

Ανάπτυξη μεθοδολογίας για τη μέτρηση *in vitro* πεπτικότητας  
σιτηρεσίων μεσογειακών ειδών ψαριών – Εκτίμηση της διατροφικής  
αξίας και του ρυθμού αύξησης

#### **ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:**

##### **A. ΜΟΥΤΟΥ (ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ)**

Επίκουρος Καθηγήτρια Βιολογίας Σπονδυλωτών  
Τμήμα Βιοχημείας & Βιοτεχνολογίας Π.Θ.

##### **Z. ΜΑΜΟΥΡΗΣ**

Καθηγητής Γενετικής Ζωικών Πληθυσμών  
Τμήμα Βιοχημείας & Βιοτεχνολογίας Π.Θ.

##### **M. ΑΛΕΞΗ**

Ερευνήτρια Α βαθμίδας  
Ινστιτούτο Υδατοκαλλιεργειών ΕΛ.Κ.Θ.Ε.

#### **ΕΠΤΑΜΕΛΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

##### **M. ΑΛΕΞΗ**

Ερευνήτρια Α βαθμίδας  
Ινστιτούτο Υδατοκαλλιεργειών ΕΛ.Κ.Θ.Ε.

##### **Z. ΜΑΜΟΥΡΗΣ**

Καθηγητής Γενετικής Ζωικών Πληθυσμών  
Τμήμα Βιοχημείας & Βιοτεχνολογίας Π.Θ.

##### **A. ΜΟΥΤΟΥ**

Επίκουρος Καθηγήτρια Βιολογίας Σπονδυλωτών  
Τμήμα Βιοχημείας & Βιοτεχνολογίας Π.Θ.

##### **Σ. ΚΛΑΟΥΔΑΤΟΣ**

Καθηγητής Εκτροφής υδρόβιων οργανισμών  
Τμήμα Γεωπονίας Ζωικής Παραγωγής και Υδάτινου Περιβάλλοντος

##### **Π. ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΚΗ**

Επίκουρος Καθηγήτρια Υδατοκαλλιέργειες  
Τμήμα Γεωπονίας Ζωικής Παραγωγής και Υδάτινου Περιβάλλοντος Π.Θ.

##### **Ε. ΜΗΛΙΟΥ**

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Εφαρμοσμένης Υδροβιολογίας  
Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Υδροβιολογίας Γ. Π. Α.

##### **Γ. ΝΕΓΚΑΣ**

Ερευνητής Β βαθμίδας  
Ινστιτούτο Υδατοκαλλιεργειών ΕΛ.Κ.Θ.Ε.

FARAG A. ABUSDEG

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ *IN VITRO*  
ΠΕΠΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΙΤΗΡΕΣΙΩΝ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΩΝ ΕΙΔΩΝ ΨΑΡΙΩΝ –  
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗΣ ΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΡΥΘΜΟΥ  
ΑΥΞΗΣΗΣ



FARAG A. ABUSDEG

2012

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ *IN VITRO*  
ΠΕΠΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΙΤΗΡΕΣΙΩΝ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΩΝ ΕΙΔΩΝ ΨΑΡΙΩΝ –  
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗΣ ΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΡΥΘΜΟΥ  
ΑΥΞΗΣΗΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Αριθμός προκαταρκτικών σελίδων: xiv

Συνολικός αριθμός σελίδων: 177

Αριθμός πινάκων: 46

Αριθμός εικόνων: 43

Αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών: 208

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μελέτη είχε βασικό σκοπό την ανάπτυξη και τη βελτίωση της μεθόδου pH-stat για τον προσδιορισμό της πεπτικότητας της διατροφικής πρωτεΐνης στο λαβράκι και τη μελέτη τις επιδράσεις των περιβαλλοντολογικών και βιολογικών παραμέτρων στο βαθμό της αυτουδρόλυσης και της ενζυμικής υδρόλυσης χρησιμοποιώντας τη στατιστική και το διαφορικό λογισμό, υπό μορφή αναπτυσσόμενων εξισώσεων. Τα αποτελέσματα απέδειξαν πως η εκάστοτε μείωση της συγκέντρωσης του υποστρώματος, η εκάστοτε αύξηση του επιπέδου pH, η εκάστοτε αύξηση της θερμοκρασίας, η εκάστοτε μείωση της αλατότητας επηρεάζουν θετικά το βαθμό αυτουδρόλυσης και το βαθμό ενζυμικής υδρόλυσης. Η προηγούμενη όξινη πέψη δεν βελτίωσε σημαντικά το βαθμό ενζυμικής υδρόλυσης. Το διαφορετικό ενζυμικό προφίλ λαβρακιού επηρεάζει το βαθμό ενζυμικής υδρόλυσης.

