

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ,
ΣΤΕΤΡΟΔ, ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

Πτυχιακή Εργασία

**Επίδραση της αποθήκευσης σε κατάψυξη (-20°C) στην ποιότητα
τηγανητού γαύρου (*Engraulisencrasicolus*)**

**The effect of prior frozen storage on the quality of frying anchovy
(*Engraulisencrasicolus*)**

ΚΥΜΠΡΙΤΗ ΜΑΡΙΑ – ΙΩΑΝΝΑ και ΣΑΜΑΡΑ ΑΡΤΕΜΙΣ

Επιβλέπων: Ζώτος Αναστάσιος

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2013

Επίδραση της αποθήκευσης σε κατάψυξη στην ποιότητα τηγανητού γαύρου (*Engraulisencrasicolus*)

The effect of prior frozen storage on the quality of frying anchovy (*Engraulisencrasicolus*)

Κυμπρίτη Μαρία-Ιωάννα και Σαμαρά Άρτεμις

ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Σχολή Τεχνολογίας Τροφίμων & Διατροφής, Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, 57400 Θεσσαλονίκη Τ.Θ. 141

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της αποθήκευσης στην κατάψυξη για 3, 30, 60, 90, 120 ημέρες στα ποιοτικά χαρακτηριστικά τηγανιτού για 2, 4, 6 min γαύρου (*Engraulisencrasicolus*). Μελετήθηκαν οι μεταβολές στη μέση σύσταση (υγρασία, πρωτεΐνες, λίπος και τέφρα), στην κατανομή των λιπαρών οξέων και στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο τόσο στα κατεψυγμένα όσο και στα θερμικά επεξεργασμένα δείγματα γαύρου. Σημαντικές ήταν η απώλειες βάρους όλων των δειγμάτων, ανεξαρτήτως του χρόνου κατάψυξης, κατά την επεξεργασία τους με τις μεγαλύτερες απώλειες κατά τη διάρκεια τηγανίσματος 6 min. Παρατηρήθηκε ότι η αποθήκευση στην κατάψυξη δεν επηρέασε σημαντικά τη μέση σύσταση των δειγμάτων γαύρου, ωστόσο οδήγησε σε σημαντικές μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων, που δείχνει οξειδωση των λιπαρών υλών όπως επιβεβαιώθηκε και με τον λόγο C22:6ω-3/C16:0. Σημαντική ήταν η επίδραση του χρόνου επεξεργασίας στη μέση σύσταση των δειγμάτων. Η αύξηση του χρόνου αποθήκευσης στην κατάψυξη συνδυαστικά με το χρόνο επεξεργασίας οδήγησαν σε προϊόντα με χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, πιθανώς υποβαθμισμένα οργανοληπτικά. Τα λιπαρά οξέα EPA (C20:5ω-3) και DHA (C22:6ω-3) παρουσίασαν σταδιακή μείωση κατά την αποθήκευση στην κατάψυξη και τρομακτική μείωση κατά την επεξεργασία του τηγανίσματος, ανάλογη με το χρόνο τηγανίσματος. Σημαντική ήταν και η μείωση του λόγου ω-3/ω-6, δείχνοντας έτσι ότι ο χρόνος τηγανίσματος συνδυαστικά με το χρόνο αποθήκευσης στην κατάψυξη διαφοροποιεί ριζικά την κατανομή λιπαρών οξέων των δειγμάτων γαύρου. Η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη παρουσίασε σημαντική μείωση με το χρόνο τηγανίσματος. Σημαντική ήταν επίσης η αύξηση του σκουαλενίου στα δείγματα γαύρου με το χρόνο τηγανίσματος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|--|----|
| 1. Εισαγωγή..... | 1 |
| 2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση..... | 3 |
| 2.1. Γενικά χαρακτηριστικά πρώτης ύλης..... | 3 |
| 2.1.1. Γάυρος(<i>Engraulis encrasicolus</i>)..... | 3 |
| 2.1.2. Χαρακτηριστικά της οικογένειας Engraulidae..... | 3 |
| 2.1.3. Εμπορική αξία-Αλιεία..... | 4 |
| 2.2. Κατάψυξη αλιευμάτων..... | 4 |
| 2.2.1. Μεταβολές αλιευμάτων κατά τη κατάψυξη..... | 6 |
| 2.3. Επεξεργασία τηγανίσματος..... | 7 |
| 2.3.1. Γενικά..... | 7 |
| 2.3.2. Μηχανισμός τηγανίσματος..... | 7 |
| 2.3.3. Μέθοδοι τηγανίσματος..... | 8 |
| 2.4. Μεταβολές των αλιευμάτων κατά τη διάρκεια τηγανίσματος..... | 9 |
| 2.4.1. Πρόσληψη λίπους και απώλεια ύδατος..... | 9 |
| 2.4.2. Πρωτεΐνες..... | 10 |
| 2.4.3. Λιπαρά οξέα..... | 10 |
| 2.4.4. Τέφρα..... | 11 |
| 2.4.5. Χοληστερόλη..... | 11 |
| 2.4.6. Σκουαλένιο..... | 12 |
| 2.5. Έλεγχος παρατηρούμενων μεταβολών κατά τις επεξεργασίες..... | 13 |
| 2.5.1. Έλεγχος μεταβολών υγρασίας..... | 13 |
| 2.5.2. Έλεγχος μεταβολών τέφρας..... | 13 |
| 2.5.3. Έλεγχος πρωτεϊνικών μεταβολών..... | 14 |
| 2.5.4. Έλεγχος μεταβολών λιπαρών υλών..... | 15 |
| 2.5.5. Έλεγχος μεταβολών στην κατανομή των λιπαρών οξέων..... | 15 |
| 2.5.6. Έλεγχος μεταβολών χοληστερόλης..... | 16 |
| 3. Σκοπός της εργασίας..... | 16 |

