

Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης,
Σχολή ΣΤΕΤρο-Δ, Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επίδραση της Κατάψυξης στα Ποιοτικά Χαρακτηριστικά
Τηγανισμένης σε ελαιόλαδο και ηλιέλαιο Κουτσομούρας (*Mullus
barbatus*) και Ψημένης Τσιπούρας (*Sparus aurata*).

Βιάτκινα Λίλια
Μεϊμάρογλου Βαρβάρα

Επιβλέπων
Ζώτος Αναστάσιος

Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, Σχολή ΣΤΕΤρο-Δ, Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων

Βιάτκινα Λίλια και Μειμάρογλου Βαρβάρα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία ερευνήθηκε η επίδραση του χρόνου κατάψυξης στο τηγάνισμα σε ελαιόλαδο και ηλιέλαιο κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) και στο ψήσιμο φιλέτων τσιπούρας υδατοκαλλιέργειας (*Sparus aurata*). Μελετήθηκαν οι μεταβολές στη μέση σύσταση (υγρασία, πρωτεΐνες, λίπος και τέφρα), στην κατανομή των λιπαρών οξέων και στην περιεκτικότητα σε στεροειδή τόσο στα κατεψυγμένα δείγματα όσο και στα επεξεργασμένα δείγματα αμφότερων των ειδών.

Κατά τη διάρκεια της κατάψυξης δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στη μέση σύσταση κουτσομούρας, αντίθετα στα φιλέτα τσιπούρας παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της υγρασίας και τέφρας η οποία συνοδεύτηκε από σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας σε λίπος. Οι μεταβολές αυτές ήταν εντονότερες στα δείγματα τσιπούρας που παρέμειναν στην κατάψυξη για 3 μήνες. Κατά το τηγάνισμα των δειγμάτων σε ελαιόλαδο όλα τα συστατικά παρουσίασαν γραμμικές μεταβολές, ανάλογες ήταν και οι μεταβολές που παρατηρήθηκαν στα δείγματα κουτσομούρας που τηγανίστηκαν σε ηλιέλαιο. Σημαντικότερες ήταν οι μεταβολές που παρατηρήθηκαν στα δείγματα που παρέμειναν στην κατάψυξη για 3 μήνες. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η συντομότερη κατάψυξη καθώς και επεξεργασία τηγανίσματος οδηγεί σε ποιοτικότερα προϊόντα. Κατά το ψήσιμο των φιλέτων τσιπούρας παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της υγρασίας, ιδιαίτερα στα δείγματα που παρέμειναν στην κατάψυξη για 3 μήνες και στη συνέχεια τηγανίστηκαν, η οποία ακολουθήθηκε από αύξηση των λοιπών συστατικών και μάλιστα σε κάποιες περιπτώσεις οι μεταβολές ήταν γραμμικές. Επιβεβαιώνεται έτσι ότι η συντομότερη κατάψυξη ακολουθούμενη από ανάλογη επεξεργασία ψησίματος οδηγούν σε ποιοτικότερα προϊόντα.

Σημαντική μείωση των C22:6ω-3 (DHA) και C20:5ω-3 (EPA) παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια της κατάψυξης της κουτσομούρας δείχνοντας σημαντική οξειδωση, η οποία επιβεβαιώθηκε από την μείωση του δείκτη C22:6ω-3/C16:0 κατά 46,9% στα δείγματα που παρέμειναν στην κατάψυξη για 3 μήνες. Η οξειδωση επίσης περαιτέρω επιβεβαιώθηκε μέσω του δείκτη C22:5ω-3/C16:0 ο οποίος μειώθηκε κατά 55%. Ηπιότερη ήταν η οξειδωση που παρατηρήθηκε κατά την κατάψυξη στα φιλέτα τσιπούρας, με τους ανωτέρω δείκτες να μειώνονται κατά 34,6 και 26% αντίστοιχα.

Σημαντική ήταν η μείωση των DHA και EPA των κατεψυγμένων δειγμάτων της κουτσομούρας τόσο κατά το τηγάνισμα σε ελαιόλαδο όσο και σε ηλιέλαιο με αντίστοιχη σημαντική αύξηση του C18:1ω-9 και C18:2ω-6. Η μεταβολή αυτή οδήγησε σε σημαντική μείωση του λόγου ω3/ω6 και ιδιαίτερα στα δείγματα κουτσομούρας που τηγανίστηκαν σε ηλιέλαιο. Έτσι η κατανομή των λιπαρών οξέων των τηγανισμένων δειγμάτων κουτσομούρας σε ηλιέλαιο και ιδιαίτερα αυτών που παρέμειναν στην κατάψυξη για 3 μήνες προσέγγισε περισσότερο την κατανομή λιπαρών οξέων φυτικών τροφίμων παρά αλιευμάτων. Ανάλογα σημαντική ήταν και η μείωση των DHA και EPA των κατεψυγμένων δειγμάτων των φιλέτων τσιπούρας κατά το ψήσιμό τους. Υψηλή περιεκτικότητα σε C18:2ω-6 παρατηρήθηκε στα φιλέτα τσιπούρας, δείχνοντας διατροφή πλούσια σε φυτικά λάδια. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές του λόγου ω3/ω6 κατά το ψήσιμο των φιλέτων τσιπούρας ακόμη και στα δείγματα που παρέμειναν στην κατάψυξη για 3 μήνες, ωστόσο ο λόγος ανιχνεύτηκε σε ασυνήθιστα χαμηλά επίπεδα λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε C18:2ω-6.

Μείωση της περιεκτικότητας σε χοληστερόλη παρατηρήθηκε στα δείγματα κουτσομούρας τόσο κατά τη διάρκεια της κατάψυξης όσο και κατά το τηγάνισμα, ενώ ιδιαίτερα σημαντική ήταν η αύξηση του σκουαλενίου ιδιαίτερα στα δείγματα που τηγανίστηκαν σε ελαιόλαδο. Η χοληστερόλη στα φιλέτα τσιπούρας ανιχνεύτηκε σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα, πιθανώς λόγω της διατροφής με φυτικά λάδια των δειγμάτων. Κατά το ψήσιμο παρατηρήθηκε τόσο αύξηση στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη όσο και σε σκουαλένιο πιθανώς λόγω της μείωσης της υγρασίας κατά το ψήσιμο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	3
2.1 Γενικά χαρακτηριστικά πρώτης ύλης	3
2.1.1 Κουτσομούρα(Mullus barbatus).....	3
2.1.1.1. Χαρακτηριστικά της οικογένειας Mullidae.....	3
2.1.1.2 Εμπορική αξία - Αλιεία.....	4
2.1.2 Τσιπούρα (<i>Sparus aurata</i>).....	4
2.1.2.1 Χαρακτηριστικά της οικογένειας Sparidae.....	4
2.1.2.2. Εμπορική αξία - Αλιεία.....	5
2.2 Μεταβολές αλιευμάτων κατά την κατάψυξη	5
2.3 Επεξεργασία τηγανίσματος – ψησίματος	6
2.3.1 Γενικά.....	6
2.3.2 Μηχανισμός τηγανίσματος.....	6
2.3.3. Μέθοδοι τηγανίσματος.....	7
2.4 Μεταβολές των αλιευμάτων κατά τη διάρκεια τηγανίσματος και ψησίματος	7
2.4.1 Πρόσληψη λίπους και απώλεια ύδατος.....	7
2.4.2 Τέφρα.....	8
2.4.3 Πρωτεΐνες.....	9
2.4.4 Λιπαρά οξέα.....	9
2.4.5 Χοληστερόλη.....	9
2.4.6 Σκουαλένιο.....	10
2.5 Έλεγχος παρατηρούμενων μεταβολών κατά τις επεξεργασίες	10
2.5.1 Έλεγχος μεταβολών υγρασίας.....	10
2.5.2 Έλεγχος της τέφρας.....	11
2.5.3 Έλεγχος πρωτεϊνικών μεταβολών.....	11
2.5.4 Έλεγχος μεταβολών λιπαρών υλών.....	12
2.5.5 Έλεγχος της χοληστερόλης.....	13
3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	14
4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	15
4.1 Υλικά, όργανα και επεξεργασίες	15
4.1.1 Αλιεύματα.....	15
4.1.2 Αντιδραστήρια.....	15
4.1.3 Όργανα	15
4.1.4 Μεταχείριση δειγμάτων πριν την επεξεργασία.....	16
4.1.5 Τηγάνισμα–Ψήσιμο.....	17
4.2 Μέθοδοι ανάλυσης	17
4.2.1 Προσδιορισμός υγρασίας.....	17
4.2.2 Προσδιορισμός πρωτεϊνών.....	18
4.2.3 Προσδιορισμός ολικού λίπους.....	19
4.2.4 Προσδιορισμός μεθυλεστέρων λιπαρών οξέων.....	20
4.2.5 Προσδιορισμός χοληστερόλης.....	21
4.2.6 Στατιστική ανάλυση.....	22

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ..... 24

5.1 Επίδραση του χρόνου κατάψυξης στη μέση σύσταση κουτσομούρας (*Mullus barbatus*)..... 24

- 5.1.1 Επίδραση του χρόνου κατάψυξης στη μέση σύσταση της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) κατά το τηγάνισμα σε ελαιόλαδο.....25
- 5.1.2 Επίδραση του χρόνου κατάψυξης στη μέση σύσταση της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) κατά το τηγάνισμα σε ηλιέλαιο..... 30
- 5.1.3 Επίδραση της κατάψυξης στα δείγματα φιλέτων τσιπούρας (*Sparus aurata*)..... 34
- 5.1.4 Επίδραση του ψήσματος σε 4 διαφορετικούς χρόνους στη μέση σύσταση νωπής τσιπούρας (*Sparus aurata*)..... 35
- 5.1.5 Επίδραση ενός (1) μηνός κατάψυξης στη μέση σύσταση ψημένων σε 4 διαφορετικούς χρόνους φιλέτων τσιπούρας (*Sparus aurata*)..... 38
- 5.1.6 Επίδραση δύο (2) μηνών κατάψυξης στη μέση σύσταση ψημένων σε 4 διαφορετικούς χρόνους φιλέτων τσιπούρας (*Sparus aurata*)..... 41
- 5.1.7 Επίδραση τριών (3) μηνών κατάψυξης στη μέση σύσταση ψημένων σε 4 διαφορετικούς χρόνους φιλέτων τσιπούρας (*Sparus aurata*)..... 43

5.2 Επίδραση της κατάψυξης στην κατανομή λιπαρών οξέων τηγανισμένης κουτσομούρας και ψητών φιλέτων τσιπούρας 46

- 5.2.1 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) στο λίπος νωπής και κατεψυγμένης κουτσομούρας (*Mullus barbatus*).....46
- 5.2.2 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) κατά το τηγάνισμα σε ελαιόλαδο..... 49
- 5.2.3 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων του ελαιολάδου κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος..... 52
- 5.2.4 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων της κουτσομούρας(*Mullus barbatus*) κατά το τηγάνισμα σε ηλιέλαιο..... 53
- 5.2.5 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων του ηλιέλαιου κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος..... 55

5.3 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων(%) στο λίπος νωπής και κατεψυγμένης τσιπούρας ιχθυοτροφείου.....57

- 5.3.1 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων νωπής τσιπούρας (*Sparus aurata*) κατά το ψήσιμο..... 59
- 5.3.2 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων της τσιπούρας (*Sparus aurata*) μετά από κατάψυξη 1 μήνα κατά το ψήσιμο..... 60
- 5.3.3 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων της τσιπούρας (*Sparus aurata*) μετά από κατάψυξη 2 μηνών κατά το ψήσιμο..... 62
- 5.3.4 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων της τσιπούρας (*Sparus aurata*) μετά από κατάψυξη 3 μηνών κατά το ψήσιμο..... 64

5.4 Μεταβολές στην περιεκτικότητα της χοληστερόλης των αλιευμάτων και των μαγειρικών λαδιών κατά τις επεξεργασίες 66

- 5.4.1 Μεταβολές στην περιεκτικότητα της χοληστερόλης της νωπής και κατεψυγμένης κουτσομούρας (*Mullus barbatus*).....66
- 5.4.2 Μεταβολές στην περιεκτικότητα της χοληστερόλης της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) και του ελαιολάδου κατά το τηγάνισμα σε ελαιόλαδο.....67
- 5.4.3 Μεταβολές στην περιεκτικότητα της χοληστερόλης της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) και του ηλιέλαιου κατά το τηγάνισμα σε ηλιέλαιο.....69
- 5.4.4 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη, σκουάλενιο, βενζοϊκή και οξική χοληστερόλη της τσιπούρας (*Sparus aurata*) σε με επεξεργασμένα δείγματα και κατά το ψήσιμο.....71
- 5.4.5 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη, σκουάλενιο, βενζοϊκή και οξική χοληστερόλη της κατεψυγμένης για 1 μήνα τσιπούρας (*Sparus aurata*) και κατά το ψήσιμο..... 72

5.4.6 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη, σκουάλενιο, βενζοϊκή και οξική χοληστερόλη της κατεψυγμένης για 2 μήνες τσιπούρας (*Sparus aurata*) και κατά το ψήσιμο.....73

5.4.7 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη, σκουάλενιο, βενζοϊκή και οξική χοληστερόλη της κατεψυγμένης για 3 μήνες τσιπούρας (*Sparus aurata*) και κατά το ψήσιμο.....74

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 75

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 76

1. Εισαγωγή

Με τον όρο «αλιεύματα» εννοούμε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς της θάλασσας, των λιμνών, των ποταμών και των ιχθυοτροφείων, που αποτελούν τροφή για τον άνθρωπο. Τα αλιεύματα αποτελούν κύρια πηγή διατροφής του ανθρώπου λόγω την υψηλής βιολογικής αξίας των πρωτεϊνών τους, της πληθώρας των ιχνοστοιχείων και του υψηλού ποσοστού πολυακόρεστων λιπαρών οξέων που περιέχονται στη σάρκα τους.

Η συντήρηση των αλιευμάτων σε ψύξη και κατάψυξη είναι η πιο σύγχρονες και αποτελεσματικές μέθοδοι για τη διατήρηση της γεύσης αλλά και της διατροφικής αξίας των αλιευμάτων. Κατά τη κατάψυξη των αλιευμάτων μπορεί να παρατηρηθούν μεταβολές που σχετίζονται με την απώλεια οπτού, τον αποχρωματισμό και την οξειδωση του λίπους, που οδηγούν σε απώλεια βάρους καθώς και υποβάθμιση των οργανοληπτικών συστατικών (εμφάνιση, άρωμα) (Belitz et al., 2006).

Το τηγάνισμα είναι μια ευρέως διαδεδομένη μέθοδος παρασκευής τροφίμων η οποία προσδίδει στο τρόφιμο ευχάριστα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά όπως ελκυστικό χρώμα αλλά και τραγανή υφή που το καθιστούν πολύ δημοφιλές στους καταναλωτές. Το τηγάνισμα είναι μια γρήγορη και εύκολη διαδικασία παρασκευής τροφίμων που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία και σε άλλους χώρους μαζικής εστίασης, καθώς επίσης και στην κατ' οίκον προετοιμασία φαγητού. Είναι μια διαδικασία που γίνεται σε καυτό έλαιο, το οποίο υπόκειται σε χημικές και φυσικές μεταβολές, όπου παράγονται πτητικά και μη-πτητικά προϊόντα τα οποία προκαλούν αλλαγές στις λειτουργικές, οργανοληπτικές και διατροφικές ιδιότητες του (Choe and Min, 2007).

Το τηγάνισμα είναι μια μέθοδος μαγειρέματος κατά την οποία επέρχεται ταυτόχρονη μεταφορά θερμότητας και μάζας. Καθώς η θερμότητα μεταφέρεται από το έλαιο στο τρόφιμο η υγρασία στο εσωτερικό του τροφίμου μετατρέπεται σε υδρατμό και εξέρχεται του τροφίμου, ενώ έλαιο απορροφάται από το τρόφιμο (Dobarganes et al., 2000, Gupta,

2005). Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν την μεταφορά μάζας και θερμότητας συμπεριλαμβανομένων των φυσικών και θερμικών ιδιοτήτων του τροφίμου και του ελαίου καθώς επίσης και το σχήμα και μέγεθος του τροφίμου, αλλά και τη θερμοκρασία του ελαίου και το χρόνο τηγανίσματος (Dobarganes et al., 2000, Choe and Min, 2007).

Το είδος το ελαίου τηγανίσματος διαπιστώθηκε επίσης ότι επηρεάζει την απορρόφηση λίπους. Αλιεύματα που τηγανίστηκαν σε ελαιόλαδο παρουσίασαν μεγαλύτερη κατακράτηση λίπους από αντίστοιχα που τηγανίστηκαν σε ηλιέλαιο. Ωστόσο σημαντική είναι η διαφορά που παρατηρήθηκε στη μεταβολή της κατανομής των λιπαρών οξέων με ιδιαίτερες μεταβολές στα μονοακόρεστα και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Παρατηρήθηκε επίσης ότι η χοληστερόλη επί ξηρού μειώνεται κατά το τηγάνισμα (Sanchez – Muniz et al., 1992).

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της κατάψυξης στη μέση σύσταση τηγανισμένης σε διαφορετικούς χρόνους και σε διαφορετικό μέσο τηγανίσματος κουτσομούρας (*Mullus barbatus*). Επίσης, στην κατανομή των λιπαρών οξέων και στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη αφενός στα δείγματα κουτσομούρας και αφετέρου στο μέσο τηγανίσματος.

Μελετήθηκε επιπλέον η επίδραση της κατάψυξης στη μέση σύσταση ψημένων σε διαφορετικούς χρόνους φιλέτων τσιπούρας (*Sparus aurata*) καθώς επίσης στην κατανομή λιπαρών οξέων και στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη.

2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Γενικά χαρακτηριστικά πρώτης ύλης

2.1.1.Κουτσομούρα (*Mullus barbatus*)

Τα είδη του γένους *Mullidae*, είναι από τα πιο διαδεδομένα στο ευρύ κοινό εμπορεύσιμα είδη αλιευμάτων και συναντώνται στις περισσότερες θάλασσες. Η *Mullus barbatus* είναι το είδος κουτσομούρας που συναντάται κατά μήκος των ακτών της Ευρώπης, με μεγάλη συμβολή στην διατροφή και το εμπόριο (Σχήμα 1).



Σχήμα1. Κουτσομούρα (*Mullus barbatus*)

2.1.1.1 Χαρακτηριστικά της οικογένειας *Mullidae*

Η κουτσομούρα ανήκει στην οικογένεια *Mullidae* και συνδέονται εν γένει με τις τροπικές περιοχές. Έχουν ένα μέτριο επίμηκες σώμα, με απότομο ρύγχος και εύκολα αναγνωρίζονται από τα μουστάκια που προεξέχουν από το πηγούνι τους. Έχουν δύο ραχιαία πτερύγια τα οποία απέχουν πολύ μεταξύ τους. Ο χρωματισμός τους ποικίλλει ανάλογα με το βάθος και την ώρα της ημέρας, αλλά γενικά είναι κοκκινωπές με ροζ, ήπια κίτρινες λωρίδες κατά μήκος των πλευρών τους. Το μήκος τους συνήθως φτάνει τα 25-30cm. Η κουτσομούρα ζει σε βυθούς αμμώδεις ή ανάμεικτου τύπου, πλούσιους σε βλάστηση από λίγα εκατοστά μέχρι 50-60 μέτρα βάθος. Σκάβουν το βούρκο με τα μουστάκια τους όπου βρίσκουν σκουλήκια, μαλάκια, μαλακόστρακα (FAO, 2011).

2.1.1.2 Εμπορική αξία – Αλιεία

Η κουτσομούρα αποτελεί ένα από τα πιο εμπορικά είδη στις ελληνικές θάλασσες. Αποτελεί ένα από τα πιο έντονα αλιευμένα βενθοπελαγικά είδη στις ελληνικές θάλασσες λόγω της μεγάλης εμπορικής τους αξίας. Στο Σαρωνικό κόλπο κατέχει μια από τις πρώτες θέσεις στη σειρά συμμετοχής των ειδών αλίευσης των συρόμενων εργαλείων (μηχανοτρατών και βιντζοτρατών) (Βραντζάς et al., 1992)

2.1.2 Τσιπούρα (*Sparus aurata*)

Η κοινή τσιπούρα (*Sparus aurata*) λέγεται αλλιώς και χρυσόφρυς (χρυσοφρύδα), λόγω μιας χρυσής χροιάς λωρίδας που ενώνει την περιοχή μεταξύ των ματιών, ενώ το επιστημονικό της όνομα είναι *Sparus aurata* (*Sparus auratus* ή/και *Chrysophris auratus*) (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Τσιπούρα (*Sparus Aurata*)

2.1.2.1 Χαρακτηριστικά της οικογένειας Sparidae

Το σώμα της τσιπούρας είναι μακρύ (μέχρι 70cm) και συμπιεσμένο, η ράχη είναι ψηλή και καμπυλωτή, ενώ ο μίσχος της ουράς είναι λεπτός. Το ραχιαίο πτερύγιο είναι μονοκόμματο, το πρώτο κοιλιακό παράλληλο με το θωρακικό, ενώ η ουρά είναι διχαλωτή (FAO, 2011).

2.1.2.2 Εμπορική αξία – Αλιεία

Στην Ελλάδα συναντάται κυρίως στο Αιγαίο πέλαγος, από το Πόρτο Λάγος μέχρι και τα Δωδεκάνησα. Απαντάται σε κόλπους όπως ο Θερμαϊκός, ο Αμβρακικός, ο Πατραϊκός, Κορινθιακός, καθώς και στον κόλπο της Ηγουμενίτσας και στη λιμνοθάλασσα του Μεσολογγίου.

2.2 Μεταβολές αλιευμάτων κατά την κατάψυξη

Η ψύξη σε πάγο επιβραδύνει το πολλαπλασιασμό των μικροοργανισμών ενώ η κατάψυξη αναστέλλει την ανάπτυξη τους και επιβραδύνει τις χημικές και ενζυμικές αντιδράσεις. Η κατάψυξη θεωρείται ως η αποτελεσματικότερη μέθοδος συντήρησης των αλιευμάτων και των τροφίμων γενικότερα.

Η κατάψυξη των αλιευμάτων όπως και κάθε τροφίμου αποσκοπεί σε πτώση της θερμοκρασίας τους σε σημείο τέτοιο, ώστε να ανασταλούν οι διεργασίες αλλοίωσης που λαμβάνουν χώρα στη σάρκα τους, με τελικό σκοπό όταν τα αλιεύματα αποψυχθούν να μην μπορούν σχεδόν να διακριθούν από τα αντίστοιχα νωπά. Τα αλιεύματα μετά την αλίευση υποβαθμίζονται από δύο αιτίες, την αυτόλυση και την δράση των βακτηρίων. Τα ένζυμα των ζωντανών οργανισμών παραμένουν μεταθανάτια ενεργά και προκαλούν υποβάθμιση της σάρκας μέσω της αυτόλυσης. Η δραστηριότητα των ενζύμων στα θανατωμένα αλιεύματα μπορεί να μειωθεί με μείωση της θερμοκρασίας συντήρησης των αλιευμάτων. Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου συντήρησης των αλιευμάτων είναι πολλά και σημαντικά, γίνονται δε ακόμη σημαντικότερα με τη συνεχή αύξηση των παραγόμενων αλιευμάτων και με την αυξανόμενη ανάγκη για τη μετακίνηση τους. Η κατάψυξη επιτρέπει λοιπόν αυτό το πολύτιμο τρόφιμο, με τις ευεργετικές του λιπαρές ύλες και τις υψηλής βιολογικής αξίας πρωτεΐνες, να μπορεί να διακινηθεί στο σημερινό τεράστιο εμπόριο (Ζώτος, 2007).

Οι πρωτεΐνες στην αρχική φυσική τους κατάσταση διαθέτουν σημαντικό ποσοστό υδρόφιλων μορίων στην επιφάνειά τους, μετά τη

διάσπαση των ανωτέρω δεσμών και την αναδίπλωση των πρωτεϊνικών μορίων (μετουσίωση) τα υδρόφοβα μόρια επικρατούν στην επιφάνεια με αποτέλεσμα τη σημαντική απώλεια της ικανότητας συγκράτησης των μορίων νερού (Zotos et al., 1995).

2.3 Επεξεργασία τηγανίσματος – ψησίματος

2.3.1 Γενικά

Το μαγείρεμα αποτελεί σημαντική θερμική επεξεργασία κατά την προετοιμασία του φαγητού από αρχαιοτάτων χρόνων. Τεχνολογικά ορίζεται ως μια θερμική επεξεργασία που σκοπό έχει:

- Να γίνει το τρόφιμο πιο ασφαλές προς βρώση, γιατί εξουδετερώνει τους παθογόνους μικροοργανισμούς που προκαλούν ασθένειες
- Να διαμορφωθούν στο τρόφιμο τα επιθυμητά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (χρώμα, οσμή, γεύση και υφή)
- Να γίνει το τρόφιμο πιο εύπεπτο από την μετουσίωση και την υδρόλυση των πρωτεϊνών και πολυσακχαριτών
- Να αυξηθεί η διαθεσιμότητα των θρεπτικών ουσιών στον ανθρώπινο οργανισμό (Fritsch, 1981).

2.3.2 Μηχανισμός τηγανίσματος

Τα μοντέλα τηγανίσματος μπορεί να είναι πολύ πολύπλοκα στην κατανόηση τους, καθότι εμπλέκονται σε αυτά ενεργειακές και θερμοδυναμικές παράμετροι, μεταφορά θερμότητας (από το έλαιο στο τρόφιμο) αλλά και μάζας (απορρόφηση ελαίου από το τρόφιμο και μεταφορά υγρασίας από το τρόφιμο στο περιβάλλον έλαιο) (Moreira and Jagoba, 2002). Για την επεξεργασία του τηγανίσματος είναι απαραίτητη η μεταφορά θερμότητας από το υδρόφοβο μέσο (έλαιο) στο πιο υδρόφιλο μέσο (τρόφιμο). Ως αποτέλεσμα το τρόφιμο θερμαίνεται γρήγορα και καλύπτεται με ατμό, όταν το νερό της επιφάνειας του αγγίζει το σημείο ζέσης του. Η θερμοκρασία του ελαίου μειώνεται και του τροφίμου αυξάνεται σταδιακά μέχρις ότου το περιεχόμενο νερό να φτάσει τους 100°C (Stier, 2000).

2.3.3 Μέθοδοι τηγανίσματος

Τα έλαια θερμαίνονται σε υψηλές θερμοκρασίες κατά το ψήσιμο και το τηγάνισμα. Ωστόσο το τηγάνισμα των τροφίμων αποτελεί μια από τις πιο δημοφιλείς διαδικασίες προετοιμασίας φαγητού. Ο ελληνικός όρος <<τηγάνισμα>> περιλαμβάνει δυο διαφορετικά είδη μαγειρικής επεξεργασίας:

- Το τηγάνισμα σε τηγάνι που συνεπάγεται τη χρήση μικρής ποσότητας ελαίου που δεν καλύπτει τελείως το τρόφιμο (pan frying)
- Το τηγάνισμα σε σκεύος που επιτρέπει την πλήρη κάλυψη των τροφίμων από το έλαιο (deep frying) (Mc Savage and Trevisan, 2001).

Ο Bognar (1998) συμπεριλαμβάνει και το ψήσιμο σε φούρνο με ή χωρίς τη χρησιμοποίηση ελαίων ή λίπους, ως μέθοδο τηγανίσματος, κυρίως για πρωτεϊνούχα τρόφιμα.

2.4 Μεταβολές των αλιευμάτων κατά τη διάρκεια τηγανίσματος και ψησίματος

2.4.1 Πρόσληψη λίπους και απώλεια ύδατος

Όταν το τρόφιμο προστίθεται μέσα στο έλαιο τηγανίσματος η θερμοκρασία του ελαίου μειώνεται ενώ παράλληλα μεταφέρεται στο τρόφιμο θερμότητα και απορροφάται από αυτό έλαιο (Fritsch, 1981). Καθώς η θερμότητα μεταφέρεται από το έλαιο προς το τρόφιμο, η υγρασία που περιέχεται στο τρόφιμο μετακινείται από το εσωτερικό προς την επιφάνεια του τροφίμου και η θερμοκρασία του αυξάνεται με αργό ρυθμό παραμένοντας κοντά στους 100°C. Η υγρασία που βρίσκεται στην επιφάνεια του τροφίμου φτάνει στο σημείο βρασμού και εξατμίζεται με αποτέλεσμα το τρόφιμο να καλύπτεται με ατμό (Dobarganes et al., 2000).