Στην συνέχεια μελετήθηκε η βελτιωμένη μέθοδος pH-stat για τον προσδιορισμό της πεπτικότητας της διατροφικής πρωτεΐνης πειραματικών σιτηρεσίων διαφόρων μεθόδων επεξεργασίας οσπρίων (εξώθηση και αποφλοίωση) και πηγής διατροφικής πρωτεΐνης (φυτικής και ζωικής) σε 4 διαφορετικές αναλογίες συγκέντρωσης υποστρώματος ανά U ενζυμικής δραστηριότητας ολικών αλκαλικών πρωτεασών τσιπούρας και τη συσχέτιση των τιμών της μεταβλητής παραμέτρου ΝΤΠ η οποία προέκυψε από ανάπτυξη εξίσωσης των σιτηρεσίων με αποτελέσματα δεικτών πεπτικότητας διατροφικής πρωτεΐνης *in vivo* σε τσιπούρα, τα αποτελέσματα ήταν θετικές δηλώνοντας την ακρίβεια της μεθόδου pH-stat.

Τέλος, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος pH-stat για το προσδιορισμό της πεπτικότητας της διατροφικής πρωτεΐνης παρασκευασμένων σιτηρεσίων, ένα από τα οποία περιείχε ανασυνδιασμένα ένζυμα πρωτεασών (CHTRI, CHTRII, TRPII) μικροβίων σε διάφορες αναλογίες συγκέντρωση υποστρώματος / U. Η προσθήκη των ανασυνδιασμένων ενζύμων δεν έδωσε κανένα αποτέλεσμα. Διερευνήθηκε η επίδραση της προσθήκης του κάθε ανασυνδιασμένο ενζύμου ξεχωριστά στο βαθμό ενζυμικής υδρόλυσης, Η CHTRII έδωσε καλύτερους βαθμούς άλλα όχι σε σχέση με εκχύλισμα πυλωρικών τυφλών τσιπούρας.

Συμπερασματικά, η μέθοδος pH-stat απεδείχθη οικονομική και παρέχει γρήγορα και διαθέσιμα αποτελέσματα και είναι εύκολη στην εκτέλεση. Η χρήση μη γραμμικών εξισώσεων είναι η ιδανική μέθοδος επεξεργασίας των αποτελεσμάτων και η συσχέτιση τους με άλλους βιολογικούς παραμέτρους.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η ολοκλήρωση και η συγγραφή μιας διδακτορικής διατριβής είναι αποτέλεσμα επίπονης προσπάθειας και επιτυγχάνεται μόνο με τη συνεργασία και τη συμπαράσταση πολλών ατόμων. Σε όλους αυτούς θέλω να απευθύνω τις ευχαριστίες μου για τη συμβολή τους στην εκπόνηση αυτής της διατριβής.

Ένα θερμό ευχαριστώ στην Επίκουρο Καθηγήτρια Κατερίνα Μούτου, η οποία μου έκανε την τιμή να με δεχτεί ως επιβλέπουσα αυτής της διδακτορικής διατριβής. Χωρίς την πολύπλευρη συμπαράστασή της, την επιστημονική της ακρίβεια, την καθημερινή βοήθεια και τις εποικοδομητικές της συμβουλές αλλά και τη φιλική υποστήριξή της δεν θα ήταν δυνατή η ολοκλήρωση της διατριβής αυτής.

Ιδιαίτερα ευχαριστώ τη Δρ. Μαρία Αλέξη η οποία, εκτός από την καταλυτική της βοήθεια στο ξεκίνημα αυτής της διατριβής, μαζί με τους συνεργάτες της επιστήμονες και τεχνικούς μου παρείχαν πλήρη υποστήριξη και συμπαράσταση αλλά και την απαραίτητη υλικοτεχνική υποδομή.

Θερμές ευχαριστίες θέλω να απευθύνω επίσης στον Καθηγητή Ζήση Μαμούρη για την ενθάρρυνση και την ηθική συμπαράσταση που μου πρόσφερε.