| | |
|---|----|
| 4. Πειραματικό μέρος..... | 17 |
| 4.1. Υλικά, όργανα και επεξεργασίες..... | 17 |
| 4.1.1. Αλιεύματα..... | 17 |
| 4.1.2. Αντιδραστήρια..... | 17 |
| 4.1.3. Όργανα..... | 17 |
| 4.1.4. Μεταχείριση δειγμάτων πριν την επεξεργασία..... | 18 |
| 4.1.5. Τηγάνισμα..... | 18 |
| 4.2. Μέθοδοι ανάλυσης..... | 19 |
| 4.2.1. Προσδιορισμός υγρασίας..... | 19 |
| 4.2.2. Προσδιορισμός τέφρας..... | 19 |
| 4.2.3. Προσδιορισμός πρωτεϊνών..... | 20 |
| 4.2.4. Προσδιορισμός ολικού λίπους..... | 21 |
| 4.2.5. Προσδιορισμός μεθυλεστέρων λιπαρών οξέων (FAME)..... | 22 |
| 4.2.6. Προσδιορισμός χοληστερόλης..... | 23 |
| 4.2.7. Στατιστική ανάλυση..... | 25 |
| 5. Αποτελέσματα – Συζήτηση..... | 25 |
| 5.1. Μεταβολές στην απόδοση κατά την επεξεργασία..... | 25 |
| 5.2. Επίδραση της αποθήκευσης στην κατάψυξη στα δείγματα γαύρου(<i>Engraulis encrasicolus</i>)..... | 27 |
| 5.3. Επίδραση της αποθήκευσης στην κατάψυξη για 3,30,60,90 και 120 ημέρες στα δείγματα νωπού και τηγανισμένου γαύρου..... | 29 |
| 5.3.1. Επίδραση της αποθήκευσης στην κατάψυξη στη μέση σύσταση τηγανιτού για 2 λεπτά γαύρου..... | 29 |
| 5.3.2. Επίδραση της αποθήκευσης στην κατάψυξη στη μέση σύσταση τηγανιτού για 4 λεπτά γαύρου..... | 31 |
| 5.3.3. Επίδραση της αποθήκευσης στην κατάψυξη στη μέση σύσταση τηγανιτού για 6 λεπτά γαύρου..... | 32 |
| 5.4. Επίδραση της κατάψυξης και των τριών χρόνων τηγανίσματος στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο στα δείγματα γαύρου και ελαιολάδου..... | 34 |