Πολλοί ερευνητές επιχείρησαν να εξηγήσουν τον μηχανισμό απορρόφησης λίπους από το τρόφιμο προτείνοντας ότι εξαρτάται από την ποσότητα της υγρασίας που φεύγει από το τρόφιμο και από τον τρόπο με

τον οποίο απομακρύνεται η υγρασία από το τρόφιμο (Kochhar and Gertz, 2004).

Η βασικότερη παράμετρος που επηρεάζει την απώλεια ύδατος και την πρόσληψη λίπους στο τρόφιμο είναι οι συνθήκες τηγανίσματος (Dobarganes et al., 2000). Έχει βρεθεί ότι ανάμεσα στους 150 και 180°C η θερμοκρασία δεν παίζει τόσο σημαντικό ρόλο (Varela, 1983). Γενικά όμως στις υψηλότερες θερμοκρασίες η απορρόφηση λίπους στην επιφάνεια του τροφίμου συμβαίνει σε μικρότερο βαθμό. Αντίθετα η υψηλή απορρόφηση λίπους μπορεί να είναι αποτέλεσμα της χαμηλής θερμοκρασίας τηγανίσματος

Οι απώλειες βάρους που παρατηρούνται κατά το διάστημα της προθέρμανσης είναι ανάλογες με τη θερμοκρασία και το χρόνο παραμονής τους στο νερό και αντιστρόφως ανάλογες του ποσοστού λίπους της σάρκας τους.

Το ψήσιμο των αλιευμάτων γίνεται σε ρεύμα θερμού αέρα ή με υπέρυθρη ακτινοβολία. Αλιεύματα με χαμηλό ποσοστό λίπους ψήνονται σε θερμοκρασίες 110-130°C, ενώ λιπαρά αλιεύματα ψήνονται σε θερμοκρασίες 90-100°C. Κατά τη διάρκεια του ψησίματος το δέρμα τους ξηραίνεται, πτυχώνεται και αποκτούν το τυπικό άρωμα του ψημένου. Η απώλεια βάρους κυμαίνεται από 18% έως 20% και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι η θερμοκρασία και η ταχύτητα του ρεύματος του θερμού αέρα, η σχετική υγρασία του χώρου ψησίματος κτλ (Γεωργάκης et al., 2000).

2.4.2 Τέφρα

Η τέφρα είναι ένα από τα συστατικά των τροφίμων η οποία αποτελείται κυρίως από ανόργανα συστατικά, ανθρακικά και όξινα ανθρακικά άλατα καθώς και μέταλλα. Περιλαμβάνει μεταλλικά άλατα, ιόντα νατρίου (Na^+), καλίου (K^+), ασβεστίου (Ca^{++}) καθώς και ιχνοστοιχεία τα οποία βρίσκονται ως διαλυτά άλατα.

Επίσης μπορεί να περιλαμβάνει τα ακόλουθα οξείδια: Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , MgO , MnO , P_2O_5 , K_2O , SiO_2 , άλατα: Na_2CO_3 , καθώς και όξινα ανθρακικά άλατα $NaHCO_3$ (Τανανάκη, 2006).

2.4.3 Πρωτεΐνες

Η θέρμανση είναι γνωστό ότι προκαλεί σημαντική μετουσίωση των ανώτερων δομών των πρωτεϊνών. Η θερμοκρασία μετουσίωσης των πρωτεϊνών εξαρτάται από το είδος των πρωτεϊνών αλλά και από τις περιβαλλοντικές θερμοκρασίες αλίευσης του αλιεύματος, έτσι οι Aitken & Conell (1979) ανακοίνωσαν ότι οι πρωτεΐνες των αλιευμάτων που ζουν σε χαμηλές περιβαλλοντικές θερμοκρασίες είναι λιγότερο σταθερές από τις πρωτεΐνες αντίστοιχων αλιευμάτων που ζουν σε υψηλότερες θερμοκρασίες.

Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές η μείωση της εκχυλισιμότητας των μυικών πρωτεϊνών αρχίζει από τους $30^{\circ}C$, στους δε $40^{\circ}C$ η εκχυλίσιμη πρωτεΐνη είναι κατά 40% χαμηλότερη, ενώ στους $60-65^{\circ}C$ κατά 90% χαμηλότερη.

2.4.4 Λιπαρά οξέα

Οι μέχρι τώρα μελέτες σχετικά με την επίδραση του τηγανίσματος στη σύσταση του τροφίμου σε λιπαρά οξέα δείχνουν, ότι σε τρόφιμα με υψηλή αρχική περιεκτικότητα σε λίπος δεν παρατηρείται σημαντική μεταβολή στην κατανομή των λιπαρών οξέων επειδή η πρόσληψη λίπους είναι πολύ περιορισμένη ή μη υπάρχουσα (Mai et al., 1978, Gall et al., 1983). Εντούτοις όταν τα τρόφιμα απορροφούν κάποια ποσότητα ελαίου (χαμηλή αρχικά περιεκτικότητα σε λίπος), η κατανομή σε λιπαρά οξέα του λίπους που έχει απορροφηθεί αντανakλά αυτή του τηγανισμένου λαδιού.

2.4.5 Χοληστερόλη

Το ψήσιμο, το τηγάνισμα σε τηγάνι αλλά και σε φριτέζα οδηγεί σε απώλεια της χοληστερόλης στα αλιεύματα χαμηλής περιεκτικότητας σε λίπος (Mai et al., 1978). Ειδικότερα κατά το τηγάνισμα φιλέτων αλιευμάτων σε τηγάνι παρατηρείται μείωση χοληστερόλης κατά 45%, ενώ κατά το

τηγάνισμα φιλέτων αλιευμάτων σε φριτέζα η μείωση κυμαίνεται από 12 έως 46%, πιθανώς λόγω της διαφυγής της στο μέσο τηγανίσματος. Στην περίπτωση των φυτικών τροφίμων που τηγανίζονται σε φυτικά έλαια δεν παρατηρείται καμία μεταβολή στη σύστασή τους σε χοληστερόλη λόγω του ότι η περιεκτικότητα των φυτικών ελαίων σε χοληστερόλη είναι μηδενική. Όταν φυτικά τρόφιμα τηγανίζονται σε ζωικό λίπος η χοληστερόλη παραλαμβάνεται από το προϊόν (Fillion & Henry, 1998).

2.4.6 Σκουαλένιο

Ο βασικότερος υδρογονάνθρακας που περιέχεται στο ελαιόλαδο είναι το σκουαλένιο το οποίο είναι ένα τριτερπένιο (μία συμμετρική ένωση με 30 άτομα άνθρακα που περιέχει 6 ομάδες ισοπρενίου) και είναι ενδιάμεσο της βιοσυνθετικής οδού της χοληστερόλης. Μελέτες αναφέρουν ότι το σκουαλένιο μπορεί να σχετίζεται με τις αντικαρκινικές ιδιότητες του ελαιολάδου και ότι μαζί με το ελαϊκό οξύ και τα φαινολικά συστατικά του ελαιολάδου είναι υπεύθυνο για τις αντιφλεγμονώδεις δράσεις του (Kelly, 1999). Ο Smith (2000) αναφέρει ότι το παρθένο ελαιόλαδο περιέχει 200-700mg σκουαλένιο /100g ελαίου ενώ το ραφιναρισμένο ελαιόλαδο περιέχει 25% λιγότερο σκουαλένιο από το παρθένο.

2.5 Έλεγχος παρατηρούμενων μεταβολών κατά τις επεξεργασίες

2.5.1 Έλεγχος Μεταβολών υγρασίας

Οι μέθοδοι προσδιορισμού της υγρασίας κατατάσσονται σε έμμεσες και άμεσες. Η πιο διαδεδομένη μέθοδος προσδιορισμού υγρασίας ανήκει στις άμεσες μεθόδους και λέγεται ξήρανση σε θάλαμο θερμού αέρα (air oven drying) και χρησιμοποιείται από τα περισσότερα διαπιστευμένα εργαστήρια. Η αρχή αυτής της μεθόδου βασίζεται στην απώλεια βάρους, έτσι τα δείγματα πρέπει να εμφανίζουν θερμική σταθερότητα και να μην περιέχουν μεγάλο ποσοστό πτητικών ουσιών.

Τα στάδια της μεθόδου είναι τα εξής: προετοιμασία του δείγματος, ζύγισμα, ξήρανση ψύξη και ζύγισμα εκ νέου. Σε ότι αφορά τον εξοπλισμό πρέπει να χρησιμοποιούνται αδρανή υλικά για την τοποθέτηση του

δείγματος (π.χ. γυάλινα τρυβλία Petri ή πορσελάνη). Τα μεταλλικά σκεύη δεν συνιστώνται καθώς μπορεί να έχουν διαβρωτική δράση. Η μέθοδος παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία (0,1mg), είναι απλή, ταχεία, ακριβής και ενδείκνυται για μεγάλο αριθμό δειγμάτων (Τανανάκη,2006).

2.5.2 Έλεγχος της τέφρας

Η διαδικασία της ξηρής αποτέφρωσης γίνεται με τη χρήση ηλεκτρικού κλίβανου αποτέφρωσης που μπορεί να διατηρήσει το δείγμα σε θερμοκρασίες μεταξύ 500 και 600°C. Το νερό και άλλα πτητικά συστατικά εξατμίζονται και οι οργανικές ουσίες καίγονται και παραμένουν τα ανόργανα συστατικά.

Το δείγμα των τροφίμων ζυγίζεται πριν και μετά την αποτέφρωση για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε τέφρα.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι μπορούν να αναλύονται ταυτόχρονα πολλά δείγματα, είναι απλή μέθοδος, είναι ασφαλής και δεν απαιτεί επικίνδυνες χημικές ουσίες. Τα μειονεκτήματα είναι ότι η διαδικασία είναι χρονοβόρα (12-24h), οι κλίβανοι αποτέφρωσης είναι αρκετά δαπανηροί γιατί καταναλώνουν αρκετή ηλεκτρική ενέργεια (Τανανάκη, 2006).

2.5.3 Έλεγχος πρωτεϊνικών μεταβολών

Οι μέθοδοι που βρίσκουν εφαρμογή στον προσδιορισμό των πρωτεϊνών στηρίζονται στη μέτρηση συγκεκριμένου στοιχείου (π.χ αζώτου) ή χημικής ομάδας τμήματος (π.χ πεπτιδικός δεσμός, αρωματικά αμινοξέα) που περιλαμβάνουν οι πρωτεΐνες.

Κύρια μέθοδο προσδιορισμού αζωτούχων συστατικών αποτελεί η μέθοδος Kjeldahl (επίσημη μέθοδος προσδιορισμού ολικού οργανικού αζώτου). Βασίζεται στη χώνευση των οργανικών ενώσεων με θειικό οξύ παρουσία καταλύτη και μετατροπή του αζώτου σε αμμωνία (απόσταση σε αλκαλικό περιβάλλον) που προσδιορίζεται τελικά ογκομετρικά.

Χαρακτηριστικά μεθόδου Kjeldahl

Πλεονεκτήματα (+):

- Μέθοδος ευρείας εφαρμογής

- Μέθοδος αναφοράς, απλή και οικονομική
- Αξιοπιστία αποτελεσμάτων
- Δυνατότητα ανάλυσης όλων των τύπων δειγμάτων
- Δυνατότητα προσδιορισμού συγκεντρώσεων πρωτεϊνών της τάξης ακόμη και των mg

Μειονεκτήματα (-):

- Χρονοβόρα ανάλυση όταν δεν υπάρχει αυτοματοποιημένη διάταξη
- Όχι ιδιαίτερα εκλεκτική (προσδιορισμός συνολικών αζωτούχων συστατικών όχι συνόλου πρωτεϊνών).
- Χρήση διαβρωτικών αντιδραστηρίων (απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή!!!)
- Υψηλό κόστος καταλύτη

Άλλες μέθοδοι για τον προσδιορισμό των πρωτεϊνών είναι οι εξής:

Χρωματομετρικές μέθοδοι προσδιορισμού:

- Μέθοδος Φαινόλης (Lowry)
- Μέθοδος διουρίας (Biuret)
- Μέθοδος BCA (BiCinchoninic Acid)
- Φασματομετρία υπεριώδους (UV)
- δέσμευσης χρώματος
- Μέθοδος Bradford (Τανανάκη, 2006).

2.5.4 Έλεγχος μεταβολών λιπαρών υλών

Μία γρήγορη μέθοδος για την εξαγωγή του λίπους προτάθηκε από τους Bligh και Dyer (1959) και Hanson and Olley (1963) και αφορούσε στην απομόνωση του ολικού λίπους από τις μυϊκές ίνες χρησιμοποιώντας για τον διαχωρισμό μίγμα μεθανόλης-χλωροφορμίου–νερού. Κατά τη διαδικασία αυτή το δείγμα ομογενοποιείται σε ένα μίγμα χλωροφορμίου, μεθανόλης, νερού. Η χρησιμοποίηση των ανωτέρω διαλυτών οδηγεί σε διαχωρισμό του μίγματος σε δύο φάσεις, αυτή του χλωροφορμίου που περιέχει όλες τις λιπαρές ουσίες και αυτή της μεθανόλης – νερού από την οποία απομακρύνονται οι λιπαρές ύλες (Manirakiza et al.,2001).

2.5.5 Έλεγχος της χοληστερόλης

Η μέθοδος Kovacs et al. (1979) είναι μια αποδοτική μέθοδος και έχει αναπτυχθεί για τον προσδιορισμό της χοληστερόλης και μερικών φυτικών στερολών. Ο προσδιορισμός περιλαμβάνει την σαπωνοποίηση των δειγμάτων και στη συνέχεια την απομόνωση της χοληστερόλης με εκχύλιση και τον απευθείας προσδιορισμό της με αέρια χρωματογραφία. Είναι γρήγορη μέθοδος και έχει εφαρμοσθεί σε μεγάλη ποικιλία τροφίμων. Η μέθοδος εφαρμόστηκε με μικρές τροποποιήσεις, μετά από πειράματα για την επιλογή των βέλτιστων συνθηκών εκχύλισης και ανάλυσης με αέρια χρωματογραφία.

3 Σκοπός της εργασίας

Ο σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας ήταν η μελέτη:

- της επίδρασης του χρόνου κατάψυξης στη μέση σύσταση τηγανητής κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) σε ελαιόλαδο και ηλιέλαιο.
- της επίδρασης του χρόνου κατάψυξης στη μέση σύσταση ψητής τσιπούρας (*Sparus aurata*) σε διαφορετικούς χρόνους θερμικής επεξεργασίας.
- της επίδρασης του χρόνου κατάψυξης και των διαφορετικών χρόνων επεξεργασίας στην κατανομή των λιπαρών οξέων.
- της επίδρασης του χρόνου κατάψυξης και των διαφορετικών χρόνων επεξεργασίας στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη προσδιοριζόμενη με αέριο χρωματογραφία/φασματομετρία μάζας (GC-MS).

4 Πειραματικό μέρος

4.1 Υλικά, όργανα και επεξεργασίες

4.1.1 Αλιεύματα

Μελετήθηκαν δύο είδη αλιευμάτων: κουτσομούρα (*Mullus barbatus*) και τσιπούρα (*Sparus aurata*). Η προμήθεια της πρώτης ύλης έγινε από τον προμηθευτή του ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης την ημέρα αλίευσης. Τα δείγματα έφτασαν στο ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης σε διάστημα 15 λεπτών και αμέσως μετά την άφιξη τους έγινε εκσπλαχνισμός, και πλύσιμο των δειγμάτων κουτσομούρας, ενώ στα δείγματα τσιπούρας έγινε και φιλετοποίησή τους. Ακολούθησε ζύγιση του 1/4 των δειγμάτων πριν και μετά το στάδιο της επεξεργασίας. Τα υπόλοιπα 3/4 καταψύχθηκαν και οι επεξεργασία τους έγινε ως ακολούθως:

1/4 30 ημέρες μετά την κατάψυξή τους.

1/4 60 ημέρες μετά την κατάψυξή τους.

1/4 90 ημέρες μετά την κατάψυξή τους.

4.1.2 Αντιδραστήρια

Όλα τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη εργασία ήταν αναλυτικής και HPLC καθαρότητας.

Για την ποιοτική ανάλυση των λιπαρών οξέων, χρησιμοποιήθηκε πρότυπο 10 λιπαρών οξέων 100 mg (Supelco, Bellefonte, PA, USA).

Για τον ποιοτικό προσδιορισμό της χοληστερόλης, χρησιμοποιήθηκε πρότυπο χοληστερόλης 10 mg/mL σε χλωροφόρμιο (Supelco, Bellefonte, PA, USA).

4.1.3 Όργανα

- Συσκευή Kjeldahl FOSS τύπου Kjelttec 2200 για το προσδιορισμό των πρωτεϊνών
- Φυγόκεντρος Sorval RC-28S SUPRAspeed με ελεγχόμενη θερμοκρασία, για τον προσδιορισμό του λίπους

- Περιστροφικός συμπυκνωτής τύπου Bychi Re III για την απομάκρυνση του διαλύτη (χλωροφόρμιο) κατά τον προσδιορισμό του λίπους
- Ομογενοποιητής τύπου X620 CAT για την ομογενοποίηση των δειγμάτων για τον προσδιορισμό του λίπους
- Συσκευή θέρμανσης σταθερής θερμοκρασίας Multy-Blok του οίκου LAB-LINE, για την μεθυλεστεροποίηση των λιπαρών οξέων και τον προσδιορισμό της χοληστερόλης
- Αέριος χρωματογράφος Focus GC (Thermo Finnigan, USA), με ανίχνευση ιονισμού φλόγας και αυτόματο δειγματολήπτη.
- Αέριος χρωματογράφος Trace GC Ultra (Thermo Finnigan, USA), με Polaris Q ion trap MS ανιχνευτή και αυτόματο δειγματολήπτη.

4.1.4 Μεταχείριση δειγμάτων πριν την επεξεργασία

Κατά των χειρισμό της πρώτης ύλης τηρήθηκαν οι απαραίτητες συνθήκες υγιεινής. Με την άφιξη των αλιευμάτων στον εργαστηριακό χώρο έγινε μέτρηση του βάρους και του μήκους (Πίνακας 1) και στη συνέχεια αφού τα δείγματα πλύθηκαν για 1 λεπτό κάτω από τη βρύση ακολούθησε η απομάκρυνση των λεπιών, του κεφαλιού, της ουράς, των πτερυγίων, των εντοσθίων και του αίματος. Για το καθάρισμα των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν καθαρά μαχαίρια και νερό πλύσης σε συνθήκες ψύξης. Στη συνέχεια το κάθε δείγμα ομογενοποιήθηκε σε μπλέντερ για απόκτηση αντιπροσωπευτικότερων δειγμάτων. Το ομογενοποιημένο μίγμα χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της μέσης σύστασης (υγρασία, τέφρα, λίπος, πρωτεΐνες), την κατανομή των λιπαρών οξέων και την συγκέντρωση της χοληστερόλης. Η μικρής διάρκειας συντήρηση των δειγμάτων έγινε σε θερμοκρασίες της τάξης των 0 – 2 °C.

Πίνακας 1. Μέσοι όροι του βάρους και του μήκους των δειγμάτων που εξετάστηκαν

Είδος	Βάρος (g)	Μήκος (cm)
Τσιπούρα	124,80±1,40	15,20±1,30
Κουτσομούρα	28,75±1,57	14,50±1,72

4.1.5 Τηγάνισμα – Ψήσιμο

Το στάδιο του τηγανίσματος πραγματοποιήθηκε σε ελαιόλαδο και ηλιέλαιο και διεξήχθη με τη χρήση οικιακής κατσαρόλας όπου προστέθηκαν 500 mL λαδιού. Η προσθήκη των δειγμάτων για τηγάνισμα γινόταν πάντα σε θερμοκρασία λαδιού 200°C για 3min. Μετά την ολοκλήρωση της κάθε επεξεργασίας τηγανίσματος ποσότητα δείγματος λαδιού αποθηκεύονταν σε σκουρόχρωμα φιαλίδια για μελέτη της κατανομής λιπαρών οξέων και περιεκτικότητας σε χοληστερόλη.

Το στάδιο του ψησίματος διεξήχθη σε φούρνο με χρήση αλουμινένιων ταψιών. Εφαρμόστηκαν χρόνοι επεξεργασίας 15, 25, και 35 λεπτών. Η θερμοκρασία του φούρνου ήταν της τάξης των 180°C.

4.2 Μέθοδοι ανάλυσης

4.2.1 Προσδιορισμός υγρασίας

Ο προσδιορισμός της υγρασίας έγινε με βάση την προτεινόμενη από την CEC (Commission of European Communities) μέθοδο ISOR 1442 (EEC, 1979). Η περιεχόμενη υγρασία μετρήθηκε 3 φορές για κάθε δείγμα (3 επαναλήψεις).

Περίπου 5 g δείγματος ζυγίστηκαν με ακρίβεια σε petri, στο οποίο προηγούμενα είχαν τοποθετηθεί και με ακρίβεια ζυγιστεί 10 g άμμου και ένα μικρό γυάλινο ραβδάκι. Στο μίγμα άμμου και δείγματος προστέθηκαν 5 mL αιθυλικής αλκοόλης και το μίγμα αναδεύτηκε με ραβδάκι. Το σκεύος τοποθετήθηκε σε υδατόλουτρο στους 80°C για την εξάτμιση της αιθανόλης για περίπου 20 λεπτά. Τα δείγματα στη συνέχεια μεταφέρθηκαν σε φούρνο στους 100±2°C, μέχρι σταθερού βάρους για τουλάχιστον 24 ώρες. Στη

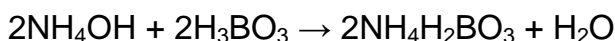
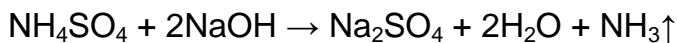
συνέχεια τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ξηραντήρα ώστε να αποκτήσουν τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και ακολούθησε η ακριβής ζύγιση τους.

4.2.2 Προσδιορισμός πρωτεϊνών

Ο προσδιορισμός των πρωτεϊνών έγινε με τη μέθοδο Kjeldahl όπως περιγράφεται από τους Dimitriadou et al., (2008). Η μέτρηση των πρωτεϊνών έγινε με 3 επαναλήψεις για κάθε δείγμα.

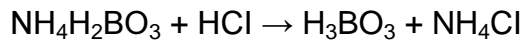
Περίπου 1 g σάρκας δείγματος ζυγίστηκαν με ακρίβεια σε αναλυτικό ζυγό μέσα σε άτεφρο ηθμό. Το δείγμα τυλίχτηκε προσεκτικά με τον ηθμό και εισήλθε σε φιάλη Kjeldahl. Στη φιάλη προστέθηκαν δύο ταμπλέτες (Kjeldahl) (3,5 gK₂SO₄ και 0,4 gCuSO₄ × 5H₂O) και 20 mL 98% πυκνό θειικό οξύ. Η φιάλη στην συνέχεια θερμάνθηκε στους 400 – 800 °C σε ειδικό μπλοκ θέρμανσης, μέχρι το περιεχόμενο να γίνει πράσινο (λόγω θειικού χαλκού) και διαυγές, για περίπου 2 ώρες.

Μετά την καύση της οργανικής ύλης, που έχει ως αποτέλεσμα τη μετατροπή της οργανικής ύλης σε αμμωνιακό άλας (NH₄HSO₄), ακολούθησε απόσταξη κατά την οποία, κάτω από έντονα αλκαλικό περιβάλλον (προσθήκη NaOH 40%) και με σημαντική συμμετοχή της θέρμανσης απελευθερώθηκε αμμωνία (σε αέρια μορφή) η οποία διέφυγε από την άκρη της αποστακτικής συσκευής και δεσμεύτηκε από βορικό οξύ 70 mL 2 – 4%. Το βορικό οξύ που βρισκόταν σε κωνική φιάλη τοποθετήθηκε στο τελευταίο άκρο της συσκευής απόσταξης, το οποίο ήταν εμβαπτισμένο μέσα στο οξύ έτσι ώστε να μην επιτρέπεται στην αμμωνία να διαφεύγει στο περιβάλλον, αλλά να δεσμεύεται αμέσως από το βορικό οξύ.



Η δέσμευση της αμμωνίας διαπιστώθηκε με την αλλαγή του χρώματος του δείκτη που είχε προηγουμένα προστεθεί στην κωνική φιάλη με το βορικό οξύ.

Η απόσταξη ολοκληρώθηκε με την συγκέντρωση 100 mL αποστάγματος. Ακολούθησε ογκομέτρηση του δισόξινου βορικού αμμωνίου με 0,100 N υδροχλωρικό οξύος.



4.2.3 Προσδιορισμός ολικού λίπους

Ο προσδιορισμός του ολικού λίπους έγινε με την μέθοδο Bligh and Dyer (1959) όπως τροποποιήθηκε από τους Hanson and Olley (1963). Η μέτρηση του ολικού λίπους έγινε με 2 επαναλήψεις για κάθε δείγμα.

Ζυγίστηκαν με ακρίβεια 30 g δείγματος σε φιάλη ομογενοποίησης 200 mL. Προστέθηκε στη συνέχεια συγκεκριμένη ποσότητα νερού, ανάλογα με την υγρασία του δείγματος, ώστε να ρυθμιστεί η συνολική ποσότητα νερού στα 16 mL ανά 10g δείγματος.

Μετά την προσθήκη 30 mL χλωροφορμίου με 0,01 BHT (με ακρίβεια) και 60 mL μεθανόλης το μίγμα ομογενοποιήθηκε για 1 min. Κατά τη διάρκεια της ομογενοποίησης η θερμοκρασία του δείγματος διατηρήθηκε στους 0–2°C. Στη συνέχεια προστέθηκαν στη φιάλη ομογενοποίησης αλλά 30 mL χλωροφορμίου με 0,01 BHT (με ακρίβεια) και ακολούθησε νέα ομογενοποίηση για 30 s. Ακολούθησε μία ακόμη ομογενοποίηση για 30 s μετά την προσθήκη 30 mL νερού.

Το ομογενοποιημένο δείγμα μεταφέρθηκε σε δύο φιάλες φυγοκέντρωσης οι οποίες αφού είχαν ζυγιστεί ώστε να μην έχουν διαφορά βάρους μεταξύ τους μεγαλύτερη από 0,1 g φυγοκεντρήθηκαν στις 3500 rpm για 30 min στους 4 °C.

Μετά την φυγοκέντρωση και με τη βοήθεια σιφωνίου πλήρωσεως πάρθηκαν 20 mL καθαρού χλωροφορμίου από την πυθμένα της κάθε φιάλης φυγοκέντρωσης και μεταφέρθηκαν σε αποξηραμένη και προζυγισμένη φιάλη του περιστροφικού συμπυκνωτή όπου ακολούθησε η απομάκρυνση του χλωροφορμίου. Μετά τη συμπύκνωση η φιάλη με το λίπος τοποθετήθηκε σε φούρνο θερμοκρασίας 100±2°C για 15 min. Στη συνέχεια οι φιάλες τοποθετήθηκαν σε ξηραντήρα για να κρυσώσουν (περίπου 10 min) και ζυγίστηκαν εκ νέου.

Η διαφορά βάρους της πρώτης από την δεύτερη ζύγιση της φιάλης οφειλόταν στο λίπος που υπήρχε στα 20 mL χλωροφορμίου. Η διαφορά αυτή πολλαπλασιαζόμενη με 3 γιατί χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 60 mL χλωροφορμίου για την εκχύλιση του λίπους μας έδωσε την ποσότητα του λίπους που περιεχόταν στο βάρος του δείγματος.