Ευχαριστώ θερμά τον Καθηγητή Σ. Κλαουδάτος, την Επίκουρο Καθηγήτρια Π. Παναγιωτάκη, την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Ε. Μήλιου και τον Ερευνητή Β βαθμίδας Γ. Νέγκα που μου έκαναν την τιμή να δεχτούν να συμμετάσχουν στην Εξεταστική Επιτροπή αυτής της διδακτορικής διατριβής και συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της.

Θερμά ευχαριστώ τον Κ. Σταμάτη για την τεχνική υποστήριξη και τη Λέκτορα Θ. Σαραφίδου που μου παρείχε τα ανασυνδιασμένα ένζυμα.

Τέλος, ευχαριστώ από καρδιάς τους γονείς μου, τα αδέρφια μου, τη θεία μου, τη γιαγιά μου και τους φίλους μου στη Λάρισα. Η αγάπη, η εμπιστοσύνη και η ηθική τους υποστήριξη τα τελευταία αυτά τα χρόνια, με βοήθησαν να ανταπεξέλθω όλες τις δυσκολίες τις οποίες αντιμετώπισα.

*Στον Αλί...*



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### Κεφάλαιο 1

#### ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Εξέλιξη των υδατοκαλλιεργειών	1
1.2. Μεσογειακά είδη ιχθύων	3
1.3. Φυσιολογία πέψης μεσογειακών ειδών	5
1.4. Οι διατροφικές ανάγκες των μεσογειακών ιχθύων	12
1.5. Παράγοντες που επηρεάζουν την πέψη	12
1.6. Τα σιτηρέσια	21
1.7. Πρώτες ύλες στα σιτηρέσια	27
1.8. Μέθοδοι υπολογισμού πεπτικότητας	30
1.9 Σκοπός της μελέτης	35

### Κεφάλαιο 2

#### ΑΝΑΠΥΞΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΠΕΠΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΩΝ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ *IN VITRO*

2.1. Εισαγωγή	38
2.2. Υλικά και μέθοδοι	39
2.3. Ανάπτυξη εξίσωσης και στατιστική επεξεργασία	46
2.4. Αποτελέσματα	49
2.4.1. Στατιστική επεξεργασία	53
2.4.2. Ανάπτυξη εξίσωσης	65
2.5. Συζήτηση	95

### Κεφάλαιο 3

#### ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΣΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΣΙΤΗΡΕΣΙΑ

3.1. Εισαγωγή	120
3.2. Υλικά και μέθοδοι	122
3.2.1 Ανάπτυξη εξίσωσης και συσχέτιση των πειραματικών τιμών Της μεταβλητής παράμετρος ΝΤΠ και στατιστική επεξεργασία	124
3.3. Αποτελέσματα	125
3.4. Συζήτηση	134

### Κεφάλαιο 4

#### ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΣΙΤΗΡΕΣΙΩΝ ΜΕ ΑΝΑΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΕΣ ΠΡΩΤΕΑΣΕΣ: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΕΠΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΩΝ

4.1. Εισαγωγή	140
4.2. Υλικά και μέθοδοι	141
4.3. Ανάπτυξη εξίσωσης και στατιστική επεξεργασία	146

4.4. Αποτελέσματα	148
4.5. Συζήτηση	154
<b>Κεφάλαιο 5</b>	
Συμπεράσματα	159
Βιβλιογραφία	161