| | |
|--|----|
| 5.4.1. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο δειγμάτων νωπού γαύρου σε διαφορετικούς χρόνους αποθήκευσης στην κατάψυξη..... | 34 |
| 5.4.2. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο δειγμάτων νωπού γαύρου και ελαιολάδου στους τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους (2, 4, 6 min) τηγανίσματος..... | 35 |
| 5.4.3. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο δειγμάτων γάουρου μετά από 3 ημέρες αποθήκευσης στην κατάψυξη και ελαιολάδου στους τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους (2, 4, 6 min) τηγανίσματος..... | 35 |
| 5.4.4. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο δειγμάτων γάουρου μετά από 30, 60, 90 και 120 ημέρες αποθήκευσης στην κατάψυξη και ελαιολάδου στους τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους (2, 4, 6 min) τηγανίσματος..... | 36 |
| 5.5. Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) στο σύνολο των λιπαρών οξέων νωπού και κατεψυγμένου γαύρου(<i>Engraulis encrasicolus</i>)..... | 38 |
| 5.6. Μελέτη της κατανομής των λιπαρών οξέων των τηγανισμένων δειγμάτων γαύρου..... | 40 |
| 5.6.1. Κατανομή των λιπαρών οξέων (%) του τηγανισμένου νωπού γαύρου(<i>Engraulis encrasicolus</i>) και του ελαιολάδου στους διαφορετικούς χρόνους τηγανίσματος..... | 40 |
| 5.6.2. Επίδραση της επεξεργασίας τηγανίσματος στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) του τηγανισμένου γαύρου στους διαφορετικούς χρόνους στα δείγματα που αποθηκεύτηκαν 3 ημέρες στην κατάψυξη..... | 44 |
| 5.6.3. Επίδραση 30 ημερών αποθήκευσης στην κατάψυξη στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) του τηγανιτού γαύρου στους διαφορετικούς χρόνους τηγανίσματος..... | 47 |
| 5.6.4. Επίδραση 60 ημερών αποθήκευσης στην κατάψυξη στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) του τηγανιτού γαύρου στους διαφορετικούς χρόνους τηγανίσματος..... | 50 |
| 5.6.5. Επίδραση 90 ημερών αποθήκευσης στην κατάψυξη στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) του τηγανιτού γαύρου στους διαφορετικούς χρόνους τηγανίσματος..... | 53 |
| 5.6.6. Επίδραση 120 ημερών αποθήκευσης στην κατάψυξη στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) του τηγανιτού γαύρου στους διαφορετικούς χρόνους τηγανίσματος..... | 56 |
| 6. Συμπεράσματα..... | 59 |
| 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 60 |

1. Εισαγωγή

Πολύ μεγάλο είναι το ενδιαφέρον που αναπτύχθηκε εδώ και αρκετά χρόνια σχετικά με τα ευεργετικά αποτελέσματα που έχει η κατανάλωση των λιπαρών υλών των αλιευμάτων. Διαπιστώθηκε και ευρύτατα ερευνήθηκε, η ευεργετική επίδρασή τους σε περιστατικά αθηροσκλήρωσης, καρδιακής ισχαιμίας και θρόμβωσης σε πληθυσμούς που οι διατροφικές τους συνήθειες είναι πλούσιες σε λιπαρά αλιευμάτων, ειδικότερα στους Εσκιμώους και τους Ιάπωνες. Τα κλινικά αυτά θετικά αποτελέσματα αποδόθηκαν από πολλούς ερευνητές στα ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Έχει επίσης ιδιαίτερη σημασία και πρέπει να τονιστεί ότι τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα εικοσιδιεξαενοϊκό οξύ (DHA) και εικοσιπενταενοϊκό οξύ (EPA) βρίσκονται σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις στα εξωτερικά τμήματα των φωτοευαίσθητων μορίων του αμφιβληστροειδούς των οφθαλμών, στα σακίδια των όρχεων και στις ουδέτερες μεμβράνες ([Kinsella, 1986](#)).

Τα αλιεύματα σπάνια καταναλώνονται ωμά αλλά συνήθως μαγειρεύονται με διαφορετικούς τρόπους πριν την κατανάλωση. Η θερμότητα (βράσιμο, ψήσιμο, τηγάνισμα και ψήσιμο στη σχάρα) εφαρμόζεται στα τρόφιμα με διαφορετικούς τρόπους για να βελτιωθεί η ποιότητά τους, από την αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών, να ενισχυθεί η γεύση και για να αυξηθεί η συντήρησή τους.

Επιπροσθέτως, η βιομηχανία αλιευμάτων είναι αναγκασμένη να χρησιμοποιεί κατεψυγμένη πρώτη ύλη για τις ποικίλες επεξεργασίες αλιευμάτων, λόγω κυρίως δυσκολίας ανεύρεσης πρώτης ύλης (αλιευμάτων) στη διάρκεια του έτους, έτσι παρατηρείται συντήρηση των αλιευμάτων για μακρά χρονικά διαστήματα σε συνθήκες κατάψυξης. Οι περισσότερες μελέτες που έχουν διεξαχθεί σχετικά με την κατάψυξη των αλιευμάτων έχουν εστιάσει στον καθορισμό της αλλαγής στη γεύση και υφή ([Garcia-Ariasetal. 2003](#)).