4.2.4 Προσδιορισμός μεθυλεστέρων λιπαρών οξέων

Η μεθυλεστεροποίηση των λιπαρών οξέων έγινε με μια απλή και γρήγορη μέθοδο (Zotos et al., 1995). Η μέτρηση των μεθυλεστέρων λιπαρών οξέων (FAME) έγινε με 2 επαναλήψεις για κάθε δείγμα. Η παρακάτω μέθοδος κατανομής των λιπαρών οξέων εφαρμόστηκε τόσο στο λίπος των δειγμάτων όσο και στα λάδια τηγανίσματος (ελαιόλαδο, ηλιέλαιο).

Έγινε πρώτα η εκχύλιση του λίπους όπως περιγράφηκε (παρ. 4.2.3), χωρίς το στάδιο της ξήρανσης στο φούρνο.

Περίπου 25 – 50 mg λίπους ζυγίστηκαν με ακρίβεια σε βιδωτά φιαλίδια των 10 mL και προστέθηκαν 1,5 mL 0,5 M NaOH σε μεθανόλη. Τα φιαλίδια βιδώθηκαν ερμητικά και το περιεχόμενο τους αναδεύτηκε και θερμάνθηκε στους 100 °C σε ειδική συσκευή θέρμανσης (heating block) για 20 min. Μετά την θέρμανση αφέθηκαν να κρυώσουν και έγινε προσθήκη 2 mL 14% τριφθοριούχου βορίου (boron trifluoride) σε μεθανόλη. Τα φιαλίδια βιδώθηκαν ερμητικά, το περιεχόμενο τους αναδεύτηκε και θερμάνθηκε στους 100 °C στην ίδια συσκευή για επιπλέον 10 min.

Ακολούθησε ελεγχόμενη πτώση της θερμοκρασίας του μίγματος στους 30 – 40 °C και προστέθηκε 1 mL εξάνιο. Το φιαλίδιο πωματίστηκε ερμητικά και το μίγμα αναδεύτηκε, με την χρησιμοποίηση αναδευτήρα δοκιμαστικών σωλήνων, για 30 s. Ακολούθησε η προσθήκη 5 mL κορεσμένου διαλύματος χλωριούχου νατρίου και το μίγμα αναδεύτηκε, με την βοήθεια της παραπάνω συσκευής για άλλα 30 s.

Τα φιαλίδια αφέθηκαν σε ηρεμία ώστε να επιτραπεί ο διαχωρισμός του εξανίου, το οποίο στη συνέχεια σιφωνίστηκε με πιπέτα Pasteur και

μεταφέρθηκε σε ένα μικρό σκοτεινόχρωμο φιαλίδιο ειδικό για συντήρηση δειγμάτων. Ακολούθησε και δεύτερη εκχύλιση με προσθήκη 1 mL εξανίου. Το τελικό εκχύλισμα του εξανίου τοποθετήθηκε σε μικρό και σκοτεινό φιαλίδιο και καταψύχθηκε στους $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ μέχρι την ανάλυση τους στον αέριο χρωματογράφο. Η λειτουργία του αέριου χρωματογράφου έγινε στις παρακάτω συνθήκες: στήλη AT AquaWax 60 m x 0,25 mm ID, thickness 0,25 μm (Alltech, USA), έγχυση 1 μL δείγματος, σε θερμοκρασία 220°C και splitless mode με χρόνο splitless 0,80s, φέρων αέριο ήλιο με ρυθμό ροής 1,2 mL/min, ανίχνευση ιονισμού φλόγας (FID) σε θερμοκρασία 250°C . Ο διαχωρισμός λιπαρών οξέων έγινε με το ακόλουθο θερμοκρασιακό πρόγραμμα φούρνου (στήλης): αρχική θερμοκρασία $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ για 1 min, ρυθμός αύξησης θερμοκρασίας $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ μέχρι 220°C , τελική θερμοκρασία φούρνου 220°C , παραμονή στους 220°C για 52 min, και συνολικός χρόνος ανάλυσης δείγματος 76 min.

4.2.5 Προσδιορισμός χοληστερόλης

Η σαπωνοποίηση για τον προσδιορισμό της χοληστερόλης πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την μέθοδο B όπως περιγράφηκε από τους Kovacs et al. (1979).

Πρώτα εκχυλίστηκε το λίπος των δειγμάτων όπως περιγράφηκε (4.2.3) χωρίς το στάδιο της ξήρανσης στο φούρνο. Η παρακάτω διαδικασία ανάλυσης της χοληστερόλης εφαρμόστηκε τόσο στο λίπος των δειγμάτων όσο και στα λάδια τηγανίσματος (ελαιόλαδο, ηλιέλαιο).

Περίπου 50 – 250 mg δείγματος ζυγίστηκαν με ακρίβεια σε βιδωτό φιαλίδιο των 10 mL και σε αυτό προστέθηκαν 0,5 ml 50% υδροξειδίου του καλίου και 2 ml 99,5% αιθανόλη για να ακολουθήσει η σαπωνοποίηση των δειγμάτων. Το φιαλίδιο βιδώθηκε ερμητικά όπου το περιεχόμενο του αναδεύτηκε, και θερμάνθηκε στους 100°C σε ειδική συσκευή θέρμανσης (heating block) για 1 ώρα. Κάθε 15 λεπτά γινόταν ανάδευση των φιαλιδίων.

Μετά τη θέρμανση τα φιαλίδια αφέθηκαν να κρυώσουν και προστέθηκαν σε αυτά 1,5 mL αποσταγμένου νερού και ανάδευση σε αναδευτήρα δοκιμαστικών σωλήνων. Ακολούθησε εκχύλιση 4 φορές με 2,5

mL εξάνιο την κάθε φορά και με ανάδευση σε αναδευτήρα δοκιμαστικών σωλήνων για 30 s σε κάθε εκχύλιση.

Σε κάθε εκχύλιση τα φιαλίδια αφέθηκαν σε ηρεμία για να επιτραπεί ο διαχωρισμός του εξανίου το οποίο στη συνέχεια σιφωνίστηκε με πιπέτα Pasteur. Τα συνολικά 8 mL εξανίου που εκχυλίστηκαν από αυτή την διαδικασία τοποθετήθηκαν σε φιάλη συμπύκνωσης και ακολούθησε συμπύκνωση μέχρι ξηρού σε περιστροφικό συμπυκνωτή.

Μετά το πέρας της συμπύκνωσης το περιεχόμενο διαλύθηκε σε 2 mL χλωροφορμίου, το οποίο παρατηρήθηκε ότι είναι ο καλύτερος διαλύτης της χοληστερόλης, και μεταφέρθηκε σε σκοτεινόχρωμο φιαλίδιο ειδικό για συντήρηση δειγμάτων μαζί με προσθήκη 5α-χοληστενίου (5α-Cholestane) ως εσωτερικό πρότυπο. Ο ποσοτικός προσδιορισμός της χοληστερόλης έγινε με την βοήθεια προτύπων διαλυμάτων σε διαφορετικές συγκεντρώσεις. Τα σκοτεινόχρωμα φιαλίδια καταψύχθηκαν στους -22°C μέχρι την ανάλυση τους στο φασματογράφο μάζας. Η λειτουργία του αέριου χρωματογράφου έγινε στις παρακάτω συνθήκες: στήλη ATTM – 5MS30 m x 0,25 mm ID, thickness 0,25 μm (Alltech, USA), έγχυση 1 μL δείγματος, σε θερμοκρασία 230°C και splitless mode με χρόνο splitless 0,80s, φέρων αέριο ήλιο με ρυθμό ροής 1,2 ml/min, λειτουργία μάζας σε Full Scan με mass range 60 – 440m/z, σε positive mode, θερμοκρασία MS liner 285°C , θερμοκρασία πηγής ιόντων 220°C , χρόνος ανίχνευσης 7,5 λεπτά μετά την έγχυση του δείγματος και ταχύτητα ανίχνευσης 0,20s. Ο διαχωρισμός χοληστερόλης έγινε με το ακόλουθο θερμοκρασιακό πρόγραμμα φούρνου (στήλης): αρχική θερμοκρασία 200°C για 1 min, ρυθμός αύξησης θερμοκρασίας $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ από 200 μέχρι 280°C , τελική θερμοκρασία φούρνου 280°C , παραμονή στους 280°C για 15 min, και συνολικός χρόνος ανάλυσης δείγματος 23 min.

4.2.6 Στατιστική ανάλυση

Εφαρμόστηκε η ανάλυση της διακύμανσης ενός παράγοντα (one way ANOVA) στις μεταβλητές για να διαπιστωθούν ενδεχόμενες στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα επίπεδα (χρόνοι επεξεργασίας). Η

διαπίστωση σημαντικών μεταβολών ($p < 0,05$) μεταξύ των επιπέδων του παράγοντα οδήγησε στην εφαρμογή του ελέγχου πολλαπλών συγκρίσεων των μέσων όρων, μέσω του ελέγχου Tukey. Επίσης εξετάστηκε και η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών.

Όλες οι στατιστικές αναλύσεις διεξήχθησαν χρησιμοποιώντας το στατιστικό πακέτο Minitab 15.

5 Αποτελέσματα - Συζήτηση

5.1 Επίδραση του χρόνου κατάψυξης στη μέση σύσταση κουτσομούρας (*Mullus barbatus*)

Σταδιακή μικρή μείωση στην περιεκτικότητα σε υγρασία (επί υγρού) παρατηρήθηκε στα δείγματα κουτσομούρας με την αύξηση του χρόνου κατάψυξης η οποία ακολουθήθηκε από ανάλογη μικρή σταδιακή αύξηση στην περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, λίπος και τέφρα, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2. Οι ανωτέρω μεταβολές, κυρίως η μείωση της υγρασίας δείχνει τη μικρής έκτασης μετουσίωσης των πρωτεϊνών στο χρονικό διάστημα των τριών μηνών.

Η μέση σύσταση των δειγμάτων κουτσομούρας επί ξηρού δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές τόσο ως προς την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες όσο και ως προς την περιεκτικότητα σε λίπος. Στατιστικά σημαντική αύξηση παρατηρήθηκε μόνο στην περιεκτικότητα σε τέφρα στα δείγματα που παρέμειναν στην κατάψυξη για τρεις (3) μήνες. Η συγκεκριμένη αύξηση είναι πιθανότερο να οφείλεται σε πειραματικό σφάλμα και όχι σε πραγματική μεταβολή (Πίνακας 3). Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν ότι οι παρατηρούμενες μικρές μεταβολές στα αποτελέσματα της μέσης σύστασης επί υγρού σχετίζονται μόνο με τη μείωση της υγρασίας και ότι οι παρατηρούμενες μικρές αυξήσεις στα υπόλοιπα συστατικά προέκυψαν από τη μείωση της υγρασίας και μόνο.

Έχει διαπιστωθεί ότι η τεχνολογική υποβάθμιση των αλιευμάτων κατά την κατάψυξη είναι κύρια αποτέλεσμα μετουσίωσης των πρωτεϊνών και δεν σχετίζεται με ρήξη κυτταρικών μεμβρανών (FAO,1977)

Πίνακας 2. Μέση σύσταση (g/100g υγρής ουσίας) της νωπής και κατεψυγμένης κουτσομούρας (*Mullus barbatus*)

	Νωπό	Κατεψυγμένο 1 ^{ου} μήνα	Κατεψυγμένο 2 ^{ου} μήνα	Κατεψυγμένο 3 ^{ου} μήνα
Υγρασία	76,12 ^a ±0,18	75,84 ^b ±0,44	75,71 ^b ±0,41	75,41 ^b ±0,33
Πρωτεΐνη	18,30 ^a ±0,17	18,61 ^b ±0,41	18,63 ^b ±0,15	18,81 ^b ±0,90
Λίπος	3,80 ^a ±0,01	3,82 ^a ±0,04	3,87 ^a ±0,20	3,87 ^a ±0,11
Τέφρα	1,30 ^a ±0,09	1,28 ^a ±0,80	1,33 ^a ±0,60	1,46 ^b ±0,20

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος ± τυπική απόκλιση από 3 επαναλήψεις σε κάθε δείγμα. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (p<0,05).

Πίνακας 3. Μέση σύσταση (g/100g ξηρής ουσίας) της νωπής και κατεψυγμένης κουτσομούρας (*Mullus barbatus*)

	Νωπό	Κατεψυγμένο 1 ^ο μήνα	Κατεψυγμένο 2 ^ο μήνα	κατεψυγμένο 3 ^ο μήνα
Πρωτεΐνη	76,63 ^a ±0,44	77,02 ^a ±0,13	76,70 ^a ±0,37	76,49 ^a ±0,74
Λίπος	15,91 ^a ±0,22	15,81 ^a ±0,64	15,93 ^a ±0,32	15,84 ^a ±0,11
Τέφρα	5,44 ^a ±0,24	5,30 ^a ±0,16	5,47 ^a ±0,28	5,94 ^b ±0,24

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος ± τυπική απόκλιση από 3 επαναλήψεις σε κάθε δείγμα. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).

5.1.1 Επίδραση του χρόνου κατάψυξης στη μέση σύσταση της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) κατά το τηγάνισμα σε ελαιόλαδο

Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν κατά το τηγάνισμα στους διαφορετικούς χρόνους κατάψυξης σε όλα τα συστατικά του τροφίμου (υγρασία, πρωτεΐνες, λίπος και τέφρα) (επί υγρού) (Πίνακας 4). Οι σημαντικότερες όμως μεταβολές παρατηρήθηκαν στη μείωση της υγρασίας που ακολουθήθηκε με ανάλογη αύξηση της περιεκτικότητας σε λίπος (Πίνακας 4). Οι ανωτέρω μεταβολές των δύο συστατικών ήταν μάλιστα γραμμικές δείχνοντας ότι οι μεταβολές τόσο της υγρασίας ($R^2 = 0,9508$) όσο του λίπους ($R^2 = 0,9447$) σχετίζονται άμεσα με το χρόνο επεξεργασίας των δειγμάτων κουτσομούρας (Σχήμα 4). Οι μεταβολές αυτές κύριως οφείλονται στην προσρόφηση ελαιολάδου από την κουτσομούρα κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, η οποία συνοδεύεται από ανάλογη απώλεια νερού.

Οι μεταβολές αυτές έγιναν περισσότερο διακριτές στην έκφραση των αποτελεσμάτων επί ξηρού. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τον Πίνακα 5 όλα τα συστατικά (πρωτεΐνες, λίπος και τέφρα) μεταβλήθηκαν σημαντικά σε κάθε χρονική περίοδο κατάψυξης. Επίσης, όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τα σχήματα 5, 6 και 7 η μεταβολή όλων συστατικών ήταν γραμμική. Η γραμμική μείωση μάλιστα της τέφρας είναι εντυπωσιακή ($R^2 = 0,9867$), δείχνοντας την απόλυτη μείωση των αλάτων τηγανισμένης κουτσομούρας με το χρόνο κατάψυξης (Σχήμα 7). Η μείωση αυτή πιθανώς

να έχει διατροφικό ενδιαφέρον για ανθρώπους που δεν πρέπει να καταναλώνουν τρόφιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα.

Τα αποτελέσματα των ανωτέρω μεταβολών δείχνουν ότι τα τηγανισμένα σε ελαιόλαδο μη κατεψυγμένα δείγματα οδηγούν σε ποιοτικότερα προϊόντα.

Ανάλογα αποτελέσματα ανακοινώθηκαν από πολλούς ερευνητές, μείωση δηλαδή πρωτεϊνών κατά το τηγάνισμα συνοδευόμενη από σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας σε λίπος (Sanchez–Muniz *et al.*, 1992).

Πίνακας 4. Μέση σύσταση (g/100g υγρής ουσίας) της τηγανητής κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) σε ελαιόλαδο

	ΝΚΤΕ	ΚΤΕ1	ΚΤΕ2	ΚΤΕ3
Υγρασία	69,81 ^a ± 0,19	68,70 ^b ± 0,7	64,40 ^c ± 0,30	62,60 ^d ± 0,41
Πρωτεΐνη	19,23 ^a ± 0,11	19,50 ^a ± 0,74	18,80 ^b ± 0,44	18,80 ^b ± 0,21
Λίπος	3,78 ^a ± 0,40	10,20 ^b ± 0,21	14,40 ^c ± 0,17	16,30 ^d ± 0,55
Τέφρα	1,50 ^a ± 0,54	1,38 ^b ± 0,60	1,41 ^c ± 0,30	1,36 ^b ± 0,53

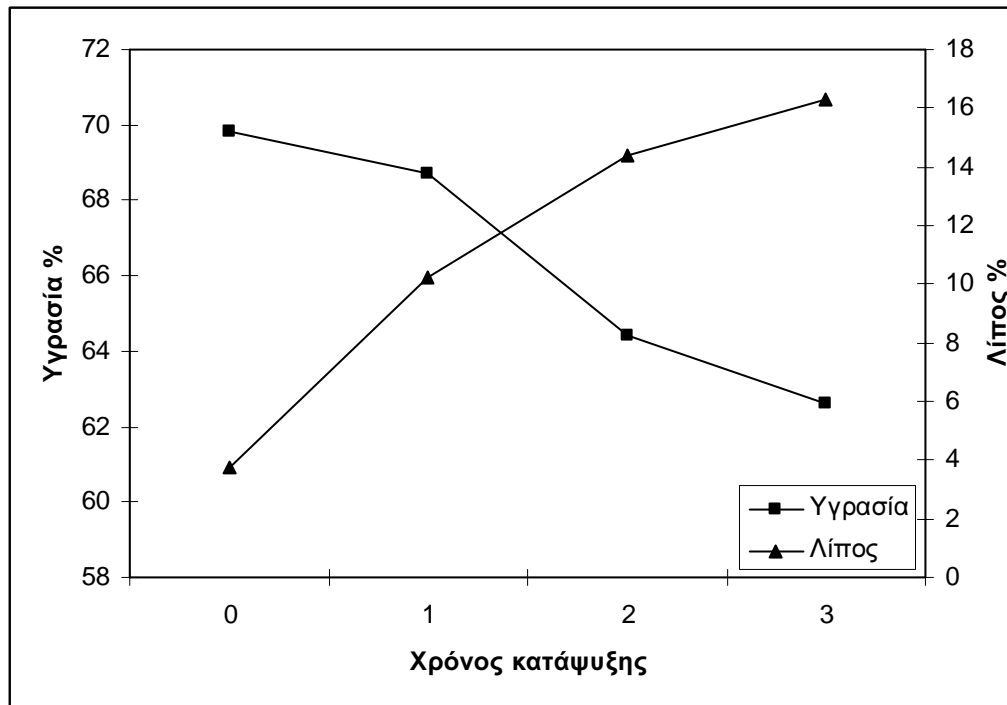
ΝΚΤΕ = Νωπή κουτσομούρα τηγανισμένη σε ελαιόλαδο

ΚΤΕ1 = Κουτσομούρα τηγανισμένη σε ελαιόλαδο μετά από 1 μήνα κατάψυξης

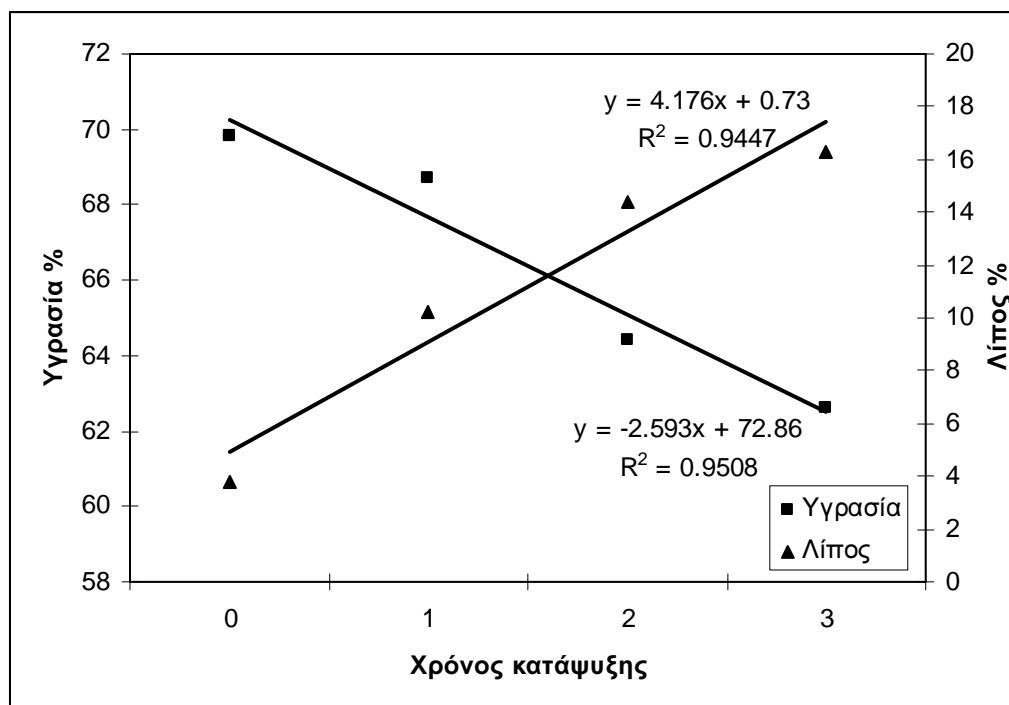
ΚΤΕ2 = Κουτσομούρα τηγανισμένη σε ελαιόλαδο μετά από 2 μήνες κατάψυξης

ΚΤΕ3 = Κουτσομούρα τηγανισμένη σε ελαιόλαδο μετά από 3 μήνες κατάψυξης

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος ± τυπική απόκλιση από 3 επαναλήψεις σε κάθε δείγμα. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).



Σχήμα 3. Μεταβολές στην περιεκτικότητα επί υγρού σε υγρασία και λίπος τηγανητής σε ελαιόλαδο κουτσομούρας στους διαφορετικούς χρόνους κατάψυξης.



Σχήμα 4. Συσχέτιση μεταβολών υγρασίας – λίπους τηγανητής σε ελαιόλαδο κουτσομούρας στους διαφορετικούς χρόνους κατάψυξης.

Πίνακας 5. Μέση σύσταση (g/100g ξηρής ουσίας) της τηγανητής κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) σε ελαιόλαδο

	ΝΚΤΕ	ΚΤΕ1	ΚΤΕ2	ΚΤΕ3
Πρωτεΐνη	63,69 ^a ± 0,63	62,30 ^b ± 0,77	52,88 ^c ± 0,74	50,26 ^d ± 0,75
Λίπος	30,46 ^a ± 0,7	32,58 ^b ± 0,47	40,44 ^c ± 0,56	43,58 ^d ± 0,54
Τέφρα	4,96 ^a ± 0,41	4,40 ^b ± 0,63	3,96 ^c ± 0,21	3,63 ^d ± 0,25

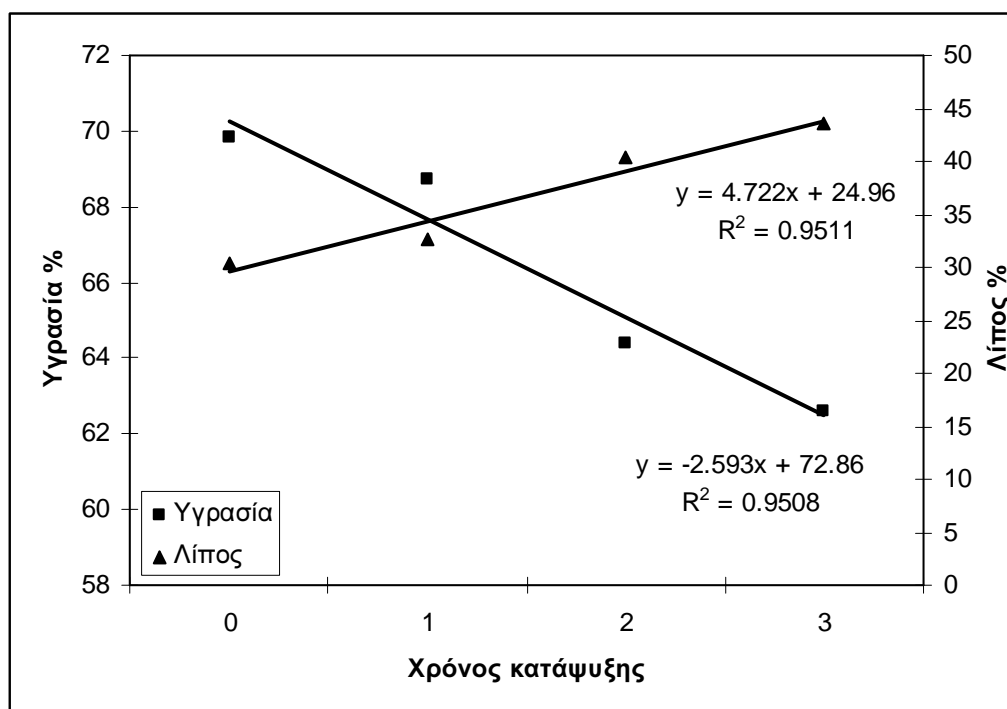
ΝΚΤΕ = Νωπή κουτσομούρα τηγανισμένη σε ελαιόλαδο

ΚΤΕ1 = Κουτσομούρα τηγανισμένη σε ελαιόλαδο μετά από 1 μήνα κατάψυξης

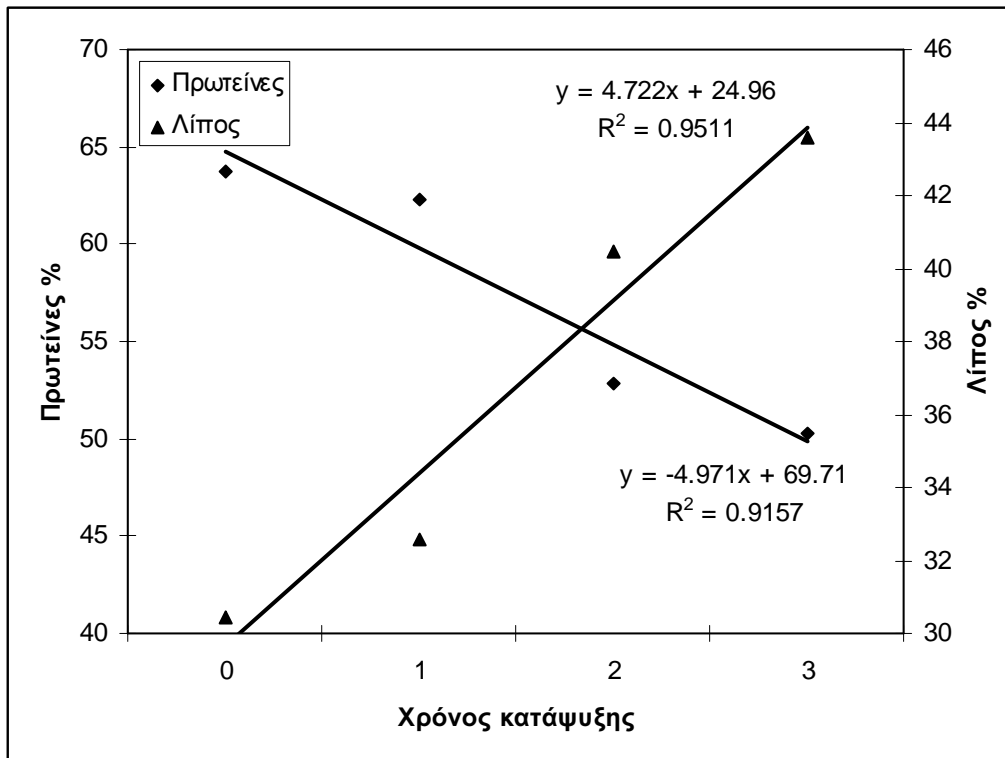
ΚΤΕ2 = Κουτσομούρα τηγανισμένη σε ελαιόλαδο μετά από 2 μήνες κατάψυξης

ΚΤΕ3 = Κουτσομούρα τηγανισμένη σε ελαιόλαδο μετά από 3 μήνες κατάψυξης

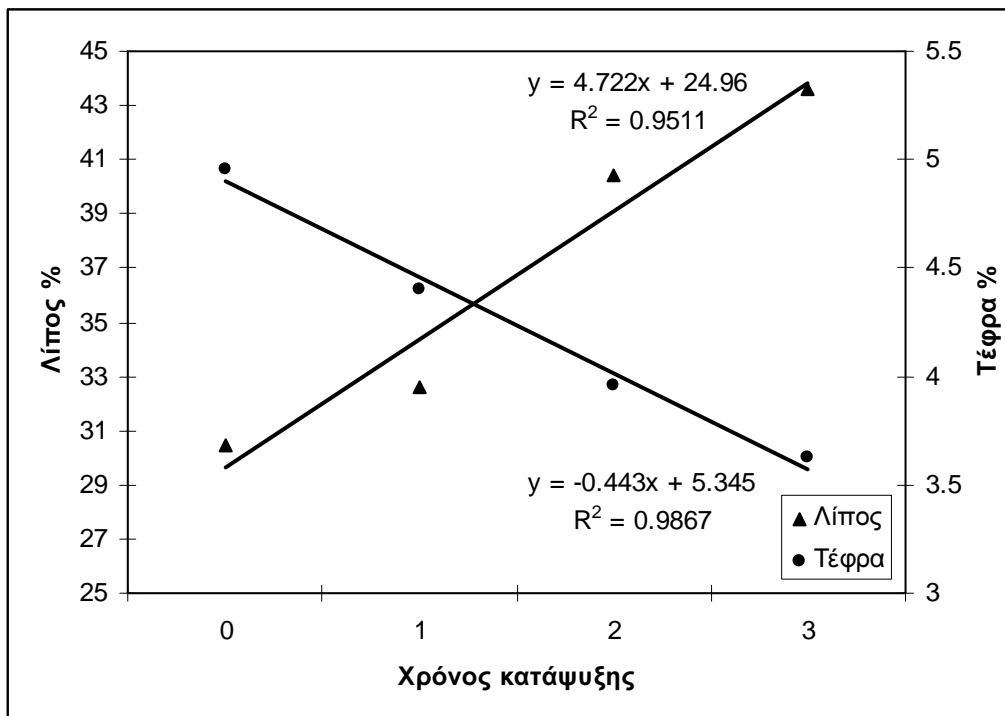
Οι τιμές είναι ο μέσος όρος ± τυπική απόκλιση από 3 επαναλήψεις σε κάθε δείγμα. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).