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

- Πίνακας 1.1.** (Σελ.8) Γενικά χαρακτηριστικά των κυριότερων πεπτικών ενζύμων των ιχθύων.
- Πίνακας 1.2.** (Σελ.14) Σύνοψη των γνωστών διατροφικών αναγκών του λαβρακιού.
- Πίνακας 1.3.** (Σελ.15) Σύνοψη των γνωστών διατροφικών αναγκών της τσιπούρας.
- Πίνακας 2.1.** (Σελ.41) Εκατοστιαία σύνθεση και ολική σύσταση του πειραματικού σιτηρεσίου λαβρακιού CB.
- Πίνακας 2.2.** (Σελ.46) Εκατοστιαία σύνθεση, και ολική σύσταση πειραματικών σιτηρεσίων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την εκτροφή λαβρακιών.
- Πίνακας 2.3.** (Σελ.54) Συγκρίσεις ζευγών χρησιμοποιώντας το κριτήριο LSD (*συγκέντρωση σιτηρεσίου, αυτοϋδρόλυση*).
- Πίνακας 2.4.** (Σελ.54) Ανάλυση διασποράς με δύο παράγοντες σε διάστημα εμπιστοσύνης 95% (*pH, αυτοϋδρόλυση*).
- Πίνακας 2.5.** (Σελ.55) Συγκρίσεις ζευγών χρησιμοποιώντας το κριτήριο LSD (*pH, αυτοϋδρόλυση*).
- Πίνακας 2.6.** (Σελ.56) Ανάλυση διασποράς με δύο παράγοντες της θερμοκρασίας σε επίπεδο σημαντικότητας (95%) (*θερμοκρασία, αυτοϋδρόλυση*).
- Πίνακας 2.7.** (Σελ.56) Συγκρίσεις ζευγών χρησιμοποιώντας το κριτήριο LSD (*θερμοκρασία, αυτοϋδρόλυση*).
- Πίνακας 2.8.** (Σελ.57) Ανάλυση διακύμανσης με δύο παράγοντες του ποσοστού της αλατότητας σε διάστημα εμπιστοσύνης 95% (*αλατότητα, αυτοϋδρόλυση*).
- Πίνακας 2.9.** (Σελ.57) Συγκρίσεις ζευγών χρησιμοποιώντας το κριτήριο LSD (*αλατότητα, αυτοϋδρόλυση*).
- Πίνακας 2.10.** (Σελ.59) Συγκρίσεις ζευγών χρησιμοποιώντας το κριτήριο LSD (*συγκέντρωση σιτηρεσίου, ενζυμική υδρόλυση*).
- Πίνακας 2.11.** (Σελ.60) Ανάλυση διακύμανσης με δύο παράγοντες σε διάστημα εμπιστοσύνης 95% (*pH, ενζυμική υδρόλυση*).
- Πίνακας 2.12.** (Σελ.61) Συγκρίσεις ζευγών χρησιμοποιώντας το κριτήριο LSD (*pH, ενζυμική υδρόλυση*).
- Πίνακας 2.13.:** (Σελ.62) Ανάλυση διασποράς με δυο παράγοντες σε επίπεδο σημαντικότητας 95% (*θερμοκρασία, ενζυμική υδρόλυση*).
- Πίνακας 2.14.** (Σελ.62) Συγκρίσεις ζευγών χρησιμοποιώντας το κριτήριο LSD (*θερμοκρασία, ενζυμική υδρόλυση*).
- Πίνακας 2.15.** (Σελ.63) Ανάλυση διασποράς με δύο παράγοντες σε διάστημα εμπιστοσύνης 95% (*αλατότητα, ενζυμική υδρόλυση*).
- Πίνακας 2.16.** (Σελ.63) Συγκρίσεις ζευγών χρησιμοποιώντας το κριτήριο LSD (*αλατότητα, ενζυμική υδρόλυση*).
- Πίνακας 2.17.** (Σελ.68) Τα χαρακτηριστικά της εξίσωσης δεύτερης τάξης (*pH, αυτοϋδρόλυση*).
- Πίνακας 2.18.** (Σελ.69) Τα χαρακτηριστικά της εξίσωσης τρίτης τάξης (*θερμοκρασία, αυτοϋδρόλυση*).
- Πίνακας 2.19.** (Σελ.72) Τα χαρακτηριστικά της εξίσωσης τέταρτης τάξης σύμφωνα με την τελευταία προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων αυτοϋδρολύσεων (*αλατότητα, αυτοϋδρόλυση*).
- Πίνακας 2.20.** (Σελ.73) Ποιοί από τους διάφορους παράγοντες επηρεάζουν το βαθμό αυτοϋδρόλυσης περισσότερο ( $\Delta f(x)$ ,  $\Delta f(pH)$ ,  $\Delta f(T^{\circ}C)$ ,  $\Delta f(S\%)$ ).
- Πίνακας 2.21.** (Σελ.76) Χαρακτηριστικά της εξίσωσης δεύτερης τάξης (*pH, ενζυμική υδρόλυση*).
- Πίνακας 2.22.** (Σελ.78) Τα χαρακτηριστικά της εξίσωσης τρίτης τάξης (*θερμοκρασία, ενζυμική υδρόλυση*).

**Πίνακας 2.23.** (Σελ.81) Τα χαρακτηριστικά των εξισώσεων τέταρτης τάξης (αλατότητα, ενζυμική υδρόλυση).

**Πίνακας 2.24.** (Σελ.85) Οι δραστηριότητες των διάφορων πεπτικών ενζύμων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν κατά την ενζυμική υδρόλυση των διατροφικών πρωτεϊνών του σιτηρεσίου CB.