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 ([Gupta, 2005](#); [Dobarganesetal., 2000](#)). Πολλοί παράγοντες

επηρεάζουν την μεταφορά μάζας και θερμότητας συμπεριλαμβανομένων των φυσικών και θερμικών ιδιοτήτων του τροφίμου και του ελαίου καθώς επίσης το σχήμα και το μέγεθος του τροφίμου, αλλά και η θερμοκρασία του ελαίου και ο χρόνος τηγανίσματος ([Warner, 1999](#); [ChoeandMin, 2007](#); [Dobarganesetal., 2000](#)).

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 – Munizetal.,1992](#)).

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της κατάψυξης στη μέση σύσταση τηγανισμένου σε διαφορετικούς χρόνους γαύρου(*Engraulisencrasicolus*). Επίσης, μελετήθηκαν πιθανές μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων και στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο τόσο κατά τη διάρκεια της κατάψυξης όσο και κατά την επεξεργασία των δειγμάτων γαύρου.

2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1. Γενικά χαρακτηριστικά πρώτης ύλης

2.1.1. Γαύρος (*Engraulis encrasicolus*)

Ο *Engraulis encrasicolus* συναντάται στον Βόρειο-Ανατολικό και Κεντρικό Ατλαντικό, στις ακτές της νότιας Ευρώπης, σε όλη την Μεσόγειο και τη Μαύρη θάλασσα και κατά μήκος των ακτών της Νότιας και Δυτικής Αφρικής (Σχήμα 1).



Σχήμα Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.. Γαύρος (*Engraulis encrasicolus*)

2.1.2. Χαρακτηριστικά της οικογένειας *Engraulidae*

Ο γαύρος (*Engraulis encrasicolus*) ανήκει στην οικογένεια *Engraulidae* και είναι πελαγικό αλιεύμα. Έχει πολύ στενό σώμα και το τυπικό χρωματισμό των πελαγικών ειδών, σκούρα ράχη και ασημένια κοιλιά. Το αιχμηρό ρύγχος εκτείνεται πέρα από την κάτω σιαγόνα, έχει διχαλωτή ουρά και ένα ενιαίο ραχιαίο πτερύγιο, το σώμα του είναι στρογγυλό και λεπτό με μέγιστο μήκος τα 200mm. Διακρίνεται εύκολα από τα υπόλοιπα αλιεύματα από την βαθιά σχισμή στο στόμα του (FAO, 2011). Ο γαύρος συγκεντρώνεται ευρέως σε όλη την βόρειο-δυτική Μεσόγειο και αναπαράγεται σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές (Tudela et al., 1999). Σε ορισμένες περιοχές εισέρχονται σε λιμνοθάλασσες, εκβολές ποταμών ή λιμνών, ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες κατά την περίοδο αναπαραγωγής. Η αναπαραγωγή διαρκεί μεγάλο χρονικό διάστημα, από τον Απρίλιο μέχρι τον Νοέμβριο, και εξαρτάται από την θερμοκρασία. Διακρίνεται εύκολα από τα υπόλοιπα αλιεύματα από την βαθιά σχισμή στο στόμα του (FAO, 2011).

Μεταθανάτια οι μύες του γαύρου υφίστανται κάποιες τροποποιήσεις και τα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά μεταβάλλονται εντελώς. Αυτό μπορεί να

εκτιμηθεί εύκολα από την οσμή, την όψη και την υφή. Αυτές οι μεταβολές οφείλονται στην υψηλή περιεκτικότητα σε νερό και στην περιεκτικότητα των ελεύθερων αμινοξέων, τα οποία επιτρέπουν την γρήγορη βακτηριακή ανάπτυξη ακόμα και σε συνθήκες ψύξης ([Pons-Sanchez-Cascadoetal. 2005](#)).

2.1.3. Εμπορική αξία-Αλιεία

Από τη συνολική εγχώρια αλιευτική παραγωγή το 50-60% των αλιευμάτων είναι τα μικρά πελαγικά, κυρίως η σαρδέλα και ο γαύρος. Από τα αλιεύματα των μικρών πελαγικών το 70% είναι συγκεντρωμένα στο Βόρειο Αιγαίο. Κατά τα τελευταία χρόνια η αλιεία των πελαγικών αλιευμάτων έχει προσανατολιστεί στην αλιεία του γαύρου, λόγω της ζήτησης του στην αγορά ([Κλάδος Μεσογειακών Ιχθυοκαλλιέργειών, 1996](#)).