Σχήμα 5. Συσχέτιση μεταβολών υγρασίας – λίπους επί ξηρού τηγανητής σε ελαιόλαδο κουτσομούρας στους διαφορετικούς χρόνους κατάψυξης.



Σχήμα 6. Συσχέτιση μεταβολών πρωτεϊνών – λίπους επί ξηρού τηγανητής σε ελαιόλαδο κουτσομούρας στους διαφορετικούς χρόνους κατάψυξης.



Σχήμα 7. Συσχέτιση μεταβολών λίπους – τέφρας επί ξηρού τηγανητής σε ελαιόλαδο κουτσομούρας στους διαφορετικούς χρόνους κατάψυξης.

5.1.2 Επίδραση του χρόνου κατάψυξης στη μέση σύσταση της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) κατά το τηγάνισμα σε ηλιέλαιο

Ανάλογες με το τηγάνισμα σε ελαιόλαδο ήταν οι διαφορές που παρατηρήθηκαν κατά το τηγάνισμα σε ηλιέλαιο στους διαφορετικούς χρόνους κατάψυξης σε όλα τα συστατικά του τροφίμου (υγρασία, πρωτεΐνες και λίπος) (επί υγρού) (Πινάκας 6). Οι σημαντικότερες όμως μεταβολές παρατηρήθηκαν στη μείωση της υγρασίας που ακολουθήθηκε με ανάλογη αύξηση της περιεκτικότητας σε λίπος (Πινάκας 6, Σχήμα 8). Η ανωτέρω μεταβολές των δύο συστατικών ήταν μάλιστα γραμμικές δείχνοντας ότι οι μεταβολές τόσο της υγρασίας ($R^2 = 0,9678$) όσο του λίπους ($R^2 = 0,987$) σχετίζονται άμεσα με το χρόνο επεξεργασίας των δειγμάτων κουτσομούρας (Σχήμα, 8). Οι μεταβολές αυτές κύρια οφείλονται στην προσρόφηση ηλιέλαιου από την κουτσομούρα κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, η οποία συνοδεύεται από ανάλογη απώλεια νερού.

Οι μεταβολές αυτές έγιναν περισσότερο διακριτές στην έκφραση των αποτελεσμάτων επί ξηρού. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τον Πίνακα 7 τα συστατικά πρωτεΐνες και λίπος μεταβλήθηκαν σημαντικά σε κάθε χρονική περίοδο κατάψυξης. Επίσης, όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τα σχήματα 9, 10 και 11 η μεταβολή όλων συστατικών ήταν γραμμική με τιμές $R^2 = 0,9989$ και $0,9982$ για τη μείωση πρωτεϊνών και την αύξηση του λίπους αντίστοιχα. Παρατηρήθηκε επίσης ότι η τέφρα δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές στα δείγματα κουτσομούρας που τηγανίστηκαν σε ηλιέλαιο αντίθετα με τα αντίστοιχα που τηγανίστηκαν σε ελαιόλαδο (Πίνακας 6).

Ανάλογες διαπιστώσεις έγιναν από τους Sanchez-Muniz et al. (1992) η μεγαλύτερη απώλεια νερού παρατηρήθηκε σε σαρδέλες (*Sardina pilchardus*) που τηγανίστηκαν σε ηλιέλαιο αφού η υγρασία μειώθηκε σε περίπου 70%.

Πίνακας 6. Μέση σύσταση (g/100g υγρής ουσίας) της τηγανητής κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) σε ηλιέλαιο

	ΝΚΤΗ	ΚΤΗ1	ΚΤΗ2	ΚΤΗ3
Υγρασία	68,10 ^a ± 0,21	66,70 ^b ± 0,70	65,71 ^c ± 0,14	65,12 ^d ± 0,18
Πρωτεΐνη	18,11 ^a ± 0,41	18,00 ^b ± 0,52	17,40 ^c ± 0,58	16,60 ^d ± 0,24
Λίπος	12,00 ^a ± 0,30	13,50 ^b ± 0,48	15,10 ^c ± 0,14	16,60 ^d ± 0,64
Τέφρα	1,47 ^a ± 0,66	1,53 ^a ± 0,43	1,48 ^a ± 0,45	1,47 ^a ± 0,15

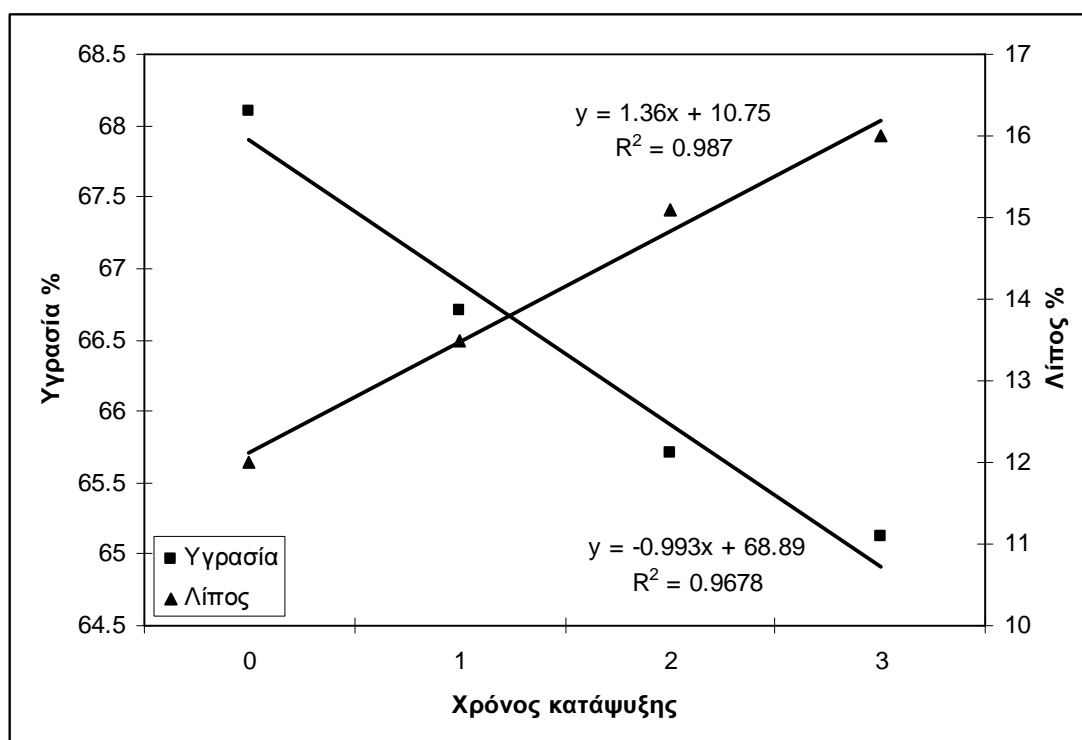
ΝΚΤΗ = Νωπή κουτσομούρα τηγανισμένη σε ηλιέλαιο

ΚΤΗ1 = Κουτσομούρα τηγανισμένη σε ηλιέλαιο μετά από 1 μήνα κατάψυξης

ΚΤΗ2 = Κουτσομούρα τηγανισμένη σε ηλιέλαιο μετά από 2 μήνες κατάψυξης

ΚΤΗ3 = Κουτσομούρα τηγανισμένη σε ηλιέλαιο μετά από 3 μήνες κατάψυξης

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος ± τυπική απόκλιση από 3 επαναλήψεις σε κάθε δείγμα. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).



Σχήμα 8. Συσχέτιση μεταβολών υγρασίας – λίπους επί υγρού τηγανητής σε ηλιέλαιο κουτσομούρας στους διαφορετικούς χρόνους κατάψυξης.

Πίνακας 7. Μέση σύσταση (g/100g ξηρής ουσίας) της τηγανητής κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) σε ηλιέλαιο

	ΝΚΤΗ	ΚΤΗ1	ΚΤΗ2	ΚΤΗ3
Πρωτεΐνη	56,77 ^a ± 0,57	54,0 ^b ± 0,17	50,74 ^c ± 0,74	47,59 ^d ± 0,74
Λίπος	37,6 ^a ± 0,14	40,54 ^b ± 0,36	44,03 ^c ± 0,76	47,56 ^d ± 0,31
Τέφρα	4,60 ^a ± 0,22	4,59 ^a ± 0,52	4,46 ^a ± 0,39	4,21 ^a ± 0,61

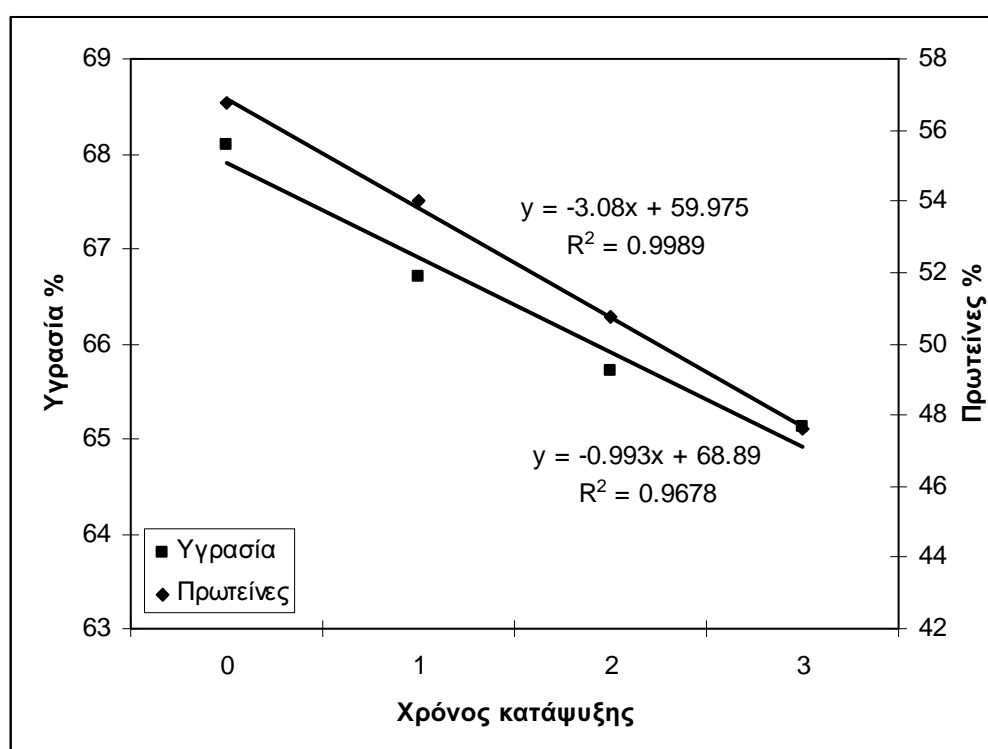
ΝΚΤΗ = Νωπή κουτσομούρα τηγανισμένη σε ηλιέλαιο

ΚΤΗ1 = Κουτσομούρα τηγανισμένη σε ηλιέλαιο μετά από 1 μήνα κατάψυξης

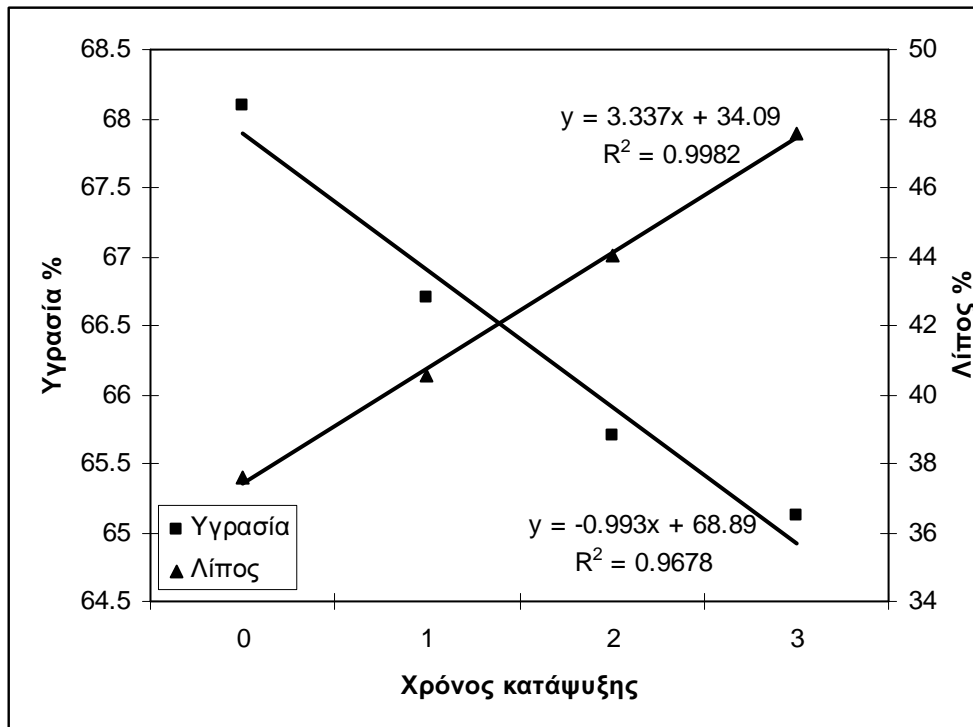
ΚΤΗ2 = Κουτσομούρα τηγανισμένη σε ηλιέλαιο μετά από 2 μήνες κατάψυξης

ΚΤΗ3 = Κουτσομούρα τηγανισμένη σε ηλιέλαιο μετά από 3 μήνες κατάψυξης

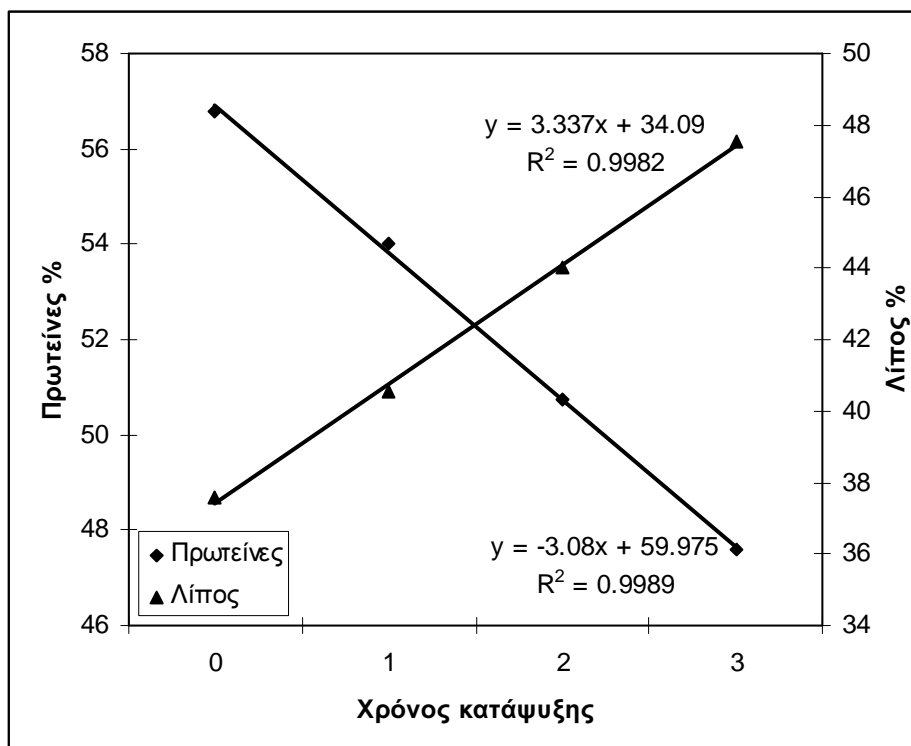
Οι τιμές είναι ο μέσος όρος ± τυπική απόκλιση από 3 επαναλήψεις σε κάθε δείγμα. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).



Σχήμα 9. Συσχέτιση μεταβολών υγρασίας – πρωτεϊνών επί ξηρού τηγανητής σε ηλιέλαιο κουτσομούρας στους διαφορετικούς χρόνους κατάψυξης.



Σχήμα 10. Συσχέτιση μεταβολών υγρασίας – λίπους επί ξηρού τηγανητής σε ηλιέλαιο κουτσομούρας στους διαφορετικούς χρόνους κατάψυξης.



Σχήμα 11. Συσχέτιση μεταβολών πρωτεϊνών – λίπους επί ξηρού τηγανητής σε ηλιέλαιο κουτσομούρας στους διαφορετικούς χρόνους κατάψυξης.

5.1.3 Επίδραση της κατάψυξης στα δείγματα φιλέτων τσιπούρας (*Sparus aurata*)

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τον πίνακα 8 σημαντική απώλεια υγρασίας παρατηρήθηκε μόνο στα φιλέτα που παρέμειναν στην κατάψυξη για τρεις μήνες. Επίσης παρατηρήθηκε μικρή αλλά σταδιακή αύξηση των πρωτεϊνών στα φιλέτα τσιπούρας που καταψύχθηκαν για δύο μήνες, ενώ σημαντική ήταν αύξηση τόσο των πρωτεϊνών όσο και του λίπους στα κατεψυγμένα για τρεις μήνες φιλέτα τσιπούρας. Οι μεταβολές αυτές δείχνουν σημαντική μετουσίωση των πρωτεϊνικών μορίων στα φιλέτα τσιπούρας που καταψύχθηκαν για τρεις μήνες, η οποία είχε ως αποτέλεσμα την απώλεια υγρασίας με ανάλογη αύξηση των πρωτεϊνών και του λίπους. Σημαντική και σταδιακή ήταν επίσης η μείωση της τέφρας που πιθανώς επιβεβαιώνει την απώλεια νερού ίσως από τον πρώτο μήνα κατάψυξης. Η έκφραση των αποτελεσμάτων της μέσης σύστασης επί ξηρού (Πίνακας 9) ανέδειξε ότι τα συστατικά που μεταβλήθηκαν σημαντικά ήταν η αύξηση του λίπους μετά τους τρεις μήνες κατάψυξης και η τέφρα η οποία μάλιστα είχε μείωση δείχνοντας σταδιακή μείωση νερού με παρασυρόμενα διαλυτά άλατα.

Πίνακας 8. Επίδραση της κατάψυξης στη μέση σύσταση των φιλέτων τσιπούρας (επί υγρού)

	Νωπό	Κατεψυγμένο 1 μηνός	Κατεψυγμένο 2 μηνών	Κατεψυγμένο 3 μηνών
Υγρασία %	71,60 ^a ±0,57	71,20 ^a ±1,55	70,90 ^a ±0,65	66,10 ^b ±1,17
Πρωτεΐνες %	17,18 ^a ±0,38	17,80 ^b ±0,55	18,00 ^b ±0,44	20,40 ^b ±0,24
Λίπος %	9,19 ^a ±0,75	9,36 ^a ±1,55	9,60 ^a ±0,88	12,50 ^c ±0,75
Τέφρα %	1,92 ^a ±0,40	1,50 ^b ±0,05	1,30 ^c ±0,13	0,90 ^d ±0,10

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος ± τυπική απόκλιση από 3 επαναλήψεις. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).

Πίνακας 9. Επίδραση της κατάψυξης στη μέση σύσταση των φιλέτων τσιπούρας (επί ξηρού)

	Νωπό	Κατεψυγμένο 1 μηνός	Κατεψυγμένο 2 μηνών	Κατεψυγμένο 3 μηνών
Υγρασία %	71,60 ^a ±0,57	71,20 ^a ±1,55	70,90 ^a ±0,65	66,10 ^b ±1,17
Πρωτεΐνη %	60,49 ^a ±0,88	61,81 ^a ±0,85	61,86 ^a ±0,84	60,18 ^a ±1,24
Λίπος %	32,36 ^a ±0,75	32,50 ^a ±1,55	32,99 ^a ±0,88	36,87 ^b ±0,75
Τέφρα %	6,76 ^a ±0,40	5,21 ^b ±0,05	4,47 ^c ±0,13	2,66 ^d ±0,10

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος ± τυπική απόκλιση από 3 επαναλήψεις σε κάθε δείγμα. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).

5.1.4 Επίδραση του ψησίματος σε 4 διαφορετικούς χρόνους στη μέση σύσταση νωπής τσιπούρας (*Sparus aurata*)

Η περιεκτικότητα της νωπής τσιπούρας σε υγρασία μειώθηκε σημαντικά με την αύξηση του χρόνου ψησίματος (Πίνακας 10). Η χαμηλότερη τιμή υγρασίας παρατηρήθηκε στα δείγματα που ψήθηκαν για 35 λεπτά και ήταν 67,6% (Πίνακας 10). Αντιθέτως η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες επί υγρού αυξήθηκε σημαντικά με την αύξηση του χρόνου ψησίματος όπως φαίνεται στο σχήμα 12 και μάλιστα παρατηρείται ότι η μείωση της υγρασίας ($R^2 = 0,9918$) οδήγησε σε απόλυτα γραμμική αύξηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες επί υγρού ($R^2 = 0,9999$). Η περιεκτικότητα σε λίπος και τέφρα δεν μεταβλήθηκαν σημαντικά.

Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι ο μικρότερος χρόνος επεξεργασίας πιθανώς οδηγεί σε προϊόντα με καλύτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Η έκφραση των αποτελεσμάτων επί ξηρής ουσίας ανέδειξαν μεταβολές σε όλα τα συστατικά των φιλέτων τσιπούρας. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τα σχήματα 13 και 14 τόσο η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες όσο και περιεκτικότητα σε λίπος έδειξαν αντίθετη σχέση με την περιεκτικότητα σε υγρασία. Οι παρατηρούμενες μάλιστα μεταβολές είχαν γραμμική μορφή δείχνοντας ότι μακρύτερη επεξεργασία οδηγεί σε εντονότερες μεταβολές.

Πίνακας 10 Μεταβολές στη μέση σύσταση (g/100g υγρής ουσίας) της νωπής τσιπούρας (*Sparus aurata*) κατά το ψήσιμο

Δείγματα τσιπούρας σε νωπή κατάσταση				
	Χρόνος ψησίματος			
	ΝΤ0	T15Ψ0	T25Ψ0	T35Ψ0
Υγρασία %	71,60 ^a ±0,57	70,10 ^b ±0,40	68,60 ^c ±0,10	67,60 ^d ±0,43
Πρωτεΐνη %	17,18 ^a ±0,38	18,68 ^b ±0,47	20,15 ^c ±0,27	21,70 ^d ±0,35
Λίπος %	9,19 ^a ±0,75	9,46 ^a ±0,84	9,36 ^a ±0,92	8,90 ^a ±0,89
Τέφρα %	1,92 ^a ±0,40	1,72 ^a ±0,56	1,84 ^a ±0,50	1,73 ^a ±0,60

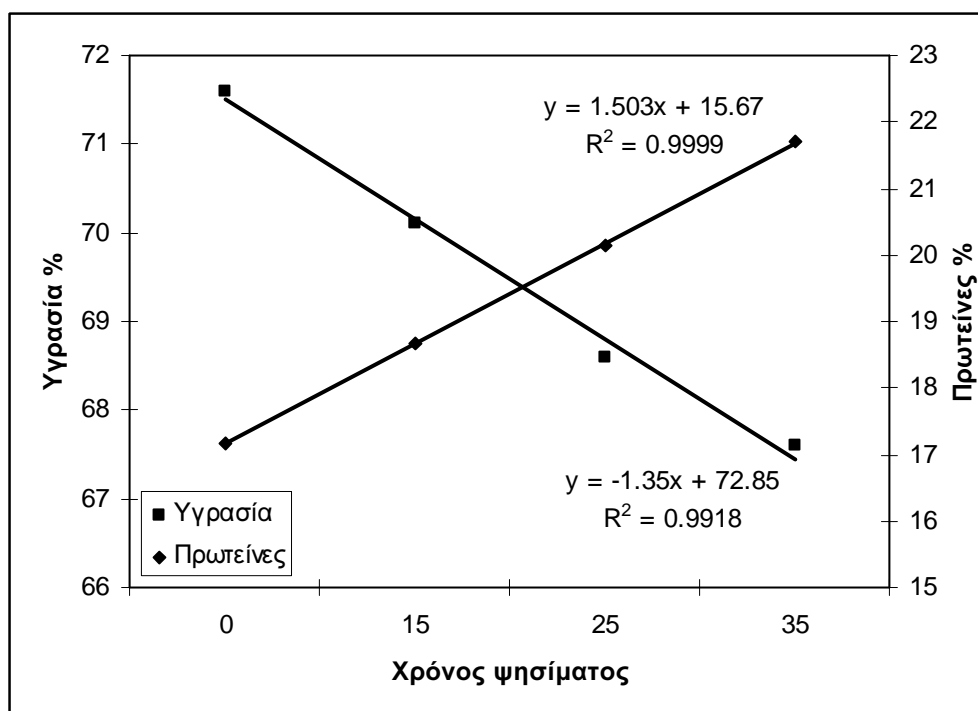
ΝΤ0 = Νωπή τσιπούρα που δεν έχει καταψυχθεί

T15Ψ0 = Τσιπούρα ψημένη για 15 min που δεν έχει καταψυχθεί

T25Ψ0 = Τσιπούρα ψημένη για 25 min που δεν έχει καταψυχθεί

T35Ψ0 = Τσιπούρα ψημένη για 35 min που δεν έχει καταψυχθεί

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος ± τυπική απόκλιση από 3 επαναλήψεις σε κάθε δείγμα. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).



Σχήμα 12. Συσχέτιση μεταβολών υγρασίας – πρωτεϊνών επί υγρού ψητής νωπής τσιπούρας σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος.