**Πίνακας 2.25.** (Σελ.88) Τα χαρακτηριστικά της εξίσωσης ένατης τάξης.

**Πίνακας 2.26.** (Σελ.89) Ποιοί από τους διάφορους παράγοντες επηρεάζουν το βαθμό ενζυμικής υδρόλυσης περισσότερο ( $\Delta f(x)$ ,  $\Delta f(pH)$ ,  $\Delta f(T^\circ C)$ ,  $\Delta f(S\%)$ ,  $\Delta f(E)$ ,  $\Delta f(P)$ ).

**Πίνακας 2.27.** (Σελ.89) Ποιός βαθμός, της ενζυμικής υδρόλυσης (a) ή της αυτοϋδρόλυσης (b) επηρεάζεται περισσότερο από τους διάφορους παράγοντες και με ποία σειρά ( $(\Delta f(x_a) - \Delta f(x_b))$ ,  $(\Delta f(pH_a) - \Delta f(pH_b))$ ,  $(\Delta f(T^\circ C_a) - \Delta f(T^\circ C_b))$ ,  $(\Delta f(S\%_a) - \Delta f(S\%_b))$ ).

**Πίνακας 2.28.** (Σελ.90) Βαθμοί αυτοϋδρόλυσης και προβλεπόμενοι βαθμοί αυτοϋδρόλυσης σε διάφορες συνθήκες (pH και θερμοκρασία).

**Πίνακας 2.29.** (Σελ.91) Βαθμοί αυτοϋδρόλυσης και προβλεπόμενοι βαθμοί αυτοϋδρόλυσης σε διάφορες συνθήκες (Αλατότητα).

**Πίνακας 2.30.** (Σελ.91) Βαθμοί ενζυμικής υδρόλυσης και προβλεπόμενοι βαθμοί ενζυμικής υδρόλυσης σε διάφορες συνθήκες (pH).

**Πίνακας 2.31.** (Σελ.92) Βαθμοί ενζυμικής υδρόλυσης και προβλεπόμενοι βαθμοί ενζυμικής υδρόλυσης σε διάφορες συνθήκες (pH, θερμοκρασία, αλατότητα).

**Πίνακας 2.32.** (Σελ.93) Βαθμοί ενζυμικής υδρόλυσης και προβλεπόμενοι βαθμοί ενζυμικής υδρόλυσης σε διάφορες συνθήκες (Ενζυμικό προφίλ).

**Πίνακας 2.33.** (Σελ.94) Βαθμοί ενζυμικής υδρόλυσης και προβλεπόμενοι βαθμοί ενζυμικής υδρόλυσης σε διάφορες συνθήκες (όξινης προ-πέψης).

**Πίνακας 3.1.** (Σελ.123) Σύνθεση και ποσοστιαία σύσταση (%) των πειραματικών σιτηρεσίων σε άτομα τσιπούρας.

**Πίνακας 3.2.** (Σελ.124) (%) Σχετικοί δείκτες πεπτικότητας πρωτεϊνών των πειραματικών σιτηρεσίων.

**Πίνακας 3.3.** (Σελ.125) Ανάλυση διασποράς με δύο παράγοντες σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

**Πίνακας 3.4.** (Σελ.125) Συγκρίσεις ζευγών χρησιμοποιώντας το κριτήριο LSD

**Πίνακας 3.5.** (Σελ.127) Τα χαρακτηριστικά της εξίσωσης της μεταβλητής παραμέτρου ΝΤΠ κατά την αυτοϋδρόλυση. Με αστερίσκο σημαίνονται οι επιτυχείς εξετάσεις επαλήθευσης

**Πίνακας 3.6.** (Σελ.127) Τα χαρακτηριστικά της εξίσωσης της μεταβλητής παραμέτρου ΝΤΠ κατά την ενζυμική υδρόλυση.

**Πίνακας 4.1.** (Σελ.149) Τα χαρακτηριστικά της εξίσωσης της μεταβλητής παραμέτρου Ν ανασυνδυασμένων ενζύμων.

**Πίνακας 4.1.** (Σελ.140) Τα αποτελέσματα βασικών βιολογικών παραμέτρων του πειράματος *in vivo* με χρήση του σιτηρεσίου, μάρτυρας C, και του σιτηρεσίου με ανασυνδυασμένα ένζυμα E

