεί για την παραγωγή βιοντήζελ και συνεπώς αυτά θα πρέπει να προστεθούν από άλλη πηγή.

Από τον υπολογισμό του επιπλέον βιοελαίου που μπορεί να παραχθεί με την επαχρησιμοποίηση της παραγόμενης γλυκερίνης, με βάση όπως προαναφέρθηκε τα



1.000 κιλά ημερήσιας παραγόμενης ποσότητας βιοελαίου, προκύπτει ότι μπορούν να παραχθούν 130 κιλά/ημέρα γλυκερίνης. Αυτή η ποσότητα γλυκερίνης αν χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή θρεπτικού μέσου αναμένεται να οδηγήσει στην παραγωγή 7,58 επιπλέον κιλά βιοελαίου την ημέρα, ήτοι να αυξήσει την παραγωγή κατά 0,76%.