Πίνακας 11 Μεταβολές στη μέση σύσταση (g/100g ξηρής ουσίας) της νωπής τσιπούρας (*Sparus aurata*) κατά το ψήσιμο

	Δείγματα τσιπούρας σε νωπή κατάσταση			
	ΝΤ0	Τ15Ψ0	Τ25Ψ0	Τ35Ψ0
Υγρασία %	71,60 ^a ±0,57	70,10 ^b ±0,40	68,60 ^c ±0,10	67,60 ^d ±0,43
Πρωτεΐνη %	60,49 ^a ±0,88	63,47 ^b ±0,83	64,17 ^c ±0,02	66,97 ^d ±0,44
Λίπος %	32,36 ^a ±0,75	31,63 ^b ±0,17	29,8 ^c ±0,92	27,46 ^d ±0,14
Τέφρα %	6,76 ^a ±0,40	5,75 ^b ±0,51	5,85 ^b ±0,77	5,33 ^b ±0,06

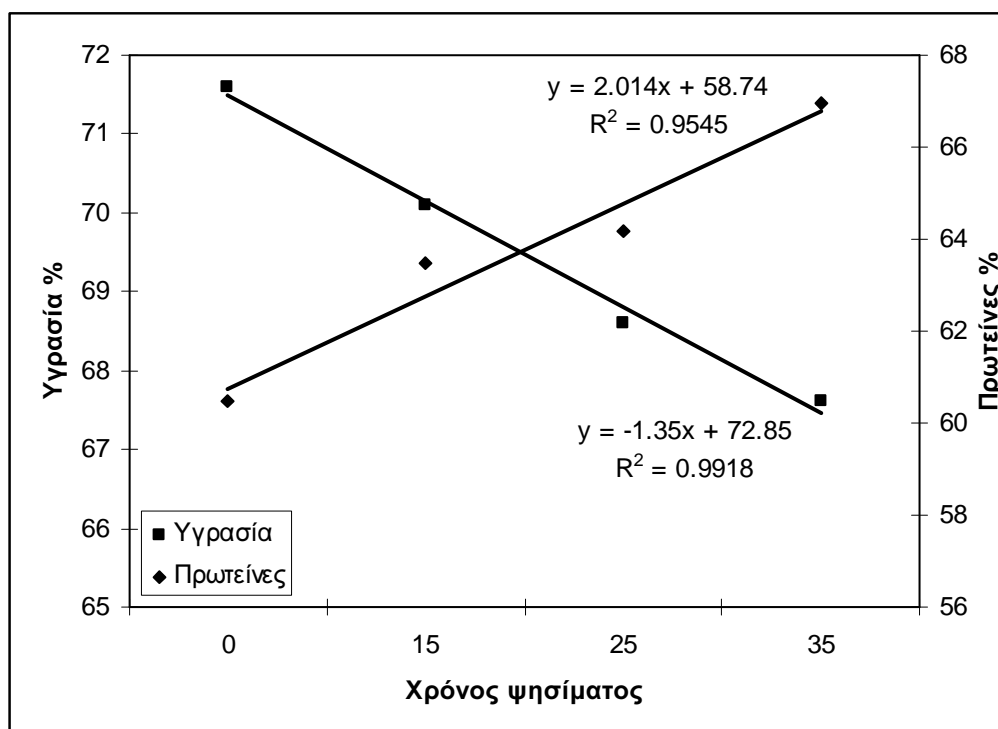
ΝΤ0 = Νωπή τσιπούρα που δεν έχει καταψυχθεί

Τ15Ψ0 = Τσιπούρα ψημένη για 15 min που δεν έχει καταψυχθεί

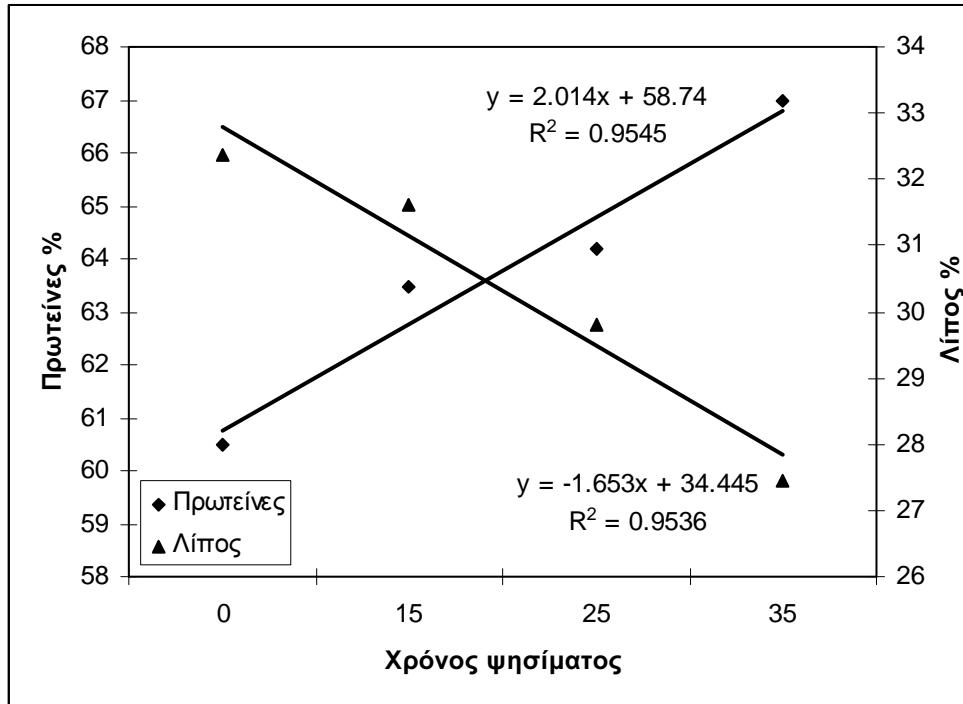
Τ25Ψ0 = Τσιπούρα ψημένη για 25 min που δεν έχει καταψυχθεί

Τ35Ψ0 = Τσιπούρα ψημένη για 35 min που δεν έχει καταψυχθεί

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος ± τυπική απόκλιση από 3 επαναλήψεις σε κάθε δείγμα. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).



Σχήμα 13. Συσχέτιση μεταβολών υγρασίας – πρωτεϊνών επί ξηρού ψητής νωπής τσιπούρας σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος.



Σχήμα 14. Συσχέτιση μεταβολών πρωτεϊνών – λίπους επί ξηρού ψητής νωπής τσιπούρας σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος.

5.1.5 Επίδραση ενός (1) μηνός κατάψυξης στη μέση σύσταση ψημένων σε 4 διαφορετικούς χρόνους φιλέτων τσιπούρας (*Sparus aurata*)

Στα κατεψυγμένα για 1 μήνα φιλέτα τσιπούρας η γραμμική μείωση της περιεκτικότητας σε υγρασία συνοδεύτηκε από ανάλογη γραμμική αύξηση του λίπους (επί υγρού) (Σχήμα 15).

Μικρή ήταν η αύξηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες που παρατηρήθηκε μόνο στα δείγματα φιλέτων τσιπούρας που ψήθηκαν μετά για 35 λεπτά, ενώ δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στην περιεκτικότητα σε τέφρα (Πίνακας 12). Τα αποτελέσματα της τέφρας είναι σε απόλυτη αντίθεση με τα αντίστοιχα των ψημένων νωπών φιλέτων τσιπούρας όπου παρατηρήθηκε γραμμική μείωση. Η ανωτέρω διαφοροποίηση πιθανώς οφείλεται στην απώλεια τέφρας κατά την απόψυξη των φιλέτων όπως διαπιστώθηκε κατά τον έλεγχο των μεταβολών λόγω του χρόνου κατάψυξης (Πίνακας 8). Τα διαλυτά άλατα δηλαδή απομακρύνθηκαν κατά την απόψυξη των δειγμάτων πριν την επεξεργασία τους. Κατά την έκφραση των αποτελεσμάτων επί ξηρού ωστόσο διαπιστώθηκε σημαντική

απώλεια πρωτεϊνικών μορίων κατά το ψήσιμο η οποία συνοδεύτηκε από ανάλογη αύξηση της περιεκτικότητας σε λίπος (Πίνακας 13, Σχήμα 16). Η ανωτέρω διαπίστωση δείχνει ότι πρωτεϊνικά μόρια απομακρύνονται από τα φιλέτα μαζί με το νερό κατά τη διάρκεια του ψησίματος και η απομάκρυνσή τους οδηγεί στην % αύξηση συγκέντρωσης του λίπους. Δεν παρατηρήθηκαν, όπως και στα αποτελέσματα επί υγρού, στατιστικά σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση της τέφρας (Πίνακας 12).

Πίνακας 12. Μέση σύσταση (g/100g υγρής ουσίας) της κατεψυγμένης για ένα μήνα τσιπούρας (*Sparus aurata*) μετά το ψήσιμο

Δείγματα τσιπούρας μετά από κατάψυξη 1 μηνός				
	Χρόνος ψησίματος			
	NT1	T15Ψ1	T25Ψ1	T35Ψ1
Υγρασία %	71,20 ^a ±1,55	71,40 ^a ±0,68	69,30 ^b ±0,10	67,70 ^c ±2,17
Πρωτεΐνες %	17,80 ^a ±0,55	17,55 ^a ±0,23	17,48 ^a ±0,16	18,25 ^b ±0,24
Λίπος %	9,36 ^a ±1,55	9,45 ^b ±1,55	11,68 ^b ±1,55	12,54 ^c ±1,55
Τέφρα %	1,50 ^a ±0,05	1,50 ^a ±0,07	1,50 ^a ±0,09	1,58 ^a ±0,22

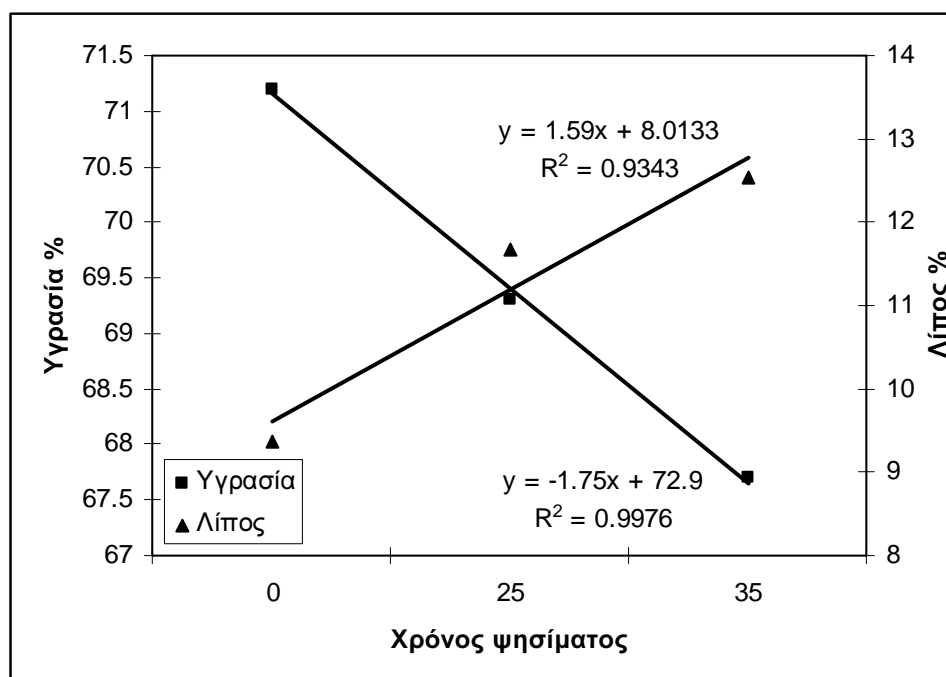
NT1 = Νωπή τσιπούρα μετά από 1 μήνα κατάψυξης

T15Ψ1 = Τσιπούρα ψημένη για 15 min μετά από 1 μήνα κατάψυξης

T25Ψ1 = Τσιπούρα ψημένη για 25 min μετά από 1 μήνα κατάψυξης

T35Ψ1 = Τσιπούρα ψημένη για 35 min μετά από 1 μήνα κατάψυξης

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος ± τυπική απόκλιση από 3 επαναλήψεις σε κάθε δείγμα. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).



Σχήμα 15. Συσχέτιση μεταβολών υγρασίας – λίπους επί υγρού φιλέτων ψητής κατεψυγμένης για 1 μήνα τσιπούρας σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος.

Πίνακας 13. Μέση σύσταση (g/100g ξηρής ουσίας) της κατεψυγμένης για ένα μήνα τσιπούρας (*Sparus aurata*) μετά το ψήσιμο

Δείγματα τσιπούρας μετά από κατάψυξη 1 μηνός				
	Χρόνος ψησίματος			
	NT1	T15Ψ1	T25Ψ1	T35Ψ1
Υγρασία %	71,20 ^a ±1,55	71,40 ^a ±0,68	69,30 ^b ±0,10	67,70 ^c ±2,17
Πρωτεΐνη %	61,81 ^a ±0,85	61,36 ^a ±0,56	56,93 ^b ±0,03	57,60 ^b ±0,24
Λίπος %	32,50 ^a ±1,55	33,04 ^a ±0,76	38,04 ^b ±0,88	38,94 ^b ±1,90
Τέφρα %	5,21 ^a ±0,05	5,24 ^a ±0,05	4,88 ^a ±0,91	4,90 ^a ±0,87

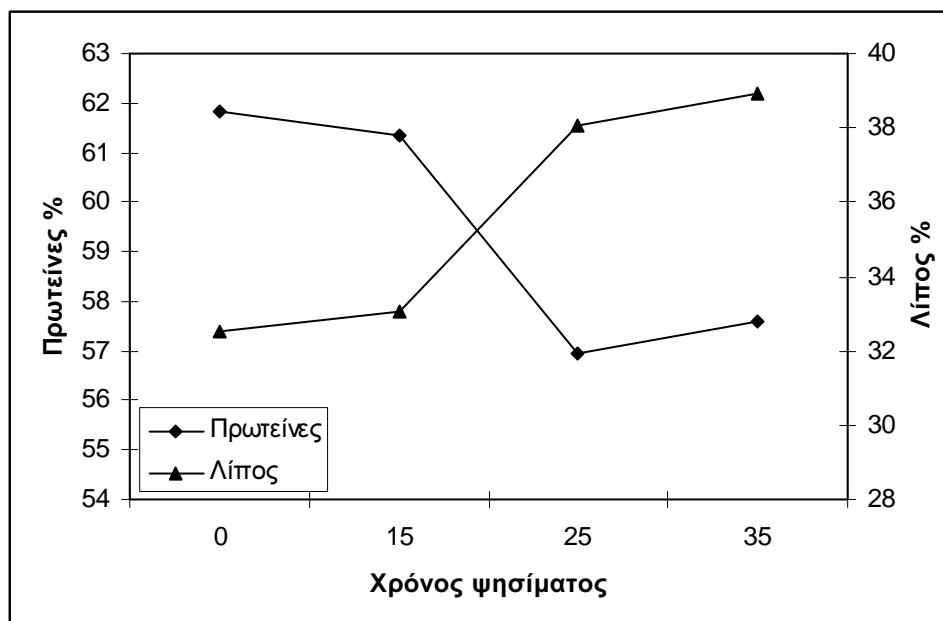
NT1 = Νωπή τσιπούρα μετά από 1 μήνα κατάψυξης

T15Ψ1 = Τσιπούρα ψημένη για 15 min μετά από 1 μήνα κατάψυξης

T25Ψ1 = Τσιπούρα ψημένη για 25 min μετά από 1 μήνα κατάψυξης

T35Ψ1 = Τσιπούρα ψημένη για 35 min μετά από 1 μήνα κατάψυξης

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος ± τυπική απόκλιση από 3 επαναλήψεις σε κάθε δείγμα. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).



Σχήμα 16. Μεταβολές σε πρωτεΐνες και λίπος επί ξηρού, φιλέτων ψητής κατεψυγμένης για 1 μήνα τσιπούρας σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος.

5.1.6 Επίδραση δύο (2) μηνών κατάψυξης στη μέση σύσταση ψημένων σε 4 διαφορετικούς χρόνους φιλέτων τσιπούρας (*Sparus aurata*)

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τον Πίνακα 14 στα φιλέτα τσιπούρας που επεξεργάστηκαν μετά από παραμονή στην κατάψυξη για 2 μήνες η αναμενόμενη μείωση της περιεκτικότητας σε υγρασία λόγω ψησίματος συνοδεύτηκε με αύξηση της περιεκτικότητας σε λίπος, ενώ στις πρωτεΐνες και τέφρα δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές (επί υγρού). Ωστόσο η έκφραση των αποτελεσμάτων επί ξηρού οδήγησαν σε μεταβολές ανάλογες με αυτές που διαπιστώθηκαν στα φιλέτα τσιπούρας που ψήθηκαν μετά την παραμονή τους στην κατάψυξη για 1 μήνα (Πίνακας 15, Σχήμα 17).

Πίνακας 14 Μέση σύσταση (g/100g υγρής ουσίας) της κατεψυγμένης για δυο μήνες τσιπούρας (*Sparus aurata*) μετά το ψήσιμο

Δείγματα τσιπούρας μετά από κατάψυξη 2 μηνών				
	Χρόνος ψησίματος			
	0 λεπτά	15 λεπτά	25 λεπτά	35 λεπτά
Υγρασία %	70,90 ^a ±0,65 ^a	71,40 ^a ±0,33 ^a	68,80 ^b ±0,20	67,30 ^c ±0,26
Πρωτεΐνη %	18,00 ^a ±0,44 ^a	17,80 ^a ±0,63 ^a	18,57 ^a ±0,94	18,60 ^a ±0,97
Λίπος %	9,60 ^a ±0,18 ^a	9,31 ^b ±0,25 ^b	11,12 ^c ±0,32	12,05 ^d ±0,38
Τέφρα %	1,30 ^a ±0,43 ^a	1,30 ^a ±0,51 ^a	1,48 ^a ±0,57	1,45 ^a ±0,60

NT2 = Νωπή τσιπούρα μετά από 2 μήνες κατάψυξης

T15Ψ2 = Τσιπούρα ψημένη για 15 min μετά από 2 μήνες κατάψυξης

T25Ψ2 = Τσιπούρα ψημένη για 25 min μετά από 2 μήνες κατάψυξης

T35Ψ2 = Τσιπούρα ψημένη για 35 min μετά από 2 μήνες κατάψυξης

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος ± τυπική απόκλιση από 3 επαναλήψεις σε κάθε δείγμα. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).

Πίνακας 15 Μέση σύσταση (g/100g ξηρής ουσίας) της κατεψυγμένης για δυο μήνες τσιπούρας (*Sparus aurata*) μετά το ψήσιμο

Δείγματα τσιπούρας μετά από κατάψυξη 2 μηνών				
	Χρόνος ψησίματος			
	0 λεπτά	15 λεπτά	25 λεπτά	35 λεπτά
Υγρασία %	70,90 ^a ±0,65	71,40 ^a ±0,33	68,80 ^b ±0,20	67,30 ^c ±0,26
Πρωτεΐνη %	61,86 ^a ±1,79	62,23 ^a ±0,71	59,51 ^c ±0,20	56,88 ^d ±0,35
Λίπος %	32,99 ^a ±0,79	32,55 ^a ±0,18	35,64 ^b ±0,03	36,85 ^c ±0,05
Τέφρα %	4,47 ^a ±0,16	4,54 ^a ±0,06	4,74 ^a ±0,01	4,43 ^a ±0,08

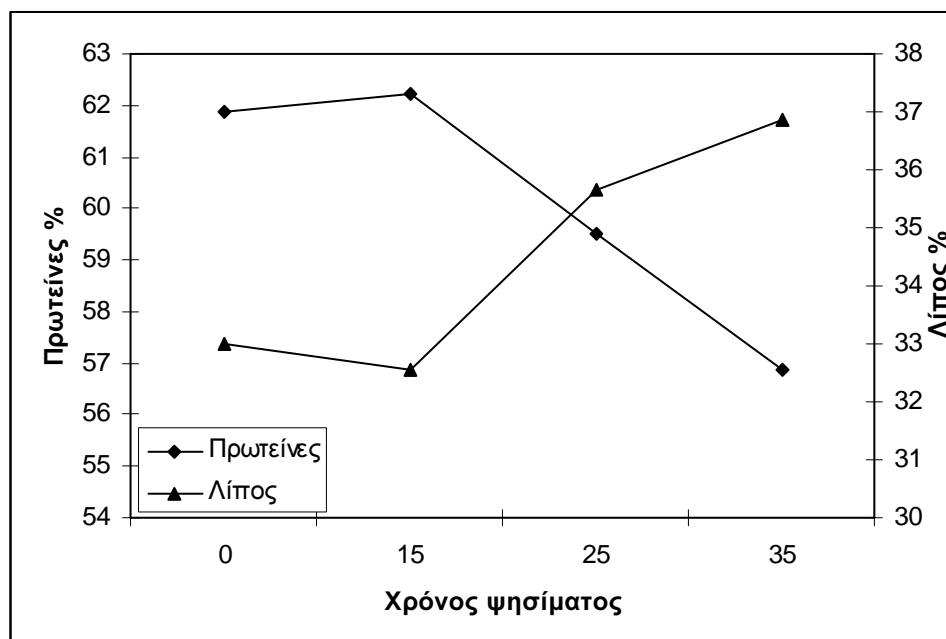
NT2 = Νωπή τσιπούρα μετά από 2 μήνες κατάψυξης

T15Ψ2 = Τσιπούρα ψημένη για 15 min μετά από 2 μήνες κατάψυξης

T25Ψ2 = Τσιπούρα ψημένη για 25 min μετά από 2 μήνες κατάψυξης

T35Ψ2 = Τσιπούρα ψημένη για 35 min μετά από 2 μήνες κατάψυξης

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος ± τυπική απόκλιση από 3 επαναλήψεις σε κάθε δείγμα. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).



Σχήμα 17. Μεταβολές σε πρωτεΐνες και λίπος επί ξηρού, φιλέτων ψητής κατεψυγμένης για 2 μήνες τσιπούρας σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος.

5.1.7 Επίδραση τριών (3) μηνών κατάψυξης στη μέση σύσταση ψημένων σε 4 διαφορετικούς χρόνους φιλέτων τσιπούρας (*Sparus aurata*)

Στα φιλέτα τσιπούρας που παρέμειναν για 3 μήνες στην κατάψυξη πριν την επεξεργασία παρατηρήθηκαν οι εντονότερες μεταβολές. Η αναμενόμενη μείωση της υγρασίας που είχε γραμμική τάση ($R^2 = 0,9555$) οδήγησε σε γραμμική αύξηση τόσο του λίπους ($R^2 = 0,8691$) όσο και της τέφρας ($R^2 = 0,9666$). Σημαντική επίσης ήταν η αύξηση που παρατηρήθηκε στη συγκέντρωση των πρωτεϊνών, κυρίως στα δείγματα που επεξεργάστηκαν για 25 και 35 λεπτά (Πίνακας 16). Η έκφραση των αποτελεσμάτων επί ξηρής ουσίας έδειξε απώλειες των πρωτεϊνικών μορίων κατά την επεξεργασία του ψησίματος οι οποίες συνοδεύτηκαν από αύξηση της περιεκτικότητας του λίπους (Πίνακας 17).

Πίνακας 16 Σύσταση επί υγρού (g/100g υγρής ουσίας) της κατεψυγμένης για τρεις μήνες τσιπούρας (*Sparus aurata*) κατά το ψήσιμο

Δείγματα τσιπούρας μετά από κατάψυξη 3 μηνών				
	Χρόνος ψησίματος			
	0 λεπτά	15 λεπτά	25 λεπτά	35 λεπτά
Υγρασία %	66,10 ^a ±1,17	62,20 ^b ±0,22	57,70 ^c ±0,60	56,50 ^d ±0,52
Πρωτεΐνη %	20,40 ^a ±0,24	20,28 ^a ±0,42	23,41 ^b ±0,13	23,58 ^b ±0,56
Λίπος %	12,50 ^a ±0,75	16,30 ^b ±0,22	17,30 ^c ±0,26	18,20 ^d ±0,38
Τέφρα %	0,90 ^a ±0,10	1,21 ^b ±0,10	1,55 ^c ±0,10	1,67 ^d ±0,20

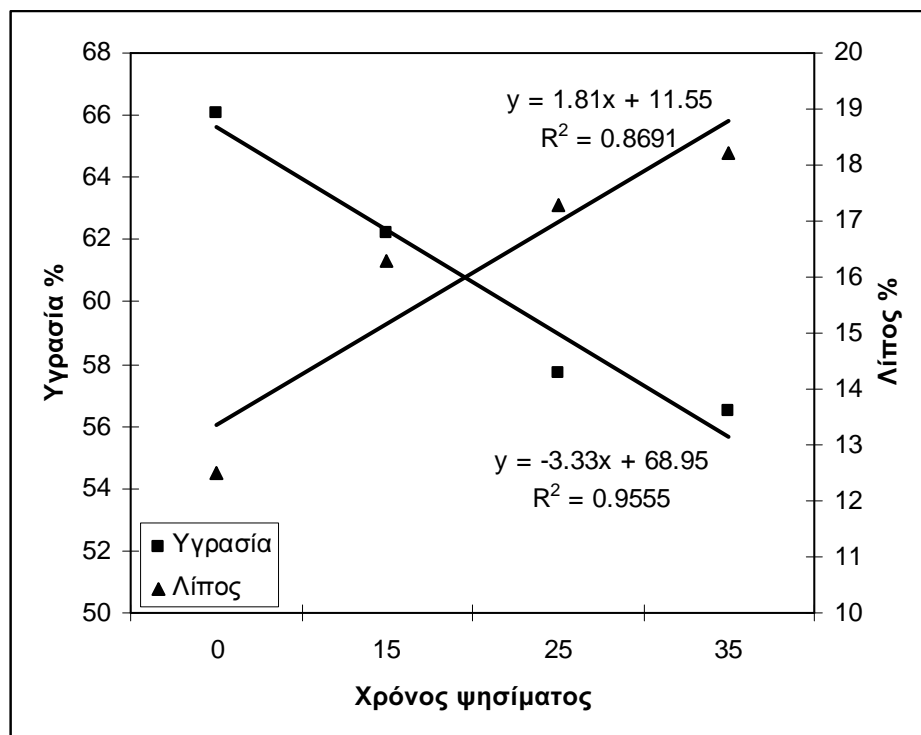
NT3 = Νωπή τσιπούρα μετά από 3 μήνες κατάψυξης

T15Ψ3 = Τσιπούρα ψημένη για 15 min μετά από 3 μήνες κατάψυξης

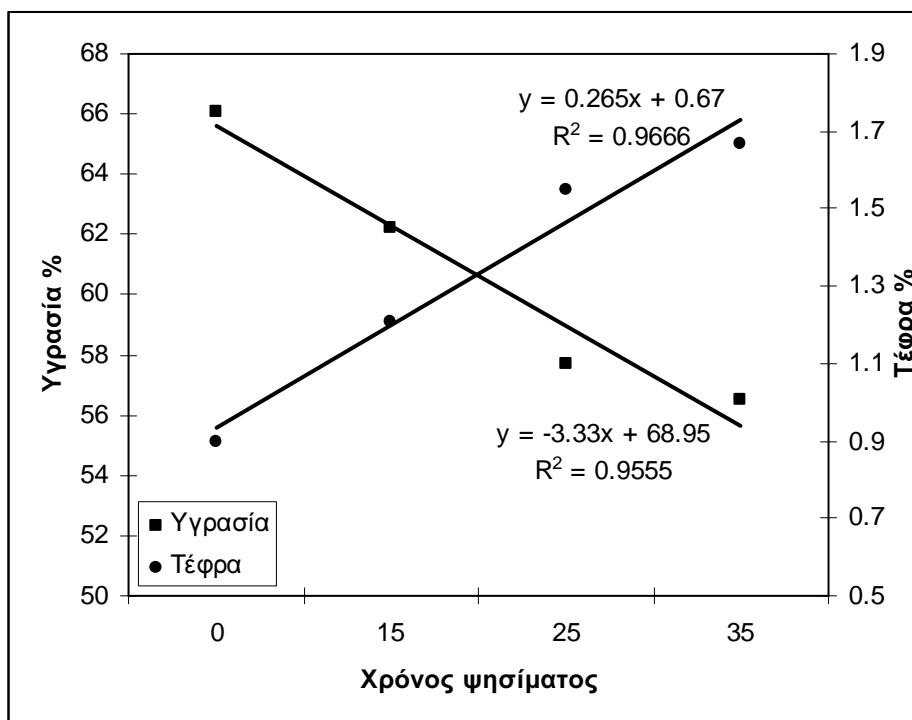
T25Ψ3 = Τσιπούρα ψημένη για 25 min μετά από 3 μήνες κατάψυξης

T35Ψ3 = Τσιπούρα ψημένη για 35 min μετά από 3 μήνες κατάψυξης

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος ± τυπική απόκλιση από 3 επαναλήψεις σε κάθε δείγμα. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).