**Πίνακας 4.2.** (Σελ.150) Συγκρίσεις ζευγών χρησιμοποιώντας το κριτήριο LSD.

**Πίνακας 4.3.** (Σελ.151) Ανάλυση t-test για τις βιολογικές παραμέτρους των ιχθύων κατά την διάρκεια του πειράματος

**Πίνακας 4.4.** (Σελ.152) Τα χαρακτηριστικά της εξίσωσης με χρήση ανασυνδυασμένων ενζύμων πρωτεασών.

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

**Εικόνα 1.1.** (Σελ.2) Παραγωγή λαβρακιού σε τόνους από μεσογειακές χώρες ανά αλατότητα.

**Εικόνα 1.2.** (Σελ.2) Παραγωγή λαβρακιού σε τόνους από μεσογειακές χώρες ανά ήπειρο.

**Εικόνα 1.3.** (Σελ.3) Λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*).

**Εικόνα 1.4.** (Σελ.4) Τσιπούρα (*Sparus aurata*).

**Εικόνα 1.5.** (Σελ.10) Η πέψη των διατροφικών πρωτεϊνών στους ιχθύες ακολουθεί πολλές οδούς ενδοκυτταρικά και εξωκυτταρικά.

**Εικόνα 2.1.** (Σελ.41) Σχηματική αναπαράσταση του συστήματος pH-stat.

**Εικόνα 2.2.** (Σελ.41) Φωτογραφία του συστήματος pH-stat.

**Εικόνα 2.3.** (Σελ.53) Βαθμοί αυτοϋδρόλυσης των διατροφικών πρωτεϊνών σε σχέση με τη συγκέντρωση του σιτηρεσίου (*συγκέντρωση σιτηρεσίου, αυτοϋδρόλυση*).

**Εικόνα 2.4.** (Σελ.55) Βαθμοί αυτοϋδρόλυσης των διατροφικών πρωτεϊνών στα διάφορα επίπεδα pH σε σχέση με την συγκέντρωση του σιτηρεσίου (*pH, αυτοϋδρόλυση*).

**Εικόνα 2.5.** (Σελ.56) Βαθμοί αυτοϋδρόλυσεων των διατροφικών πρωτεϊνών στις διάφορες θερμοκρασίες σε σχέση με τη συγκέντρωση του σιτηρεσίου (*θερμοκρασία, αυτοϋδρόλυση*).

**Εικόνα 2.6.** (Σελ.58) Βαθμοί αυτοϋδρόλυσεων των διατροφικών πρωτεϊνών σε διαφορετικά ποσοστά αλατότητας σε σχέση με τη συγκέντρωση του σιτηρεσίου (*αλατότητα, αυτοϋδρόλυση*).

**Εικόνα 2.7.** (Σελ.60) Βαθμοί ενζυμικής υδρόλυσης των διατροφικών πρωτεϊνών σε σχέση με την αναλογία της συγκέντρωσης του σιτηρεσίου / U ενζυμικής δραστηριότητας (*συγκέντρωση σιτηρεσίου, ενζυμική υδρόλυση*).

**Εικόνα 2.8.** (Σελ.61) Βαθμοί ενζυμικής υδρόλυσης των διατροφικών πρωτεϊνών στα διάφορα επίπεδα pH σε σχέση με την αναλογία συγκέντρωσης του σιτηρεσίου / U αλκαλικών πρωτεασών LSD (*pH, ενζυμική υδρόλυση*).

**Εικόνα 2.9.** (Σελ.62) Βαθμοί ενζυμικής υδρόλυσης των διατροφικών πρωτεϊνών των σιτηρεσίων στις διάφορες θερμοκρασίες σε σχέση με την συγκέντρωση του σιτηρεσίου (*θερμοκρασία, ενζυμική υδρόλυση*).

**Εικόνα 2.10.** (Σελ.64) Βαθμοί ενζυμικής υδρόλυσης των διατροφικών πρωτεϊνών των σιτηρεσίων στα διάφορα ποσοστά αλατότητας σε σχέση με την συγκέντρωση του σιτηρεσίου (*αλατότητα, ενζυμική υδρόλυση*).

**Εικόνα 2.11.** (Σελ.66) Μη γραμμική συσχέτιση της εξίσωσης πρώτης τάξης του βαθμού αυτοϋδρόλυσης του σιτηρεσίου σε διαφορετικές συνθήκες με τη συγκέντρωση του σιτηρεσίου (*συγκέντρωση σιτηρεσίου, αυτοϋδρόλυση*).

**Εικόνα 2.12.** (Σελ.68) Μη γραμμική συσχέτιση της εξίσωσης δεύτερης τάξης του βαθμού αυτοϋδρόλυσης του σιτηρεσίου CB σε διάφορα επίπεδα pH με τη συγκέντρωση του σιτηρεσίου (*pH, αυτοϋδρόλυση*).

**Εικόνα 2.13.** (Σελ.70) Μη γραμμική συσχέτιση της εξίσωσης τρίτης τάξης του βαθμού αυτοϋδρόλυσης των διατροφικών πρωτεϊνών στις διάφορες θερμοκρασίες με τη συγκέντρωση του σιτηρεσίου όταν το pH = 8 (*θερμοκρασία, αυτοϋδρόλυση*).

**Εικόνα 2.14.** (Σελ.73) Μη γραμμική συσχέτιση της εξίσωσης τέταρτης τάξης των βαθμών αυτοϋδρόλυσεων των διατροφικών πρωτεϊνών στα διάφορα ποσοστά αλατότητας με τη συγκέντρωση του σιτηρεσίου όταν το pH = 8 και η θερμοκρασία = 25°C (*αλατότητα, αυτοϋδρόλυση*).

**Εικόνα 2.15.** (Σελ.75) Μη γραμμικές συσχετίσεις της εξίσωσης πρώτης τάξης των βαθμών αυτοϋδρόλυσης και υδρόλυσης των διατροφικών πρωτεϊνών σε αυξανόμενη συγκέντρωση του σιτηρεσίου (*συγκέντρωση σιτηρεσίου, ενζυμική υδρόλυση*).

**Εικόνα 2.16.** (Σελ.77) Μη γραμμικές συσχετίσεις της εξίσωσης δεύτερης τάξης των βαθμών ενζυμικής υδρόλυσης των διατροφικών πρωτεϊνών των σιτηρεσίων στα διάφορα επίπεδα pH με τη συγκέντρωση του σιτηρεσίου (*pH, ενζυμική υδρόλυση*).

**Εικόνα 2.17.** (Σελ.79) Μη γραμμικές συσχετίσεις της εξίσωσης τρίτης τάξης των βαθμών ενζυμικής υδρόλυσης των διατροφικών πρωτεϊνών των σιτηρεσίων στις διάφορες θερμοκρασίες με τη συγκέντρωση του σιτηρεσίου (*θερμοκρασία, ενζυμική υδρόλυση*).

**Εικόνα 2.18.** (Σελ.80) Μη γραμμικές συσχετίσεις της εξίσωσης τέταρτης τάξης των βαθμών ενζυμικής υδρόλυσης των διατροφικών πρωτεϊνών των σιτηρεσίων στα διάφορα ποσοστά αλατότητας με τη συγκέντρωση του σιτηρεσίου όταν  $pH=8$  και θερμοκρασία =  $25^{\circ}C$  (αλατότητα, ενζυμική υδρόλυση).

**Εικόνα 2.19.** (Σελ.85) Μη γραμμικές συσχετίσεις της εξίσωσης όγδοης τάξης του βαθμού ενζυμικής υδρόλυσης των διατροφικών πρωτεϊνών σε σχέση με τη συγκέντρωση του σιτηρεσίου από διαφορετικά εκχυλίσματα πεπτικών πρωτεασών.

**Εικόνα 2.20.** (Σελ.89) Μη γραμμικές συσχετίσεις της εξίσωσης ένατης τάξης των βαθμών ενζυμικής υδρόλυσης των διατροφικών πρωτεϊνών σε σχέση με τη συγκέντρωση του σιτηρεσίου που έχουν υποστεί όξινη προ-πέψη σε διαφορετικά  $pH$ .

**Εικόνα 3.1.** (Σελ.128) Μη γραμμικές συσχετίσεις της εξίσωσης των βαθμών αυτουδρόλυσης και ενζυμικής υδρόλυσης των διατροφικών πρωτεϊνών σε αυξανόμενη συγκέντρωση του σιτηρεσίου CA.