Σχήμα 18. Συσχέτιση μεταβολών υγρασίας – λίπους επί υγρού ψητής κατεψυγμένης για 3 μήνες τσιπούρας σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος.



Σχήμα 19 Συσχέτιση μεταβολών υγρασίας – τέφρας επί υγρού ψητής κατεψυγμένης για 3 μήνες τσιπούρας σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος.

Πίνακας 17 Σύσταση επί ξηρού (g/100g ξηρής ουσίας) της κατεψυγμένης για τρεις μήνες τσιπούρας (*Sparus aurata*) κατά το ψήσιμο

Δείγματα τσιπούρας μετά από κατάψυξη 3 μηνών				
	Χρόνος ψησίματος			
	0 λεπτά	15 λεπτά	25 λεπτά	35 λεπτά
Υγρασία	66,10 ^a ±1,17 ^a	62,20 ^b ±0,22 ^b	57,70 ^c ±0,60 ^c	56,50 ^d ±0,52 ^d
Πρωτεΐνη	60,18 ^a ±1,24 ^a	53,65 ^b ±0,11 ^b	55,31 ^c ±0,75 ^c	54,20 ^{bc} ±0,85 ^{bc}
Λίπος	36,87 ^a ±0,75 ^a	43,12 ^b ±0,06 ^b	40,89 ^c ±0,41 ^c	41,83 ^d ±0,26 ^d
Τέφρα	2,66 ^a ±0,10 ^a	3,20 ^b ±0,02 ^b	3,66 ^c ±0,02 ^c	3,83 ^d ±0,42 ^d

NT3 = Νωπή τσιπούρα μετά από 3 μήνες κατάψυξης

T15Ψ3 = Τσιπούρα ψημένη για 15 min μετά από 3 μήνες κατάψυξης

T25Ψ3 = Τσιπούρα ψημένη για 25 min μετά από 3 μήνες κατάψυξης

T35Ψ3 = Τσιπούρα ψημένη για 35 min μετά από 3 μήνες κατάψυξης

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος ± τυπική απόκλιση από 3 επαναλήψεις σε κάθε δείγμα. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (p<0,05).

5.2 Επίδραση της κατάψυξης στην κατανομή λιπαρών οξέων τηγανισμένης κουτσομούρας και ψητών φιλέτων τσιπούρας

Η κατανομή των λιπαρών οξέων στα αλιεύματα είναι μια αμφίδρομη διαδικασία κατά την οποία λιπαρά οξέα ανταλλάσσονται μεταξύ του αλιεύματος και του ελαίου τηγανίσματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική διαφοροποίηση της κατανομής των λιπαρών οξέων στα δείγματα αλιευμάτων.

Η κινητική των λιπαρών οξέων έχει ερευνηθεί και σε άλλα τρόφιμα όπως της τηγανισμένης πατάτας σε ελαιόλαδο (Sanchez–Muniz et al., 1992).

5.2.1 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) στο λίπος νωπής και κατεψυγμένης κουτσομούρας (*Mullus barbatus*).

Το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) στο λίπος τόσο της νωπής όσο και της κατεψυγμένης κουτσομούρας κυμάνθηκε από 34,59 % στο νωπό έως 43,34 % στα δείγματα που παρέμειναν στην κατάψυξη για 3 μήνες (Πίνακας 18). Στην ομάδα των κορεσμένων λιπαρών οξέων το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C16:0 (παλμιτικό οξύ) με ποσοστό που κυμάνθηκε από 23,39 % στο νωπό έως 33,17 % στα δείγματα που παρέμειναν στην κατάψυξη για 3 μήνες. Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) κυμάνθηκε από 16,31 % στα νωπά δείγματα έως 24,78 % στα δείγματα που παρέμειναν στην κατάψυξη για 3 μήνες. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C18:1ω-9 (ελαϊκό οξύ) με ποσοστό που κυμάνθηκε από 9,96 % στα νωπά έως 18,13 % στα δείγματα που παρέμειναν στην κατάψυξη για 3 μήνες.

Το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) κυρίως της σειράς ω-3 κυμάνθηκε από 49,10% στα νωπά δείγματα έως 31,88 % στα δείγματα που καταψύχθηκαν για τρεις μήνες.

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τα ανωτέρω οι δύο ομάδες λιπαρών οξέων SFA και MUFA παρουσίασαν σταδιακή αύξηση κατά τη διάρκεια της κατάψυξης η οποία ακολουθήθηκε από αντίστοιχη σταδιακή μείωση των PUFA λιπαρών οξέων και ιδιαίτερα των ω-3.

Η υψηλή περιεκτικότητα σε ω -3 λιπαρά οξέα στα νωπά δείγματα κουτσομούρας δείχνει την υψηλή ποιότητα του αλιεύματος. Η σημαντική μείωση επίσης στην πορεία κατάψυξης δείχνει τη σημαντική ποιοτική υποβάθμιση του. Σε αυτήν την ομάδα τα κυριότερα λιπαρά οξέα ήταν το C22:6 ω -3 (DHA) και το C20:5 ω -3 (EPA), με ποσοστά που κυμάνθηκαν από 22,47% και 11,52 στα δείγματα που δεν καταψύχθηκαν έως 16,95% και 7,35% στα δείγματα που καταψύχθηκαν για τρεις μήνες. Η σημαντική μείωση των DHA και EPA κατά τη διάρκεια της κατάψυξης δείχνουν σημαντική οξείδωση του λίπους της κουτσομούρας κατά την κατάψυξη της. Η έκταση της οξείδωσης μπορεί επίσης να διαπιστωθεί και από τη σημαντική μείωση των λόγων C22:6 ω -3/C16:0 (σημαντικός δείκτης ελέγχου οξείδωσης κατά τη διάρκεια της κατάψυξης) και C20:5 ω -3/C16:0 (Πίνακας 19). Ως εκ των ανωτέρω, και παρά την υψηλή τιμή του λόγου ω -3/ ω -6 σε όλα τα κατεψυγμένα δείγματα, μπορεί να εξαχθεί ως συμπέρασμα ότι η κατάψυξη οδηγεί σε σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας των λιπαρών υλών της κουτσομούρας.

Πίνακας 18. Επίδραση της κατάψυξης στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) στο σύνολο των λιπαρών οξέων στο λίπος κουτσομούρας (*Mullus barbatus*)

Λιπαρό οξύ	Νωπό	Κατεψυγμένο Μήνας 1 ^{ος}	Κατεψυγμένο Μήνας 2 ^{ος}	Κατεψυγμένο Μήνας 3 ^{ος}
C 14:0	4,93	4,24	4,01	4,32
C 15:0	1,63	1,41	1,31	1,39
C 16:0	23,39	27,59	32,30	33,17
C 16:1 ω-7	2,38	2,07	4,30	4,90
C 16:2 ω-6	1,30	0,37	-	-
C 17:0	1,77	1,26	1,13	1,13
C 16:4 ω-3	1,60	1,13		1,08
C 18:0	2,87	3,10	3,41	3,33
C 18:1 ω-9	9,96	14,61	17,37	18,13
C 18:1 ω-7	1,91	1,63	1,14	0,87
C 18:2 ω-6	1,49	2,05	2,76	1,95
C18:2 ω-4	0,47	0,23	0,23	0,31
C18:3 ω-6	0,41	0,35	-	-
C 18:3 ω-4	0,20	0,17	0,18	0,14
C 18:3 ω-3	0,17	0,05	-	-
C 18:4 ω-3	0,42	0,83	0,80	0,73
C 20:1 ω-9	0,41	0,70	0,87	0,88
C 20:2 ω-9	0,22	0,20	0,34	0,31
C 20:2 ω-6	0,60	0,52	0,63	0,76
C 20:4 ω-6	1,52	1,61	-	-
C 20:4 ω-3	3,92	2,73	2,32	2,30
C 20:5 ω-3	11,52	9,89	8,02	7,35
C 22:1 ω-11	1,65	-	-	-
C 22:3 ω-6	0,46	0,82	-	-
C 22:5 ω-3	2,33	1,25	-	-
C 22:6 ω-3	22,47	21,19	18,88	16,95
Σ SFA	34,59	37,60	42,16	43,34
Σ MUFA	16,31	19,01	23,68	24,78
Σ PUFA	49,10	43,39	34,16	31,88
Σ ω3	42,43	37,07	30,2	21,06
Σω6	5,78	5,72	3,39	2,71
EPA+DHA	33,99	31,08	26,90	24,30
ω-3/ω-6	7,34	6,48	8,91	7,77

Πίνακας 19. Επίδραση της κατάψυξης στην οξείδωση των λιπαρών οξέων των λιπαρών υλών της κουτσομούρας.

Χρόνος κατάψυξης	C22:6ω-3/C16:0	% μείωση	C20:5ω-3/C16:0	% μείωση
Νωπό	0,96		0,49	
1 μήνας	0,77	19,8	0,36	26,5
2 μήνες	0,58	39,6	0,25	49,0
3 μήνες	0,51	46,9	0,22	55,0

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τον πίνακα 19 όσο αυξάνει ο χρόνος κατάψυξης τόσο αυξάνει ο ρυθμός οξείδωσης των λιπαρών οξέων των λιπαρών υλών. Ο λόγος C22:6ω-3/C16:0 έχει ευρύτητα χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο οξείδωσης των λιπαρών οξέων των λιπαρών υλών των αλιευμάτων στην κατάψυξη και για πολλούς ερευνητές είναι πιθανότατα ο καλύτερος τρόπος ελέγχου μεταβολής των λιπαρών υλών (Brinkmann,2000). Στη συγκεκριμένη εργασία σημαντική μεταβολή παρατηρήθηκε και στο λόγο C20:5ω-3/C16:0, αναδεικνύοντας πιθανώς και αυτό το λόγο ως ιδιαίτερα σημαντικό για τον έλεγχο οξείδωσης των λιπαρών οξέων της κουτσομούρας κατά την κατάψυξη.

5.2.2 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) κατά το τηγάνισμα σε ελαιόλαδο

Το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) στο λίπος τόσο της κατεψυγμένης όσο και της νωπής κουτσομούρας κυμάνθηκε από 29,48 % στα νωπά δείγματα έως 14,41 % στα δείγματα που παρέμειναν στην κατάψυξη για 3 μήνες και στη συνέχεια τηγανίστηκαν σε ελαιόλαδο (Πίνακας 20). Στην ομάδα των κορεσμένων λιπαρών οξέων το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C16:0 (παλμιτικό οξύ) με ποσοστό που κυμάνθηκε από 23,09 % στο νωπά δείγματα έως 13,95 % στα δείγματα που παρέμειναν στην κατάψυξη για 3 μήνες και στη συνέχεια τηγανίστηκαν σε ελαιόλαδο. Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) κυμάνθηκε από 47,43 % στα νωπά δείγματα έως 78,08 % στα δείγματα που παρέμειναν στην κατάψυξη για 3 μήνες και στη συνέχεια τηγανίστηκαν σε ελαιόλαδο. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ, όπως ήταν αναμενόμενο, ήταν το C18:1ω-9 (ελαϊκό οξύ) με ποσοστό που κυμάνθηκε από 44,17 %

στα νωπά έως 76,78 % στα δείγματα που παρέμειναν στην κατάψυξη για 3 μήνες και στη συνέχεια τηγανίστηκαν σε ελαιόλαδο.

Το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) κυρίως της σειράς ω-3 κυμάνθηκε από 23,10% στα νωπά δείγματα έως 7,54 % στα δείγματα που καταψύχθηκαν για τρεις μήνες και στη συνέχεια τηγανίστηκαν σε ελαιόλαδο.

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τα ανωτέρω οι δύο ομάδες λιπαρών οξέων SFA και PUFA παρουσίασαν σταδιακή μείωση κατά το τηγάνισμα των δειγμάτων σε διαφορετικούς χρόνους κατάψυξης η οποία ακολουθήθηκε από αντίστοιχη σταδιακή αύξηση των MUFA λιπαρών οξέων.

Διαπιστώνεται εκ των ανωτέρω ότι η πορεία κατάψυξης οδήγησε σε τηγανισμένα δείγματα με σημαντική μείωση σε ω-3 λιπαρά οξέα που δείχνει τη σημαντική ποιοτική υποβάθμιση των τηγανισμένων δειγμάτων κουτσομούρας και ιδιαίτερα η υποβάθμιση αυτή μπορεί να παρατηρηθεί στα δείγματα που τηγανίστηκαν μετά από κατάψυξη 3 μηνών. Στην ομάδα ω-3 λιπαρών οξέων τα κυριότερα λιπαρά οξέα, όπως ήταν αναμενόμενο, ήταν το C22:6ω-3 (DHA) και το C20:5ω-3 (EPA). Το C22:6ω-3 (DHA) κυμάνθηκε από 6,76% στα δείγματα που τηγανίστηκαν χωρίς να καταψυχθούν και 0,91% στα δείγματα που τηγανίστηκαν μετά από 3 μήνες κατάψυξης, ενώ το C20:5ω-3 (EPA) κυμάνθηκε από 4,64% στα δείγματα που τηγανίστηκαν χωρίς να καταψυχθούν και 0,63% στα δείγματα που τηγανίστηκαν μετά από 3 μήνες κατάψυξη. Η σημαντική μείωση των DHA και EPA κατά το τηγάνισμα και ιδιαίτερα των κατεψυγμένων δειγμάτων δείχνουν τη σημαντική υποβάθμιση των λίπους των αλιευμάτων. Η υποβάθμιση αυτή μπορεί να διαπιστωθεί και από την σημαντική μείωση του λόγου ω-3/ω-6 λιπαρών οξέων (σημαντικός δείκτης ποιότητας των λιπαρών υλών) (Πίνακας 20).

Οι Sanchez–Muniz *et al.* (1992) ανακοίνωσαν ανάλογα αποτελέσματα σε τηγανισμένα σε ελαιόλαδο αλιεύματα. Παρατήρησαν σημαντική αύξηση στο ελαϊκό οξύ από 20,5 % σε 65,8 % και σημαντική

μείωση στο παλμιτικό οξύ από 27,6 % σε 14,1 % και στα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα από 30,7 % σε 11,3 %.

Οι Garcia-Arias *et al.* (2003) διαπίστωσαν επίσης αύξηση του ελαϊκού και λινελαϊκού οξέος στη τηγανισμένη σαρδέλα σε ελαιόλαδο που είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της συγκέντρωσης των υπόλοιπων λιπαρών οξέων κάτι που επιβεβαιώθηκε και στην παρούσα εργασία.

Πίνακας 20 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) στο σύνολο των λιπαρών οξέων στο λίπος κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) κατά τις επεξεργασίες του τηγανίσματος.

Λιπαρό οξύ	NKTE	KTE1	KTE2	KTE3
C 14:0	1,43	0,97	0,43	0,28
C 15:0	0,51	-	-	-
C 16:0	23,09	21,53	14,43	13,95
C 16:1 ω-7	2,65	2,95	1,69	1,30
C 16:2 ω-6	0,36	-	-	-
C 17:0	0,40	0,35	-	-
C 16:4 ω-3	0,21	0,20	-	-
C 18:0	4,05	0,72	-	-
C 18:1 ω-9	44,17	53,55	73,86	76,78
C 18:2 ω-6	6,63	7,20	4,81	4,88
C18:3 ω-6	0,23	0,10	-	-
C 18:4 ω-3	0,53	0,97	0,70	0,70
C 20:1 ω-9	0,09	0,15	-	-
C 20:2 ω-9	0,71	0,58	0,41	-
C 20:2 ω-6	0,53	0,53	0,34	0,17
C 20:4 ω-6	-	-	-	-
C 20:4 ω-3	1,85	0,95	0,38	0,25
C 20:5 ω-3	4,64	3,11	1,14	0,63
C 22:1 ω-11	0,52	-	-	-
C 22:5 ω-3	0,65	-	-	-
C 22:6 ω3	6,76	5,86	1,82	0,91
Σ SFA	29,48	23,57	14,86	14,41
Σ MUFA	47,43	56,93	75,55	78,08
Σ PUFA	23,10	19,50	9,60	7,54
Σ ω3	14,64	11,09	4,04	2,49
Σω6	7,52	7,73	5,15	5,05
EPA+DHA	11,40	8,97	2,96	1,54
ω-3/ω-6	1,95	1,43	0,78	0,49

NKTE = Νωπή κουτσομούρα τηγανισμένη σε ελαιόλαδο

KTE1 = Κουτσομούρα τηγανισμένη σε ελαιόλαδο μετά από 1 μήνα κατάψυξης

KTE2 = Κουτσομούρα τηγανισμένη σε ελαιόλαδο μετά από 2 μήνες κατάψυξης

KTE3 = Κουτσομούρα τηγανισμένη σε ελαιόλαδο μετά από 3 μήνες κατάψυξης

5.2.3 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων του ελαιολάδου κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος

Το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) στο λίπος τόσο στο ακατέργαστο όσο και στο επεξεργασμένο έλαιο κυμάνθηκε από 3,84 % στο ακατέργαστο έως 12,58 % στο δείγμα ελαίου που τηγανίστηκε το δείγμα της τρίμηνης κατάψυξης (Πίνακας 21). Στην ομάδα των κορεσμένων λιπαρών οξέων το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C16:0 (παλμιτικό οξύ) με ποσοστό που κυμάνθηκε από 3,84 % στο ακατέργαστο έλαιο έως 12,58% στο δείγμα ελαίου που τηγανίστηκε το δείγμα της τρίμηνης κατάψυξης. Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) κυμάνθηκε από 84,56 % στο ακατέργαστο έλαιο έως 73,69 % στο έλαιο που τηγανίστηκαν τα νωπά δείγματα. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C18:1ω-9 (ελαϊκό οξύ) με ποσοστό που κυμάνθηκε από 85,79 % στο ακατέργαστο έλαιο έως 71,37 % στο δείγμα ελαίου που τηγανίστηκε το νωπό. Σύμφωνα με τον Brinkmann (2000) τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα και κυρίως το ελαϊκό είναι σχετικά σταθερά έναντι της οξειδωσης.

Το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) κυρίως της σειράς ω-6 (λινελαϊκό οξύ) κυμάνθηκε από 22,54% στο δείγμα ελαίου που τηγανίστηκε το νωπό έως 7,12 % στο δείγμα ελαίου που τηγανίστηκαν τα δείγματα τρίμηνης κατάψυξης (Πίνακας 21). Τα ω-3 λιπαρά οξέα εκφράστηκαν από το C18:3ω-3 (λινολενικό οξύ) στο μη επεξεργασμένο ελαιόλαδο, ωστόσο το τηγάνισμα οδήγησε στην εμφάνιση των C22:6ω-3 (DHA) και C20:5ω-3 (EPA) στο ελαιόλαδο, λιπαρά οξέα που απομακρύνθηκαν από τα δείγματα (Πίνακας 21).

Πίνακας 21. Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) στο σύνολο των λιπαρών οξέων στο λίπους του ελαιολάδου κατά τις επεξεργασίες του τηγανίσματος.

Λιπαρό οξύ	A.E	ΔΕΝΤ	ΔΕΤΚ2	ΔΕΤΚ3
C 14:0	-	0,07	-	-
C 15:0	-	-	-	-
C 16:0	3,84	3,73	7,47	12,58
C 16:1 ω-7	1,77	2,32	1,82	0,90

C 16:2 ω-6	-	-	0,14	-
C 16:4 ω-3	-	0,09	0,10	-
C 18:1 ω-9	85,79	71,37	73,31	79,40
C 18:2 ω-6	9,72	18,75	13,20	5,13
C 18:3 ω-3	1,35	1,74	1,89	0,72
C 20:1 ω-9	-	0,07	-	-
C 20:2 ω-9	0,54	1,14	1,18	0,29
C 20:2 ω-6	-	0,15	0,22	0,02
C 20:4 ω-6	-	0,08	-	-
C 20:5 ω-3	-	0,28	0,22	0,38
C 22:6 ω3	-	0,31	0,44	0,58
Σ SFA	3,84	3,80	7,47	12,58
Σ MUFA	84,56	73,69	75,63	80,30
Σ PUFA	11,61	22,54	16,95	7,12
Σ ω3	1,35	2,42	2,65	1,68
Σω6	9,72	18,98	13,56	5,15
EPA+DHA	-	0,59	0,66	0,96

A.E= Ακατέργαστο έλαιο

ΔΕΝΤ = Δείγμα ελαιολάδου της νωπής τηγανισμένης κουτσομούρας

ΔΕΤΚ2 = Δείγμα ελαιολάδου της τηγανισμένης κουτσομούρας μετά από δύο μήνες κατάψυξης

ΔΕΤΚ3 = Δείγμα ελαιολάδου της τηγανισμένης κουτσομούρας μετά από τρεις μήνες κατάψυξης

5.2.4 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) κατά το τηγάνισμα σε ηλιέλαιο

Το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) στο λίπος τόσο της κατεψυγμένης όσο και της νωπής κουτσομούρας κυμάνθηκε από 24,17 % στα νωπά δείγματα έως 13,17 % στα δείγματα που παρέμειναν στην κατάψυξη για 3 μήνες και στη συνέχεια τηγανίστηκαν σε ηλιέλαιο (Πίνακας 22). Στην ομάδα των κορεσμένων λιπαρών οξέων το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C16:0 (παλμιτικό οξύ) με ποσοστό που κυμάνθηκε από 18,14 % στο νωπά δείγματα έως 10,98 % στα δείγματα που παρέμειναν στην κατάψυξη για 3 μήνες και στη συνέχεια τηγανίστηκαν σε ηλιέλαιο. Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) κυμάνθηκε από 20,98 % στα νωπά δείγματα έως 17,27 % στα δείγματα που παρέμειναν στην κατάψυξη για 2 μήνες και στη συνέχεια τηγανίστηκαν σε ηλιέλαιο. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ, όπως ήταν αναμενόμενο, ήταν το C18:1ω-9 (ελαϊκό οξύ) με ποσοστό που κυμάνθηκε από 14,77 % στα νωπά έως 19,65 % στα δείγματα που παρέμειναν στην κατάψυξη για 1 μήνα και στη συνέχεια τηγανίστηκαν σε ηλιέλαιο.

Το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) κυρίως της σειράς ω-6, και όχι της ω-3 χαρακτηριστικής των αλιευμάτων, κυμάνθηκε από 54,87% στα νωπά δείγματα έως 68,90 % στα δείγματα που καταψύχθηκαν για τρεις μήνες και στη συνέχεια τηγανίστηκαν σε ηλιέλαιο.

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τα ανωτέρω οι δύο ομάδες λιπαρών οξέων SFA και MUFA παρουσίασαν μείωση κατά το τηγάνισμα των δειγμάτων σε διαφορετικούς χρόνους κατάψυξης η οποία ακολουθήθηκε από αντίστοιχη σταδιακή αύξηση των PUFA λιπαρών οξέων, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας του ηλιέλαιου σε λινελαϊκό οξύ (C18:2ω-6).

Στην ομάδα ω-3 λιπαρών οξέων τα κυριότερα λιπαρά οξέα, όπως ήταν αναμενόμενο, ήταν το C22:6ω-3 (DHA) και το C20:5ω-3 (EPA). Το C22:6ω-3 (DHA) κυμάνθηκε από 4,09% στα δείγματα που τηγανίστηκαν χωρίς να καταψυχθούν και 1,71% στα δείγματα που τηγανίστηκαν μετά από 3 μήνες κατάψυξη, ενώ το C20:5ω-3 (EPA) κυμάνθηκε από 5,63% στα δείγματα που τηγανίστηκαν χωρίς να καταψυχθούν και 0,75% στα δείγματα που τηγανίστηκαν μετά από 3 μήνες κατάψυξη. Η σημαντική μείωση των DHA και EPA κατά το τηγάνισμα και ιδιαίτερα των κατεψυγμένων δειγμάτων δείχνουν τη σημαντική υποβάθμιση των λίπους των αλιευμάτων. Η υποβάθμιση αυτή μπορεί να διαπιστωθεί και από την σημαντικότερη μείωση του λόγου ω-3/ω-6 λιπαρών οξέων, ο οποίος στην περίπτωση του τηγανίσματος με ηλιέλαιο ήταν ιδιαίτερα σημαντικός λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε C18:2ω-6 του ηλιέλαιου (Πίνακας 22). Έτσι η κατανομή των λιπαρών οξέων της τηγανισμένης σε ηλιέλαιο κουτσομούρας, ιδιαίτερα στα δείγματα μετά 3 μήνες κατάψυξη, δίνει την εικόνα της κατανομής λιπαρών οξέων ενός φυτικού προϊόντος και όχι αλιεύματος.

Οι Sanchez–Muniz et al. (1992) παρατήρησαν αύξηση 19,9 φορές στα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα της σαρδέλας της σειράς ω-6 όταν τηγανίστηκαν σε ηλιέλαιο ενώ αντίστοιχα στο ηλιέλαιο παρατηρήθηκε μείωση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων όπως και στην παρούσα εργασία.

Πίνακας 22 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) στο σύνολο των λιπαρών οξέων στο λίπος κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) και του ηλιέλαιου κατά τις επεξεργασίες του τηγανίσματος.

Λιπαρό οξύ	NKTH	KTH1	KTH2	KTH3
C 14:0	2,17	0,92	0,74	0,44
C 15:0	0,80	-	-	-
C 16:0	18,14	13,70	11,81	10,98
C 16:1 ω-7	5,36	1,01	1,45	0,86
C 16:2 ω-6	0,58	-	-	-
C 17:0	0,72	-	-	-
C 16:4 ω-3	0,52	-	0,08	-
C 18:0	2,34	1,20	2,69	1,75
C 18:1 ω-9	14,77	19,65	15,71	16,93
C 18:2 ω-6	39,78	58,20	62,38	65,30
C18:3 ω-6	0,11	-	-	-
C 18:3 ω-3	0,10	0,19	0,18	0,14
C 18:4 ω-3	0,25	0,06	-	-
C 20:1 ω-9	0,16	0,09	0,11	0,14
C 20:2 ω-9	0,31	0,29	0,26	0,24
C 20:2 ω-6	0,59	0,04	0,28	0,37
C 20:4 ω-3	2,24	0,53	0,41	0,39
C 20:5 ω-3	5,63	1,74	1,07	0,75
C 22:1 ω11	0,69	-	-	-
C 22:5 ω-3	0,67	-	-	-
C 22:6 ω-3	4,09	2,36	2,85	1,71
Σ SFA	24,17	15,82	15,24	13,17
Σ MUFA	20,98	20,75	17,27	17,93
Σ PUFA	54,87	63,41	67,51	68,90
Σ ω3	13,50	4,88	4,59	2,99
Σω6	41,06	58,24	62,66	65,67
EPA+DHA	9,72	4,10	3,92	2,46
ω-3/ω-6	0,33	0,08	0,07	0,05

NKTH = Νωπή κουτσομούρα τηγανισμένη σε ηλιέλαιο

KTH1 = Κουτσομούρα τηγανισμένη σε ηλιέλαιο μετά από 1 μήνα κατάψυξης

KTH2 = Κουτσομούρα τηγανισμένη σε ηλιέλαιο μετά από 2 μήνες κατάψυξης

KTH3 = Κουτσομούρα τηγανισμένη σε ηλιέλαιο μετά από 3 μήνες κατάψυξης

5.2.5 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων του ηλιέλαιου κατά τη διαδικασία του τηγανίσματος

Το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) στο λίπος τόσο στο ακατέργαστο όσο και στο επεξεργασμένο έλαιο κυμάνθηκε από 8,03 % στο ακατέργαστο έως 4,96 % στο δείγμα ελαίου που τηγανίστηκε το δείγμα

της τρίμηνης κατάψυξης (Πίνακας 23). Στην ομάδα των κορεσμένων λιπαρών οξέων το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C16:0 (παλμιτικό οξύ) με ποσοστό που κυμάνθηκε από 9,74 % στο δείγμα ελαίου που τηγανίστηκε το κατεψυγμένο των δύο μηνών έως 4,79% στο δείγμα ελαίου που τηγανίστηκε το δείγμα της τρίμηνης κατάψυξης. Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) κυμάνθηκε από 16,96% στο ακατέργαστο έλαιο έως 6,37 % στο έλαιο που τηγανίστηκε το νωπό. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C18:1ω-9 με ποσοστό που κυμάνθηκε από 16,84 % στο ακατέργαστο έλαιο έως 6,20 % στο δείγμα ελαίου που τηγανίστηκε το νωπό.

Το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) κυρίως της σειράς ω-6 (λινελαϊκό οξύ) κυμάνθηκε από 74,98% στο δείγμα ακατέργαστου ελαίου έως 83,94% στο δείγμα ελαίου που τηγανίστηκαν τα νωπά αλιεύματα (Πίνακας 23). Από τα ω-3 λιπαρά οξέα ανιχνεύτηκε μόνο το C18:3ω-3 σε ποσοστό 0,26%, ενώ στο τηγανισμένο ηλιέλαιο σημαντική ήταν η αύξηση του C20:5ω-3 (EPA) 0,81% στο λάδι όπου τηγανίστηκαν οι κουτσομούρες τρίμηνης κατάψυξης. Ανιχνεύθηκαν, ενώ το C22:6ω-3 (DHA) ανιχνεύθηκε σε ποσοστό μόνο 0,19% στο αντίστοιχο δείγμα λαδιού (Πίνακας 23). Από τα ανωτέρω λιπαρά στο ελαιόλαδο, λιπαρά οξέα που απομακρύνθηκαν από τα δείγματα.

Ο σχηματισμός πολυμερών κυκλικών λιπαρών οξέων και άλλων ανεπιθύμητων παραπροϊόντων αποικοδόμησης του ελαίου αυξάνει επίσης κατά το τηγάνισμα με έλαια τα οποία περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις λινελαϊκού οξέος. Το λινελαϊκό οξύ οξειδώνεται 100 φορές ταχύτερα από το ελαϊκό (Brinkmann, 2000).

Πίνακας 23 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) στο σύνολο των λιπαρών οξέων του ηλιέλαιου κατά τις επεξεργασίες του τηγανίσματος.

Λιπαρό οξύ	A.E	ΔΗΝΤ	ΔΗΤΚ2	ΔΗΤΚ3
C 14:0	-	0,16	0,13	0,17
C 16:0	8,03	9,51	9,74	4,79
C 16:1 ω-7	0,12	0,15	0,13	0,12
C 16:2 ω-6	-	0,19	-	-

C 18:1 ω-9	16,84	6,20	9,31	15,58
C 18:2 ω-6	74,31	82,69	79,57	77,66
C 18:3 ω-3	0,26	0,06	0,06	0,10
C 20:1 ω-9	-	0,02	0,05	-
C 20:2 ω-9	0,25	0,32	0,32	0,32
C 20:2 ω-6	0,16	0,28	0,28	0,28
C 20:5 ω-3	-	0,31	0,30	0,81
C 22:6 ω-3	-	0,09	0,11	0,19
Σ SFA	8,03	9,67	9,87	4,96
Σ MUFA	16,96	6,37	9,49	15,70
Σ PUFA	74,98	83,94	80,64	79,36
Σ ω3	0,26	0,46	0,47	1,10
Σω6	74,47	83,16	79,85	77,94
EPA+DHA	0,26	0,40	0,41	1,00

A.E= Ακατέργαστο έλαιο

ΔΗΝΤ = Δείγμα ηλιέλαιου της νωπής τηγανισμένης κουτσομούρας

ΔΗΤΚ2 = Δείγμα ηλιέλαιου της τηγανισμένης κουτσομούρας μετά από δύο μήνες κατάψυξης

ΔΗΤΚ3 = Δείγμα ηλιέλαιου της τηγανισμένης κουτσομούρας μετά από τρεις μήνες κατάψυξης

5.3 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) στο λίπος νωπής και κατεψυγμένης τσιπούρας ιχθυοτροφείου.

Το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) στο λίπος τόσο της νωπής όσο και της κατεψυγμένης τσιπούρας παρουσίασε ήπιες μεταβολές κατά τη διάρκεια της κατάψυξης, με κυριότερο λιπαρό οξύ το C16:0 (Πίνακας 24). Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) παρουσίασε αύξηση κυρίως κατά τον πρώτο και τρίτο μήνα κατάψυξης από 24,91% σε 27,91% και 28,80% αντίστοιχα, με κυριότερο το C18:1ω-9. Το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) αντίθετα παρουσίασε μείωση κατά τον πρώτο και δεύτερο μήνα κατάψυξης. Έτσι από 51,21% στα νωπά δείγματα μειώθηκαν σε 48,27% μετά τον πρώτο μήνα κατάψυξης και σε 46,39% μετά τον δεύτερο μήνα κατάψυξης. Οι παρατηρούμενη μείωση των PUFA δείχνει πιθανή οξειδωση των ακόρεστων λιπαρών οξέων κατά τη διάρκεια της κατάψυξης (Πίνακας 24).

Η ανωτέρω διαπίστωση, πιθανής οξειδωσης των λιπαρών οξέων, επιβεβαιώθηκε μέσω του δείκτη C22:6ω-3/C16:0. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τον πίνακα 25 όσο αυξάνει ο χρόνος κατάψυξης τόσο μειώνεται ο λόγος C22:6ω-3/C16:0. Στη συγκεκριμένη εργασία αξιολογή ήταν και η μεταβολή που παρατηρήθηκε στο λόγο C20:5ω-3/C16:0, αναδεικνύοντας πιθανώς και το λόγο C20:5ω-3/C16:0 ως δείκτη για τον έλεγχο οξειδωσης των λιπαρών οξέων της τσιπούρας κατά την κατάψυξη.

Ο λόγος ω -3/ ω -6 κινήθηκε σε απρόσμενα ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα, επιβεβαιώνοντας την κακή διατροφή των δειγμάτων τσιπούρας η οποία συνίστατο πιθανώς μόνο από φυτικά έλαια. Μια τέτοια διατροφή οδηγεί σε σημαντική διαφοροποίηση των λιπαρών οξέων των αλιευμάτων και καθιστά τα αλιεύματα των υδατοκαλλιεργειών χαμηλής ποιότητας τρόφιμα (Πίνακας 24).

Πίνακας 24. Επίδραση της κατάψυξης στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) στο σύνολο των λιπαρών οξέων στο λίπος τσιπούρας

	NT0	T1	T2	T3
C 14:0	2,13	2,63	3,16	4,16
C15:0	0,33	0,33	0,28	0,28
C16:0	16,77	16,27	18,10	18,17
C16:1 ω -7	3,43	4,43	4,86	4,80
C17:0	0,19	0,19	0,21	0,20
C16:4 ω -3	0,37	0,37	0,44	0,44
C18:0	4,40	4,40	2,00	2,00
C18:1 ω -9	20,34	22,34	21,61	22,61
C18:1 ω -7	1,14	1,14	1,39	1,39
C18:2 ω -6	22,78	22,78	19,21	22,21
C18:2 ω -4	0,47	0,47	0,59	0,59
C18:3 ω -3	3,61	3,61	3,30	3,30
C20:4 ω -6	2,28	2,28	3,12	3,12
C20:4 ω -3	0,12	0,12	0,12	0,12
C20:5 ω -3	7,66	6,66	7,21	6,21
C22:5 ω -3	0,89	0,89	1,18	1,18
C22:6 ω -3	13,09	11,09	11,22	9,22
Σ SFA	23,82	23,82	23,75	24,81
Σ MUFA	24,91	27,91	27,86	28,8
Σ PUFA	51,21	48,27	46,39	46,39
Σ ω 3	25,74	22,74	23,47	20,47
Σ ω 6	25,06	25,06	22,33	25,33
ω -3/ ω -6	1,02	0,90	1,05	0,80
EPA+DHA	20,75	17,75	18,43	15,43

NT0 = Νωπή τσιπούρα που δεν καταψύχθηκε

T1 = Τσιπούρα που καταψύχθηκε για 1 μήνα

T2 = Τσιπούρα που καταψύχθηκε για 2 μήνες

T3 = Τσιπούρα που καταψύχθηκε για 3 μήνες

Πίνακας 25. Επίδραση της κατάψυξης στην οξείδωση των λιπαρών οξέων των λιπαρών υλών της τσιπούρας.

Χρόνος κατάψυξης	C22:6ω-3/C16:0	% μείωση	C20:5ω-3/C16:0	% μείωση
Νωπό	0,78		0,46	
1 μήνας	0,68	12,8	0,41	10,9
2 μήνες	0,62	20,5	0,40	13,0
3 μήνες	0,51	34,6	0,34	26,0

5.3.1 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων νωπής τσιπούρας (*Sparus aurata*) κατά το ψήσιμο

Το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) στο λίπος της μη κατεψυγμένης τσιπούρας κυμάνθηκε από 23,82 % στο νωπό έως 30,63% στα ψημένα για 35 min δείγματα (Πίνακας 26). Στην ομάδα των κορεσμένων λιπαρών οξέων το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C16:0 με ποσοστό που κυμάνθηκε από 16,77 % στο νωπό έως 20,70 % στα δείγματα που ψήθηκαν για 35 min. Παρατηρείται ότι τα επίπεδα του C16:0 και κατ' επέκταση και του συνόλου των κορεσμένων λιπαρών οξέων στο λίπος της τσιπούρας παρουσιάζουν αύξηση καθώς αυξάνει ο χρόνος ψησίματος.

Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) κυμάνθηκε από 24,91 % στα νωπά δείγματα έως 26,76 % στα δείγματα που ψήθηκαν για 35 min. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C18:1ω-9 με ποσοστό που κυμάνθηκε από 19,21 % στα 35 min ψησίματος έως 20,34% στα νωπά δείγματα. Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων ήταν σταθερό χωρίς ιδιαίτερες μεταβολές σε όλες της επεξεργασίες ψησίματος (Πίνακας 26).

Το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) κυρίως της σειράς ω-3 κυμάνθηκε από 42,61 % στα δείγματα που επεξεργάστηκαν για 35 min έως 51,21% στα νωπά δείγματα. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C18:2ω-6 (λινελαϊκό οξύ), με ποσοστό που κυμάνθηκε από 17,23 % στα δείγματα που ψήθηκαν 35 min έως 22,78% στα νωπά δείγματα. Η υψηλή περιεκτικότητα του C18:2ω-6, μη συνηθισμένο λιπαρό οξύ των αλιευμάτων, αναδεικνύει τη διατροφή των δειγμάτων τσιπούρας με

φυτικά έλαια. Τα επίπεδα των DHA και EPA παρουσίασαν μείωση με την αύξηση του χρόνου ψησίματος (Πίνακας 26).

Πίνακας 26 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων στο λίπος ωπής τσιπούρας (*Sparus aurata*) κατά τη διάρκεια του ψησίματος

Λιπαρό οξύ	0 μήνας κατάψυξης			
	ΝΤ0	T15Ψ0	T25Ψ0	T35Ψ0
C 14:0	2,13	2,82	4,46	4,53
C15:0	0,33	-	-	-
C16:0	16,77	17,30	18,76	20,70
C16:1ω-7	3,43	4,26	4,61	5,54
C17:0	0,19	0,19	0,20	0,20
C16:4ω-3	0,37	0,43	0,57	0,32
C18:0	4,40	4,74	4,97	5,20
C18:1ω-9	20,34	20,14	19,42	19,21
C18:1ω-7	1,14	1,56	1,71	2,01
C18:2ω-6	22,78	22,25	18,93	17,23
C18:2ω-4	0,47	0,44	0,13	0,20
C18:3ω-3	3,61	3,16	2,70	2,53
C20:4ω-6	2,28	3,40	4,36	5,01
C20:4ω-3	0,12	0,12	0,37	0,21
C20:5ω-3	7,66	7,33	6,54	5,78
C22:5ω-3	0,89	1,41	2,34	2,51
C22:6ω-3	13,09	10,46	9,93	8,82
Σ SFA	23,82	25,05	28,39	30,63
Σ MUFA	24,91	25,96	25,74	26,76
Σ PUFA	51,21	49,00	45,87	42,61
Σ ω3	25,74	22,91	22,45	20,17
Σω6	25,06	25,65	23,29	22,24
ω-3/ω-6	1,02	0,89	0,96	0,90
EPA+DHA	20,75	17,79	16,47	14,60

ΝΤ0 = Νωπή τσιπούρα που δεν έχει καταψυχθεί

T15Ψ0 = Τσιπούρα ψημένη για 15 min που δεν έχει καταψυχθεί

T25Ψ0 = Τσιπούρα ψημένη για 25 min που δεν έχει καταψυχθεί

T35Ψ0 = Τσιπούρα ψημένη για 35 min που δεν έχει καταψυχθεί

5.3.2 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων της τσιπούρας (*Sparus aurata*) μετά από κατάψυξη 1 μήνα κατά το ψήσιμο

Το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) στο λίπος της κατεψυγμένης για 1 μήνα τσιπούρας κυμάνθηκε από 23,82 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 30,13% στα ψημένα για 35 min δείγματα (Πίνακας 27). Στην ομάδα των κορεσμένων λιπαρών οξέων το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C16:0 με ποσοστό που κυμάνθηκε από 16,27 % στα

μη επεξεργασμένα δείγματα έως 19,70 % στα δείγματα που ψήθηκαν για 35 min. Μπορεί να παρατηρηθεί ότι τα επίπεδα του παλμιτικού οξέος και κατ' επέκταση και του συνόλου των κορεσμένων λιπαρών οξέων στο λίπος της τσιπούρας ήταν σταθερά χωρίς σημαντικές μεταβολές σε όλη τη διεργασία ψησίματος.

Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) κυμάνθηκε από 27,91 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 28,76 % στα δείγματα που ψήθηκαν για 35 min. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C18:1 ω -9 με ποσοστό που κυμάνθηκε από 20,21 % στα δείγματα που ψήθηκαν για 35 min έως 22,34% στα μη επεξεργασμένα δείγματα. Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων ήταν σταθερό χωρίς ιδιαίτερες μεταβολές σε όλες της επεξεργασίες ψησίματος (Πίνακας 27).

Το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) κυμάνθηκε από 41,11 % στα δείγματα που επεξεργάστηκαν 35 min έως 48,27% στα μη επεξεργασμένα δείγματα. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C18:2 ω -6 (λινελαϊκό οξύ), με ποσοστό που κυμάνθηκε από 16,73 % στα δείγματα που ψήθηκαν 35 min έως 22,78% στα μη επεξεργασμένα δείγματα. Τα επίπεδα DHA και EPA παρουσίασαν μείωση με την αύξηση του χρόνου ψησίματος (Πίνακας 27).

Ο λόγος ω -3/ ω -6 δεν φαίνεται να επηρεάζεται από το ψήσιμο των δειγμάτων.

Πίνακας 27. Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων στο λίπος της κατεψυγμένης για 1 μήνα τσιπούρας (*Sparus aurata*) κατά τη διάρκεια του ψησίματος

Λιπαρό οξύ	1 μήνας κατάψυξης			
	T1	T15Ψ1	T25Ψ1	T35Ψ1
C 14:0	2,63	3,32	4,96	5,03
C15:0	0,33	-	-	-
C16:0	16,27	16,80	17,76	19,70
C16:1 ω -7	4,43	5,26	5,61	6,54
C17:0	0,19	0,19	0,20	0,20
C16:4 ω -3	0,37	0,43	0,57	0,32
C18:0	4,40	4,74	4,97	5,20

C18:1ω-9	22,34	21,14	20,42	20,21
C18:1ω-7	1,14	1,56	1,71	2,01
C18:2ω-6	22,78	21,25	17,93	16,73
C18:2ω-4	0,47	0,44	0,13	0,20
C18:3ω-3	3,61	3,16	2,70	2,53
C20:4ω-6	2,28	3,40	5,36	5,01
C20:4ω-3	0,12	0,12	0,37	0,21
C20:5ω-3	6,66	6,33	6,04	5,28
C22:5ω-3	0,89	1,41	2,34	2,51
C22:6ω-3	11,09	10,46	8,93	8,32
Σ SFA	23,82	25,05	27,89	30,13
Σ MUFA	27,91	27,96	27,74	28,76
Σ PUFA	48,27	47,00	44,37	41,11
Σ ω3	22,74	21,91	20,95	19,17
Σω6	25,06	24,65	23,29	21,74
ω-3/ω-6	0,90	0,88	0,89	0,88
EPA+DHA	17,75	16,79	14,97	13,60

T1 = Τσιπούρα μετά από 1 μήνα κατάψυξης

T15Ψ1 = Τσιπούρα ψημένη για 15 min μετά από 1 μήνα κατάψυξης

T25Ψ1 = Τσιπούρα ψημένη για 25 min μετά από 1 μήνα κατάψυξης

T35Ψ1 = Τσιπούρα ψημένη για 35 min μετά από 1 μήνα κατάψυξης

5.3.3 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων της τσιπούρας (*Sparus aurata*) μετά από κατάψυξη 2 μηνών κατά το ψήσιμο

Το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) στο λίπος της κατεψυγμένης για 2 μήνες τσιπούρας κυμάνθηκε από 23,75 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 27,36% στα ψημένα για 35 min δείγματα (Πίνακας 28). Στην ομάδα των κορεσμένων λιπαρών οξέων το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C16:0 (παλμιτικό οξύ) με ποσοστό που κυμάνθηκε από 18,10 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 19,63 % στα δείγματα που ψήθηκαν για 35 min. Μπορεί να παρατηρηθεί ότι τα επίπεδα του παλμιτικού οξέος και κατ' επέκταση και του συνόλου των κορεσμένων λιπαρών οξέων στο λίπος της τσιπούρας δεν παρουσίασαν μεταβολές.

Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) κυμάνθηκε από 27,86% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 34,63 % στα δείγματα που ψήθηκαν για 35 min. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C18:1ω-9 (ελαϊκό οξύ) με ποσοστό που κυμάνθηκε από 21,43 % στα 15 min ψησίματος έως 26,75% στα δείγματα που ψήθηκαν για 35 min.

Δεν παρατηρήθηκε αξιόλογη μεταβολή και σε αυτή την ομάδα λιπαρών οξέων.

Το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) κυμάνθηκε από 38,01 % στα δείγματα που επεξεργάστηκαν 35 min έως 46,39% στα μη επεξεργασμένα δείγματα. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το λινελαϊκό οξύ (C18:2ω-6), με ποσοστό που κυμάνθηκε από 15,94% στα δείγματα που ψήθηκαν για 35 min έως 19,21% στα μη επεξεργασμένα δείγματα. Τα επίπεδα DHA και EPA παρουσίασαν μείωση με την αύξηση του χρόνου ψησίματος (Πίνακας 28).

Ο λόγος ω-3/ω-6 δεν επηρεάστηκε από το χρόνο ψησίματος.

Πίνακας 28. Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων στο λίπος της κατεψυγμένης για 2 μήνες τσιπούρας (*Sparus aurata*) κατά τη διάρκεια του ψησίματος

Λιπαρό οξύ	2 μήνες κατάψυξης			
	T2	T15Ψ2	T25Ψ2	T35Ψ2
C 14:0	3,16	3,94	3,86	3,29
C15:0	0,28	-	-	-
C16:0	18,10	18,33	18,49	19,63
C16:1ω-7	4,86	6,10	5,6	6,30
C17:0	0,21	0,22	0,30	0,34
C16:4ω-3	0,44	0,60	0,61	0,38
C18:0	2,00	2,77	3,23	4,10
C18:1ω-9	21,61	21,43	24,63	26,75
C18:1ω-7	1,39	2,23	1,95	1,58
C18:2ω-6	19,21	17,37	16,92	15,94
C18:2ω-4	0,59	0,21	0,43	0,27
C18:3ω-3	3,30	2,90	2,83	2,36
C20:4ω-6	3,12	4,98	4,64	4,70
C20:4ω-3	0,12	0,20	0,24	0,19
C20:5ω-3	7,21	6,57	5,85	4,57
C22:5ω-3	1,18	2,32	2,71	2,68
C22:6ω-3	11,22	9,82	7,71	6,92
Σ SFA	23,75	25,26	25,88	27,36
Σ MUFA	27,86	29,76	32,18	34,63
Σ PUFA	46,39	44,97	41,94	38,01
Σ ω3	23,47	22,41	19,95	17,10
Σω6	22,33	22,35	21,56	20,64
ω-3/ω-6	1,05	1,00	0,92	0,82
EPA+DHA	18,43	16,39	13,56	11,49

T2 = Τσιπούρα μετά από 2 μήνες κατάψυξης

T15Ψ2 = Τσιπούρα ψημένη για 15 min μετά από 2 μήνες κατάψυξης

T25Ψ2 = Τσιπούρα ψημένη για 25 min μετά από 2 μήνες κατάψυξης

T35Ψ2 = Τσιπούρα ψημένη για 35 min μετά από 2 μήνες κατάψυξης

5.3.4 Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων της τσιπούρας (*Sparus aurata*) μετά από κατάψυξη 3 μηνών κατά το ψήσιμο

Το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) στο λίπος της κατεψυγμένης για 3 μήνες τσιπούρας κυμάνθηκε από 24,81 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 28,46% στα ψημένα για 35 min δείγματα (Πίνακας 29). Στην ομάδα των κορεσμένων λιπαρών οξέων το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C16:0 (παλμιτικό οξύ) με ποσοστό που κυμάνθηκε από 18,17 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 19,88% στα δείγματα που ψήθηκαν για 35 min. Μπορεί για μια ακόμη φορά να παρατηρηθεί ότι τα επίπεδα του παλμιτικού οξέος και κατ' επέκταση και του συνόλου των κορεσμένων λιπαρών οξέων στο λίπος της τσιπούρας παρουσιάζουν αύξηση καθώς αυξάνεται ο χρόνος ψησίματος.

Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) κυμάνθηκε από 28,88 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 34,53 % στα δείγματα που ψήθηκαν για 35 min. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C18:1ω-9 (ελαϊκό οξύ) με ποσοστό που κυμάνθηκε από 21,43 % στα 15 min χρόνου ψησίματος έως 26,75% στα 35 min. Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων παρουσίασε αύξηση με την αύξηση του χρόνου ψησίματος (Πίνακας 29).

Το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) κυμάνθηκε από 36,01 % στα δείγματα που επεξεργάστηκαν 35 min έως 46,39% στα μη επεξεργασμένα δείγματα. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C18:2ω-6 (λινελαϊκό οξύ), με ποσοστό που κυμάνθηκε από 16,94 % στα δείγματα που ψήθηκαν 35 min έως 22,21% στα μη επεξεργασμένα δείγματα. Τα επίπεδα DHA και EPA παρουσίασαν μείωση με την αύξηση του χρόνου ψησίματος (Πίνακας 29).

Πίνακας 29. Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων στο λίπος της κατεψυγμένης για 3 μήνες τσιπούρας (*Sparus aurata*) κατά τη διάρκεια του ψησίματος

Λιπαρό οξύ	3 μήνες κατάψυξης			
	NT3	T15Ψ3	T25Ψ3	T35Ψ3
C 14:0	4,16	4,94	4,86	4,29
C15:0	0,28	-	-	-
C16:0	18,17	18,46	18,63	19,88
C16:1ω-7	4,80	6,01	5,56	6,20
C17:0	0,20	0,19	0,20	0,19
C16:4ω-3	0,44	0,60	0,61	0,38
C18:0	2,00	2,77	3,23	4,10
C18:1ω-9	22,61	21,43	24,63	26,75
C18:1ω-7	1,39	2,23	1,95	1,58
C18:2ω-6	22,21	19,37	17,92	16,94
C18:2ω-4	0,59	0,21	0,43	0,27
C18:3ω-3	3,30	2,90	2,83	2,36
C20:4ω-6	3,12	4,98	4,64	4,70
C20:4ω-3	0,12	0,20	0,24	0,19
C20:5ω-3	6,21	5,57	4,85	3,57
C22:5ω-3	1,18	2,32	2,71	2,68
C22:6ω-3	9,22	7,82	6,71	4,92
Σ SFA	24,81	26,36	26,92	28,46
Σ MUFA	28,88	29,67	32,14	34,53
Σ PUFA	46,39	43,97	40,94	36,01
Σ ω3	20,47	19,41	17,95	14,10
Σω6	25,33	24,35	22,56	21,64
ω-3/ω-6	0,80	0,79	0,79	0,65
EPA+DHA	15,43	13,39	11,56	8,49

T3 = Τσιπούρα μετά από 3 μήνες κατάψυξης

T15Ψ3 = Τσιπούρα ψημένη για 15 min μετά από 3 μήνες κατάψυξης

T25Ψ3 = Τσιπούρα ψημένη για 25 min μετά από 3 μήνες κατάψυξης

T35Ψ3 = Τσιπούρα ψημένη για 35 min μετά από 3 μήνες κατάψυξης

5.4 Μεταβολές στην περιεκτικότητα της χοληστερόλης των αλιευμάτων και των μαγειρικών λαδιών κατά τις επεξεργασίες

2.1.3 Μεταβολές στην περιεκτικότητα της χοληστερόλης της νωπής και κατεψυγμένης κουτσομούρας (*Mullus barbatus*).

Η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη, σκουαλένιο και τ-σιτοστερόλη φαίνονται στον Πίνακα 30. Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 30 η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη μειώθηκε με την αύξηση του χρόνου κατάψυξης και κυμάνθηκε από 74,60 mg/100 g στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 65,98mg / 100 g εδώδιμης σάρκας στα δείγματα κουτσομούρας που καταψύχθηκαν για τρείς μήνες.

Η περιεκτικότητα σε σκουαλένιο αυξήθηκε κατά τον 1 μήνα κατάψυξης και κυμάνθηκε από 0,63 στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 10,40mg / 100 g σάρκας επί ξηρού στα δείγματα κουτσομούρας που παρέμειναν στην κατάψυξη για 1 και 2 μήνες. Η βενζοϊκή χοληστερόλη επίσης παρουσίασε σταδιακή αύξηση με την αύξηση του χρόνου κατάψυξης με ποσοστά που κυμάνθηκαν από 0,50 έως 10,60mg / 100 g εδώδιμης σάρκας.

Πίνακας 30. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο (mg/100 g εδώδιμης σάρκας) της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*)

	Νωπό	Κατεψυγμένο 1 ^{ος} Μήνας	Κατεψυγμένο 2 ^{ος} Μήνας	Κατεψυγμένο 3 ^{ος} Μήνας
Λίπος % (επί ξηρού)	15,89 ^a	16,29 ^a	15,77 ^b	16,25 ^b
Χοληστερόλη	74,60 ^a	70,60 ^b	66,80 ^c	65,98 ^d
Σκουαλένιο	0,63 ^a	10,40 ^b	10,40 ^b	7,55 ^d
Βενζοϊκή χοληστερόλη	0,50 ^a	5,90 ^b	6,40 ^c	10,60 ^d

Οι τιμές είναι μέσος όρος 3 επαναλήψεων. Οι τιμές στην ίδια σειρά με διαφορετικό εκθέτη δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).

2.1.4 Μεταβολές στην περιεκτικότητα της χοληστερόλης της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) και του ελαιολάδου κατά το τηγάνισμα σε ελαιόλαδο.

Η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη, βενζοϊκή και οξική χοληστερόλη σκουαλένιο και τ-σιτοστερόλη φαίνονται στον Πίνακα 31. Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 31 η χοληστερόλη αυξήθηκε στα τηγανισμένα δείγματα με την αύξηση του χρόνου κατάψυξης και κυμάνθηκε από 77,11 στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 46,6mg / 100 g σάρκας στην τηγανιτή κουτσομούρα τρίμηνης κατάψυξης. Χαμηλές συγκεντρώσεις χοληστερόλης ανιχνεύθηκαν επίσης και στο ελαιόλαδο.