**Εικόνα 3.2.** (Σελ.128) Μη γραμμικές συσχετίσεις της εξίσωσης των βαθμών αυτουδρόλυσης και ενζυμικής υδρόλυσης των διατροφικών πρωτεϊνών σε αυξανόμενη συγκέντρωση του σιτηρεσίου CB.

**Εικόνα 3.3.** (Σελ.129) Μη γραμμικές συσχετίσεις της εξίσωσης των βαθμών αυτουδρόλυσης και ενζυμικής υδρόλυσης των διατροφικών πρωτεϊνών σε αυξανόμενη συγκέντρωση του σιτηρεσίου ChP.

**Εικόνα 3.4.** (Σελ.129) Μη γραμμικές συσχετίσεις της εξίσωσης των βαθμών αυτουδρόλυσης και ενζυμικής υδρόλυσης των διατροφικών πρωτεϊνών σε αυξανόμενη συγκέντρωση του σιτηρεσίου ChPx.

**Εικόνα 3.5.** (Σελ.130) Μη γραμμικές συσχετίσεις της εξίσωσης των βαθμών αυτουδρόλυσης και ενζυμικής υδρόλυσης των διατροφικών πρωτεϊνών σε αυξανόμενη συγκέντρωση του σιτηρεσίου ChPD.

**Εικόνα 3.6.** (Σελ.130) Μη γραμμικές συσχετίσεις της εξίσωσης των βαθμών αυτουδρόλυσης και ενζυμικής υδρόλυσης των διατροφικών πρωτεϊνών σε αυξανόμενη συγκέντρωση του σιτηρεσίου ChPDx.

**Εικόνα 3.7.** (Σελ.131) Μη γραμμικές συσχετίσεις της εξίσωσης των βαθμών αυτουδρόλυσης και ενζυμικής υδρόλυσης των διατροφικών πρωτεϊνών σε αυξανόμενη συγκέντρωση του σιτηρεσίου P.

**Εικόνα 3.8.** (Σελ.131) Μη γραμμικές συσχετίσεις της εξίσωσης των βαθμών αυτουδρόλυσης και ενζυμικής υδρόλυσης των διατροφικών πρωτεϊνών σε αυξανόμενη συγκέντρωση του σιτηρεσίου Px.

**Εικόνα 3.9.** (Σελ.133) Γραμμική συσχέτιση των τιμών της μεταβλητής παραμέτρου N τεχνικών επεξεργασίας οσπρίων και πηγής διατροφικής πρωτεΐνης κατά την αυτουδρόλυση με τους δείκτες πεπτικότητας των πρωτεϊνών *in vivo*.

**Εικόνα 3.10.** (Σελ.133) Γραμμική συσχέτιση των τιμών της μεταβλητής παραμέτρου N τεχνικών επεξεργασίας οσπρίων και πηγής διατροφικής πρωτεΐνης κατά την ενζυμική υδρόλυση με τους δείκτες πεπτικότητας των πρωτεϊνών *in vivo*.

**Εικόνα 4.1.** (Σελ.144) Σύστημα παροχής νερού και οξυγόνου στις πειραματικές δεξαμενές.

**Εικόνα 4.2.** (Σελ.144) Μακρόστενες πειραματικές δεξαμενές μπλέ χρώματος.

**Εικόνα 4.3.** (Σελ.145) Αναμείκτης με στρόβιλο ο οποίος χρησιμοποιήθηκε στην παρασκευή σιτηρεσίου.

**Εικόνα 4.4.** (Σελ.145) Αναμείκτης με στρόβιλο ο οποίος χρησιμοποιήθηκε στην παρασκευή σιτηρεσίου.

**Εικόνα 4.5.** (Σελ.146) Πειραματικά ψάρια τσιπούρας.

**Εικόνα 4.6.** (Σελ.149) Μη γραμμικές συσχετίσεις των εξισώσεων N ανασυνδυασμένων ενζύμων των βαθμών υδρόλυσεων των διατροφικών πρωτεϊνών του σιτηρεσίου CB με τις συγκεντρώσεις του σιτηρεσίου.

**Εικόνα 4.7.** (Σελ.151) Μέσος όρος βάρους των ιχθύων ανά ημέρα ζυγίσματος

**Εικόνα 4.8.** (Σελ.153) Μη γραμμικές συσχετίσεις της εξίσωσης των διαφόρων βαθμών υδρόλυσης των παρασκευασμένων σιτηρεσίων C και E σε σχέση με τις συγκεντρώσεις του σιτηρεσίου / U πρωτεάσες.