Η περιεκτικότητα σε σκουαλένιο αυξήθηκε στα τηγανισμένα δείγματα με την αύξηση του χρόνου κατάψυξης, και κυμάνθηκε από 3,31 στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 50,80mg / 100 g σάρκας στην τηγανιτή κουτσομούρα τρίμηνης κατάψυξης. Η περιεκτικότητα σε σκουαλένιο του ελαιολάδου αντίθετα παρουσίασε σταδιακή μείωση με το χρόνο κατάψυξης (Πίνακας 31). Από το Σχήμα 20 μπορεί να παρατηρηθεί ότι η αύξηση του σκουαλενίου σε σχέση με το χρόνο κατάψυξης, δείχνοντας ότι η παρατεταμένη κατάψυξη οδηγεί σε σταδιακή αύξηση του σκουαλενίου. Οι περιεκτικότητα σε σκουαλένιο στο έξτρα παρθένο ελαιόλαδο κυμαίνεται από 200 έως 700 mg / 100 g ελαιολάδου (παρ. 2.4.6).

Η τ-σιτοστερόλη κυμάνθηκε από 6,26 στα δείγματα δίμηνης κατάψυξης έως 9,58 mg / 100 g εδώδιμης σάρκας στα δείγματα που καταψύχθηκαν για ένα μήνα.

Η περιεκτικότητα σε βενζοϊκή χοληστερόλη μειώθηκε στα τηγανισμένα δείγματα με την αύξηση του χρόνου κατάψυξης και κυμάνθηκε από 6,77 στα τηγανητά δείγματα δίμηνης κατάψυξης έως 31,54 mg / 100 g σάρκας στα τηγανητά κατεψυγμένα δείγματα του ενός μήνα, ενώ δεν ανιχνεύθηκε καθόλου στο ελαιόλαδο

Η περιεκτικότητα σε οξική χοληστερόλη μειώθηκε στα τηγανιτά δείγματα με την αύξηση του χρόνου κατάψυξης και κυμάνθηκε από 5,60 στα τηγανητά δείγματα τρίμηνης κατάψυξης έως 34,0 mg / 100 g εδώδιμης σάρκας στα μη επεξεργασμένα δείγματα κουτσομούρας ενώ δεν ανιχνεύθηκε καθόλου στο ελαιόλαδο.

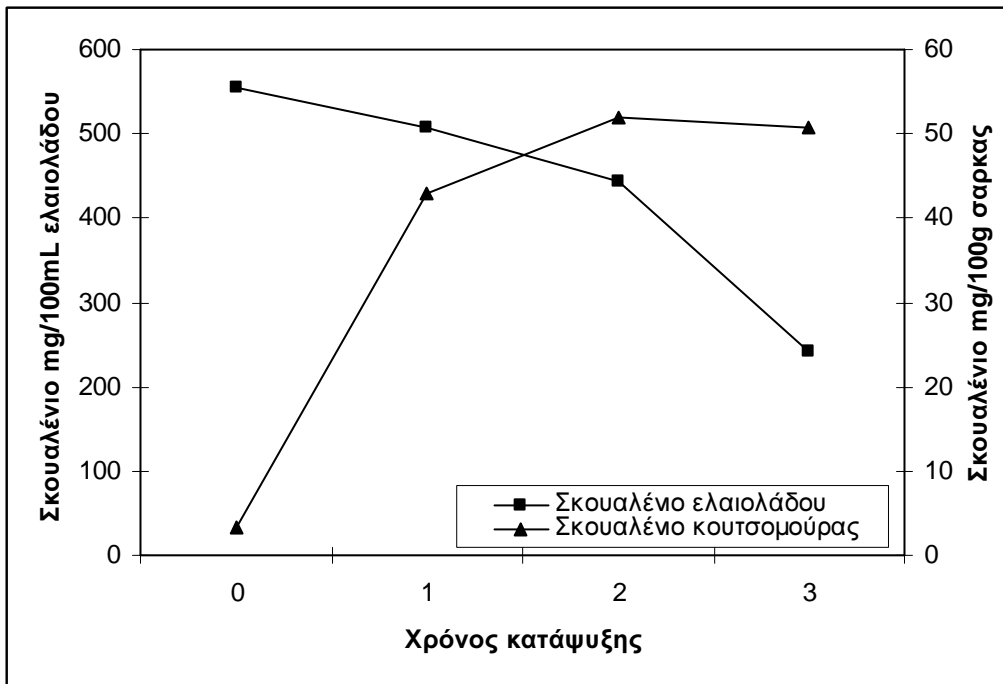
Όλα τα παραπάνω συμφωνούν με τα αποτελέσματα άλλων μελετών. Οι Wen-Hsin & Lillard (1998) διαπίστωσαν μείωση της χοληστερόλης στα τηγανισμένα δείγματα γατόψαρου όταν η χοληστερόλη ήταν εκφρασμένη επί ξηρού από 262 σε 162,6 mg / 100 g σάρκας και συμπέραναν ότι υπάρχει μεταφορά μέρους της χοληστερόλης στο μαγειρικό λάδι που χρησιμοποιήθηκε στο τηγάνισμα, με αποτέλεσμα η χοληστερόλη να είναι μειωμένη σε σχέση με άλλες μεθόδους μαγειρέματος όπως το ψήσιμο ή η θέρμανση στα μικροκύματα.

Ανάλογες διαπιστώσεις έγιναν από τους Sanchez–Muniz et al (1992) σε τηγανισμένα δείγματα σαρδέλας σε ελαιόλαδο. Η χοληστερόλη επί ξηρού μειώθηκε από το 210,5 στο νωπό στα 142,5 mg / 100 g σάρκας επί ξηρού όποτε συμπέραναν ότι μέρος της χοληστερόλης από τα δείγματα μεταφέρθηκε στο λάδι και επιβεβαίωσαν την άποψη με την αύξηση της χοληστερόλης στα εξεταζόμενα δείγματα

Πίνακας 31. Μεταβολές στην περιεκτικότητα της χοληστερόλης, σκουαλενίου και τ-σιτοστερόλης (mg/100 g εδώδιμης σάρκας επί ξηρού) της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) και του ελαιόλαδου κατά το τηγάνισμα.

	Κουτσομούρα				Ελαιόλαδο			
	Νωπό	1 ^{ος} Μήνας	2 ^{ος} Μήνας	3 ^{ος} Μήνας	Νωπό	1 ^{ος} Μήνας	2 ^{ος} Μήνας	3 ^{ος} Μήνας
Χοληστερόλη	77,11 ^a	66,12 ^b	57,85 ^c	46,6 ^d	-	8,0 ^a	7,5 ^b	8,0 ^a
Σκουαλένιο	3,31 ^a	43,0 ^b	51,91 ^c	50,80 ^d	554,0 ^a	507,83 ^b	443,42 ^c	241,74 ^d
Βενζοϊκή χοληστερόλη	24,80 ^a	31,54 ^b	6,77 ^c	7,45 ^d	-	-	-	-
Οξική χοληστερόλη	34,0 ^a	23,96 ^b	5,60 ^c	9,67 ^d	-	-	-	-
Σιτοστερόλη	8,93 ^a	9,58 ^b	6,26 ^c	9,51 ^b	10,32 ^a	3,80 ^b	3,33 ^c	2,56 ^d

Οι τιμές είναι μέσος όρος 3 επαναλήψεων. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).



Σχήμα 20. Μεταβολές σκουαλενίου στο ελαιόλαδο και στην κουτσομούρα κατά το τηγάνισμα

2.1.5 Μεταβολές στην περιεκτικότητα της χοληστερόλης της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) και του ηλιέλαιου κατά το τηγάνισμα σε ηλιέλαιο.

Η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη, βενζοϊκή και οξική χοληστερόλη σκουαλένιο και τ-σιτοστερόλη φαίνονται στον Πίνακα 32. Όπως προκύπτει η χοληστερόλη μειώθηκε στα τηγανιτά δείγματα με την αύξηση του χρόνου κατάψυξης και κυμάνθηκε από 43,30mg στα τηγανιτά δείγματα που καταψύχθηκαν για τρεις μήνες έως 62,62mg / 100 g σάρκας στα νωπά δείγματα, ενώ ταυτόχρονα παρατηρήθηκε αύξηση της περιεκτικότητας σε χοληστερόλη στο ηλιέλαιο.

Η περιεκτικότητα σε σκουαλένιο αυξήθηκε με την αύξηση του χρόνου κατάψυξης, και κυμάνθηκε από 0,17mg/100 g σάρκας στα μη επεξεργασμένα δείγματα κουτσομούρας έως 5,63mg/100 g σάρκας στα τηγανιτά δείγματα που καταψύχθηκαν για έναν μήνα.

Ομοίως η περιεκτικότητα σε σκουαλένιο του ηλιέλαιου παρουσίασε σταδιακή μείωση με το χρόνο κατάψυξης (Πίνακας 32).

Η σιτοστερόλη αυξήθηκε στα τηγανιτά δείγματα με την αύξηση του χρόνου κατάψυξης κατά τον 1^ο και τον 3^ο μήνα σε ποσοστά που κυμάνθηκαν από 44,85 έως 10,31mg/ 100 g σάρκας αντίστοιχα.

Η βενζοϊκή χοληστερόλη μειώθηκε στα δείγματα κουτσομούρας, αντιθέτως στα εξεταζόμενα δείγματα του ηλιέλαιου δεν ανιχνεύθηκε.

Ομοίως η οξική χοληστερόλη ανιχνεύτηκε μόνο στα εξεταζόμενα δείγματα κουτσομούρας και κυμάνθηκε από 0,64 mg / 100 g στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 6,26mg / 100 g σάρκας στο τηγανητά κατεψυγμένο δείγματα του πρώτου μήνα.

Οι Sanchez–Muniz etal. (1992) διαπίστωσαν μείωση της χοληστερόλης στα τηγανισμένα δείγματα σαρδέλας σε ηλιέλαιο από 210,5 στα μη επεξεργασμένα δείγματα σε 129,3 mg / 100 g σάρκας επί ξηρού.

Πίνακας 32. Μεταβολές στην περιεκτικότητα της χοληστερόλης, σκουαλενίου και τ-σιτοστερόλης (mg/100 g εδώδιμης σάρκας επί ξηρού) της κουτσομούρας (*Mullus Surmuletus*) και του ηλιέλαιου κατά το τηγάνισμα.

	Κουτσομούρα				Ηλιέλαιο			
	νωπό	1 ^{ος} Μήνας	2 ^{ος} Μήνας	3 ^{ος} Μήνας	Νωπό	1 ^{ος} Μήνας	2 ^{ος} Μήνας	3 ^{ος} Μήνας
Χοληστερόλη	62,62 ^a	58,84 ^a	48,95 ^b	43,30 ^c	-	5,93 ^b	5,34 ^c	2,14 ^d
Σκουαλένιο	0,17 ^a	5,63 ^b	3,14 ^c	2,46 ^d	12,20 ^a	3,85 ^b	2,00 ^c	1,83 ^d
Βενζοϊκή χοληστερόλη	3,13 ^b	25,72 ^b	9,41 ^d	8,44 ^c	-	-	-	-
Οξική χοληστερόλη	0,64 ^a	6,26 ^c	2,64 ^b	3,14 ^b	-	-	-	-
Σιτοστερόλη	5,01 ^a	44,85 ^b	22,00 ^c	10,31 ^d	24,73 ^a	38,24 ^b	36,45 ^c	46,92 ^d

Οι τιμές είναι μέσος όρος 3 επαναλήψεων. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).

2.1.6 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη, σκουαλένιο, βενζοϊκή και οξική χοληστερόλη της τσιπούρας (*Sparus aurata*) σε με επεξεργασμένα δείγματα και κατά το ψήσιμο.

Η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη στα ψημένα δείγματα τσιπούρας φαίνεται από τον πίνακα 33. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί η υψηλότερη περιεκτικότητα σε χοληστερόλη (14,54 mg/100 g σάρκας) διαπιστώθηκε στα μη επεξεργασμένα δείγματα ενώ η χαμηλότερη (10,22 mg/100g σάρκας) στα δείγματα που ψήθηκαν για 35 min. Η χαμηλή περιεκτικότητα σε χοληστερόλη στα δείγματα τσιπούρας υδατοκαλλιέργειας πιθανώς να οφείλεται στη διατροφή με φυτικά έλαια των αλιευμάτων. Η περιεκτικότητα σε σκουαλένιο παρουσίασε μικρή αύξηση στα δείγματα που ψήθηκαν για 15 min και στη συνέχεια παρέμεινε σταθερή. Η βενζοϊκή καθώς και η οξική χοληστερόλη αυξήθηκαν στα δείγματα που ψήθηκαν για 25 min. Από τα αποτελέσματα του πίνακα 33 προκύπτει ότι το ψήσιμο των δειγμάτων τσιπούρας για 35 λεπτά είναι ικανοποιητική και οδηγεί σε μικρή αύξηση της χοληστερόλης.

Πίνακας 33. Μεταβολές στην περιεκτικότητα της χοληστερόλης, σκουαλενίου (mg/100 g εδώδιμης σάρκας επί ξηρού) της νωπής τσιπούρας (*Sparus aurata*)

Δείγματα τσιπούρας σε νωπή κατάσταση				
	Χρόνος ψησίματος			
	0 λεπτά	15 λεπτά	25 λεπτά	35 λεπτά
Χοληστερόλη	14,54 ^a	12,05 ^b	10,31 ^c	10,22 ^c
Σκουαλένιο	2,54 ^a	4,15 ^b	4,00 ^b	4,28 ^b
Βενζοϊκή Χοληστερόλη	4,71 ^a	4,37 ^a	6,57 ^b	6,22 ^b
Οξική Χοληστερόλη	2,13 ^a	1,98 ^a	3,72 ^b	3,10 ^b

Οι τιμές είναι μέσος όρος 3 επαναλήψεων. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).

2.1.7 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη, σκουαλένιο, βενζοϊκή και οξική χοληστερόλη της κατεψυγμένης για 1 μήνα τσιπούρας (*Sparus aurata*) και κατά το ψήσιμο.

Στον πίνακα 34 φαίνεται η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη κατά το ψήσιμο σε δείγματα τσιπούρας τα οποία είχαν καταψυχθεί για ένα μήνα. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί η υψηλότερη περιεκτικότητα σε χοληστερόλη (19,81 mg/100 g σάρκας) διαπιστώθηκε στα δείγματα που ψήθηκαν για 35 min ενώ η χαμηλότερη στα μη επεξεργασμένα δείγματα (12,12mg/100g σάρκας). Από τα αποτελέσματα του πίνακα 34 προκύπτει ότι ψήσιμο των δειγμάτων τσιπούρας για 25 λεπτά είναι ικανοποιητική και οδηγεί σε μικρή αύξηση της χοληστερόλης. Αντιθέτως το ψήσιμο για 35 min οδηγεί σε αύξηση της χοληστερόλης. Σύμφωνα με τον Ewaida (1993), το νερό που χάνεται κατά τη διάρκεια του ψησίματος στη σχάρα έχει ως αποτέλεσμα την σχετική αύξηση στα επίπεδα της χοληστερόλης στα ψημένα προϊόντα. Η περιεκτικότητα σε σκουαλένιο αυξήθηκε με την αύξηση του χρόνου ψησίματος και σταθεροποιήθηκε στα δείγματα που ψήθηκαν για 25 min. Η οξική χοληστερόλη παρουσίασε αύξηση στα δείγματα που ψήθηκαν για 15 min και στη συνέχεια παρέμεινε σταθερή.

Πίνακας 34 Μεταβολές στην περιεκτικότητα της χοληστερόλης, σκουαλενίου (mg/100 g εδώδιμης σάρκας επί ξηρού) της κατεψυγμένης για ένα μήνα τσιπούρας(*Sparus aurata*)

Δείγματα τσιπούρας μετά από κατάψυξη 1 μηνός				
	Χρόνος ψησίματος			
	0 λεπτά	15 λεπτά	25 λεπτά	35 λεπτά
Χοληστερόλη	12,12 ^a	12,57 ^a	13,53 ^b	19,81 ^c
Σκουαλένιο	5,11 ^a	10,90 ^b	12,46 ^c	12,50 ^c
Βενζοϊκή Χοληστερόλη	2,94 ^a	-	-	-
Οξική Χοληστερόλη	4,85 ^a	10,15 ^b	10,95 ^c	10,98 ^b

Οι τιμές είναι μέσος όρος 3 επαναλήψεων. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).

2.1.8 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη, σκουαλένιο, βενζοϊκή και οξική χοληστερόλη της κατεψυγμένης για 2 μήνες τσιπούρας (*Sparus aurata*) και κατά το ψήσιμο

Στον πίνακα 35 φαίνεται η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη κατά το ψήσιμο σε δείγματα τσιπούρας τα οποία έχουν καταψυχθεί για δυο μήνες. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τον πίνακα, η υψηλότερη περιεκτικότητα σε χοληστερόλη (16,99mg/100 g σάρκας) διαπιστώθηκε στα δείγματα που ψήθηκαν για 25 min, ενώ η χαμηλότερη στα μη επεξεργασμένα δείγματα (10,81mg/100g σάρκας). Από τα αποτελέσματα του πίνακα 35 προκύπτει ότι ψήσιμο των δειγμάτων τσιπούρας είναι ικανοποιητικό και οδηγεί σε μικρή αύξηση της χοληστερόλης. Η περιεκτικότητα σε σκουαλένιο παρέμεινε σταθερή. Η βενζοϊκή χοληστερόλη επίσης παρουσίασε αύξηση στα δείγματα που ψήθηκαν για 35 min. Η οξική χοληστερόλη αυξήθηκε σημαντικά στα δείγματα που ψήθηκαν για 25 και 35 min.

Πίνακας 35. Μεταβολές στην περιεκτικότητα της χοληστερόλης, σκουαλενίου (mg/100 g εδώδιμης σάρκας επί ξηρού) της κατεψυγμένης για δύο μήνες τσιπούρας (*Sparus aurata*)

Δείγματα τσιπούρας μετά από κατάψυξη 2 μηνών				
	Χρόνος ψησίματος			
	0 λεπτά	15 λεπτά	25 λεπτά	35 λεπτά
Χοληστερόλη mg/100g	10,81 ^a	15,09 ^b	16,99 ^c	16,83 ^c
Σκουαλένιο mg/100g	3,13 ^a	2,84 ^a	3,27 ^a	2,50 ^a
Βενζοϊκή Χοληστερόλη mg/100g	-	1,87 ^a	2,47 ^b	4,71 ^c
Οξική Χοληστερόλη mg/100g	3,98 ^a	4,01 ^a	4,98 ^b	6,89 ^c

Οι τιμές είναι μέσος όρος 3 επαναλήψεων. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).

2.1.9 Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη, σκουαλένιο, βενζοϊκή και οξική χοληστερόλη της κατεψυγμένης για 3 μήνες τσιπούρας (*Sparus aurata*) και κατά το ψήσιμο.

Στον πίνακα 36 φαίνεται η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη κατά το ψήσιμο σε δείγματα τσιπούρας τα οποία έχουν καταψυχθεί για τρεις μήνες. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τον πίνακα 36, η υψηλότερη περιεκτικότητα σε χοληστερόλη (18,55mg/100 g σάρκας) διαπιστώθηκε στα δείγματα που ψήθηκαν για 35 min ενώ η χαμηλότερη στα μη επεξεργασμένα δείγματα (12,05mg/100g σάρκας). Το σκουαλένιο αυξήθηκε με την αύξηση του χρόνου ψησίματος. Η βενζοϊκή χοληστερόλη παρουσίασε μείωση στα δείγματα που ψήθηκαν για 15 και ακόμη περισσότερη μείωση στα δείγματα που ψήθηκαν για 35 min και η οξική χοληστερόλη έδειξε να μη μεταβάλλεται σημαντικά.

Πίνακας 36. Μεταβολές στην περιεκτικότητα της χοληστερόλης, σκουαλενίου (mg/100 g εδώδιμης σάρκας επί ξηρού) της κατεψυγμένης για τρεις μήνες τσιπούρας (*Sparus aurata*)

Δείγματα τσιπούρας μετά από κατάψυξη 3 μηνών				
	Χρόνος ψησίματος			
	0 λεπτά	15 λεπτά	25 λεπτά	35 λεπτά
Χοληστερόλη	12,05 ^a	15,39 ^b	18,00 ^c	18,55 ^c
Σκουαλένιο	6,35 ^a	11,33 ^b	13,31 ^c	15,75 ^d
Βενζοϊκή Χοληστερόλη	8,06 ^a	6,59 ^b	6,29 ^b	1,91 ^c
Οξική Χοληστερόλη	1,89 ^a	2,22 ^a	2,38 ^a	1,93 ^a

Οι τιμές είναι μέσος όρος 3 επαναλήψεων. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).

6. Συμπεράσματα

- Σημαντικές ήταν οι απώλειες κατά τη διάρκεια αμφότερων των επεξεργασιών. Σημαντική ήταν η επίδραση του χρόνου της κάθε επεξεργασίας στα συστατικά των αλιευμάτων (υγρασία, λίπος, πρωτεΐνες), έδειξαν μάλιστα γραμμική μεταβολή όταν εκφράστηκαν επί υγρής ουσίας. Ωστόσο, επί ξηρής ουσίας τα συστατικά που μεταβλήθηκαν σημαντικά ήταν η υγρασία και το λίπος κατά το τηγάνισμα.
- Σημαντικές μεταβολές παρατηρήθηκαν στην κατανομή των λιπαρών οξέων στα δείγματα κουτσομούρας κατά το τηγάνισμα, καθώς επίσης και στα δείγματα τσιπούρας κατά το ψήσιμο της. Ο λόγος επίσης $\omega 3/\omega 6$ παρουσίασε τρομακτική μείωση στα τηγανητά δείγματα κουτσομούρας και ιδιαίτερα στα δείγματα που τηγανίστηκαν σε ηλιέλαιο, αντίθετα δεν παρουσίασε ιδιαίτερη μεταβολή κατά το ψήσιμο της τσιπούρας.
- Μικρή αύξηση της περιεκτικότητας σε χοληστερόλη παρατηρήθηκε στα δείγματα τσιπούρας τρίμηνης κατάψυξης κυρίως κατά το ψήσιμο 35 λεπτών καθώς και μικρή αύξηση σκουαλενίου. Η χοληστερόλη κατά το τηγάνισμα παρουσίασε μείωση με το χρόνο κατάψυξης. Παρατηρήθηκε αύξηση του σκουαλενίου στα δείγματα κουτσομούρας με το χρόνο κατάψυξης με ταυτόχρονη μείωση του στο μέσο τηγανίσματος.

7. Βιβλιογραφία

- ✚ Aitken A.& Conell J.J (1979) Fish in: Effects of heating on foodstuffs pp. 219-254 Applied Science Publishers, London
- ✚ Belitz H.D., Grosch W. & Schieberie P (2006). Χημεία Τροφίμων pp 1016-1018
- ✚ Bligh E. & Dyer W. (1959). A rapid method of total extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*. 37, 911-917
- ✚ Brinkmann B.(2000) Quality criteria of industrial frying oils and fats. *European Journal of Lipid Science Technology* 102, 539-541
- ✚ Bogнар A.,(1998). Comparative study of frying to other cooking techniques influence on the nutritive value. *Grasas Aceites* , 49(3,4), 250-260
- ✚ Choe E. & Min D.B. (2007). Chemistry of Deep-Fat Frying oils. *Journal of Food Science*, 72, 77-86
- ✚ Dimitriadou D., Zotos A., Petridis D. & Taylor A.K.D. (2008). Improvement in the production of smoked trout fillets (*Salmo Gairdnerii*) steamed with liquid smoke. *Food Science and Technology International*, 14(1), 67–77.
- ✚ Dobarganes G., Marquez-Ruiz G., & Velasco J. (2000). Interactions between fat and food during deep-frying. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102, 521 – 528.
- ✚ Ewaida E.H. (1993). Cholesterol, fat and food energy content of selected raw and cooked commercial fish species from the Arabian Gulf. *Ecological Food Nutrition*, 30, 283-292.
- ✚ FAO (1977). Freezing in Fisheries. *Fisheries Technical Paper*, No 167
- ✚ FAO (2011). Food and agriculture Organization Fishbase Clupeidae.Rome p 122

- ✚ Fillion L. & Henry C.J.K (1998) Nutrient losses and gains during frying. *Food of Science Nutrient* 49: 157-168
- ✚ Fritsch C.W (1981). Measurements of frying fat deterioration. A brief view. *Journal of Oil Chemistry* 58, 272-278
- ✚ Gall A, Otwell W, Koburger J,A. (1983) Effects of four cooking methods on the proximate ,mineral and fatty acid composition of fish fillets. *Journal of Food Science.* 48, 1068-1073
- ✚ Garcia-Arias M.T., Alvarez-Pontez E., Garcia-Linares M.C., Garcia-Fernandez M.C. & Sanchez-Muniz F.J. (2003). Cooking-freezing-reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions. *Journal of Food Chemistry*, **83**, 349 – 356.
- ✚ Gupta M.K (2005) Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Sixth Edition, Frying oils 6,1-31
- ✚ Hanson S.W.F. & Olley J. (1963). Application of the Bligh and Dyer method of lipid extraction to tissue homogenates. *Biochemical Journal*, 89, 101-108.
- ✚ Kelly G.S (1999) Squalene and it's potential clinical use .*Alternative Medicine Reviews* 4, 29-36
- ✚ Kochhar S.P & Gertz C. (2004) New theoretical and practical aspects of the frying process *European Journal Lipid Science Technology* 106: 722-727
- ✚ Kovacs M.I.P., Anderson W.E. & R.G. Ackman. (1979). A simple method for the determination of cholesterol and some plant sterols in fishery-based food products. *Journal of Food Science*, **44**, 1299 – 1305.
- ✚ Mai J.S. (1978) Lipid of fish fillets changes following cooking by different methods. *Journal of Food Science* 43, 1669-1673
- ✚ Manirakiza P., Covaci A. & Schepens P. (2001). International Network of Food Data Systems: *an Official Publication of the United*

Nations University. Journal of Food Composition and Analysis 14, 93-100

- ✚ Mc Savage J. and Trevisan S. (2001). The use and abuse of frying oil. *Food Service Technology*. 1, 85 – 92.
- ✚ Moreira R. & Jagoba G., (2002). Vacuum frying of potato chips. *Journal of food Engineering* 55(2), 181-191
- ✚ Stier R.E. (2000). Chemistry of frying and optimization of deep-fat fried food flavor. *European Journal of Lipid Science and Technology* , 102, 507-514
- ✚ Sanchez-Muniz F.J., Viejo J.M. & Medina R. (1992). Deep-frying of sardines in different culinary fats. Changes in the fatty acid composition of sardines and frying fats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 2252 – 2256.
- ✚ Smith T.J. (2000). Squalene: Potential chemopreventive agent. *Expert Investigation Drugs*, 9, 1841 – 1848
- ✚ Varela G., Moreiras-Varela O. & Ruiz-Roso B. (1983). Utilization of some oils in repeated frying. Changes in fats and sensorial analysis of fried foods. *Grasas Aceites*, 34, 101-107.
- ✚ Wen-Hsin W. & Lillard D.A. (1998). Cholesterol and proximate composition of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fillets – changes following cooking by microwave heating, deep fat frying, and oven baking. *Journal of Food Quality*, 21, 41 – 51.
- ✚ Zotos A., Hole M., Smith G. (1995). The effect of frozen storage of Mackerel (*Scomber scombrus*) on its quality when hot smoked. *Journal of the Food and Agriculture*, 67, 43-48.
- ✚ Βραντζάς Ν. ,Κάρλου Κ. , Καλαγκιά Μ και Διαπούλη Ε.(1992) Υπουργείο γεωργίας, Εργαστήριο Αλιευτικής Τεχνολογίας και Εφαρμογών Εκτίμηση της κατάστασης των αποθεμάτων κουτσομούρας και μπακαλιάρου στο σαρωνικό κόλπο pp.1-4.
- ✚ Γεωργάκης Σ., Βαρελτζής Κ., Αμβροσιάδης Ι. (2000) Τεχνολογία τροφίμων ζωικής προέλευσης (εκτός γάλακτος και των προϊόντων του) Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία

- ✚ Ζώτος Α. (2007). Τεχνολογία και έλεγχος ποιότητας αλιευμάτων. *Σημειώσεις για το τμήμα τεχνολογίας τροφίμων, ΑΤΕΙ, Θεσσαλονίκης.*
- ✚ Τανανάκη Χ. (2006) Εργαστηριακές σημειώσεις ανάλυσης τροφίμων Ι. *Σημειώσεις για το Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, ΑΤΕΙ, Θεσσαλονίκης.*