2.2. Κατάψυξη αλιευμάτων

Τα αλιεύματα περιέχουν 60-80% νερό, ανάλογα με το είδος, το οποίο κατά την κατάψυξη το περισσότερο μετατρέπεται σε πάγο. Αλλά τα υγρά της σάρκας περιέχουν άλατα και άλλες διαλυμένες ουσίες με αποτέλεσμα να καταψύχονται με έναν μάλλον διαφορετικό τρόπο από ότι το καθαρό νερό. Κατά την επεξεργασία της κατάψυξης παρατηρείται απομάκρυνση της θερμότητας από το αλίευμα και η θερμοκρασία μειώνεται σε τρία στάδια. Με την έναρξη της κατάψυξης, **πρώτο στάδιο**, η θερμοκρασία μειώνεται ταχύτατα στην περιοχή λίγο κάτω από τους 0°C, που είναι η θερμοκρασία κατάψυξης του νερού (σε μορφή μίγματος μέσα στα αλιεύματα). Κατά το **δεύτερο στάδιο** περισσότερη θερμότητα απαιτείται να απομακρυνθεί από το αλίευμα, λανθάνουσα θερμότητα, η θερμότητα δηλαδή που είναι αναγκαία για τη μετατροπή της μεγαλύτερης ποσότητας του νερού σε πάγο. Κατά το στάδιο αυτό η θερμοκρασία μεταβάλλεται ελάχιστα. Μετά από περίπου τρία τέταρτα της ώρας, χρόνος που συνήθως απαιτείται για τη μετατροπή του νερού σε πάγο, η θερμοκρασία αρχίζει εκ νέου να μειώνεται ταχύτατα, οπότε έχουμε το **τρίτο στάδιο** κατάψυξης, κατά το οποίο το περισσότερο από το εναπομείναν νερό καταψύχεται. Μια συγκριτικά μικρή ποσότητα θερμότητας απομακρύνεται κατά το τρίτο αυτό στάδιο κατάψυξης. Καθώς η μέγιστη

ποσότητα του νερού καταψύχεται και μετατρέπεται σε μικρούς και καθαρούς κρυστάλλους πάγου, η συγκέντρωση των αλάτων και άλλων συστατικών που βρίσκονται από τη φύση τους στα αλιεύματα αυξάνονται σημαντικά μέσα στο εναπομείναν νερό που δεν καταψύχθηκε (FAO, 1977).

Είχε επικρατήσει η άποψη ότι η ταχύτατη κατάψυξη δεν μπορούσε να έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε ένα προϊόν, επειδή μια ξαφνική ψύξη θα μπορούσε να καταστρέψει τους μυϊκούς ιστούς. Επικράτησε επίσης ο προβληματισμός ότι καθώς το μετατρεπόμενο σε πάγο νερό καταλαμβάνει μεγαλύτερο όγκο, είναι λογικό να επέρχεται σπάσιμο των κυτταρικών τοιχωμάτων από την ασκούμενη πίεση των παγοκρυστάλλων. Μια άλλη ευρύτατα διαδεδομένη άποψη ήταν ότι η αργή κατάψυξη είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγάλων παγοκρυστάλλων, οι οποίοι προκαλούσαν ρήξη των κυτταρικών τοιχωμάτων με συνέπεια να παρατηρείται σημαντική απώλεια οπού κατά την απόψυξη. Έτσι, επικράτησε η άποψη ότι η δημιουργία μικρών παγοκρυστάλλων, που είναι αποτέλεσμα ταχείας κατάψυξης, δεν προξενούν σημαντική ρήξη στα κυτταρικά τοιχώματα και κατά συνέπεια μικρότερη ποσότητα οπού θα εξέρχεται της σάρκας κατά την απόψυξη. Η παραπάνω άποψη πιθανά να συμβάλλει σε κάποιο βαθμό στην καλύτερη ποιότητα των αλιευμάτων που υποβλήθηκαν σε ταχεία κατάψυξη, παρατηρήθηκε όμως ότι δεν αποτελεί πλήρη εξήγηση του φαινομένου. Διαπιστώθηκε ότι τα κυτταρικά τοιχώματα των μυών έχουν αρκετή ελαστικότητα, ώστε να μπορέσουν να φιλοξενήσουν χωρίς να υποστούν βλάβες ακόμη και μεγάλους παγοκρυστάλλους. Επίσης, το περισσότερο νερό στη σάρκα των αλιευμάτων είναι ενωμένο με τις πρωτεΐνες, σε μια μορφή πηκτής, έτσι λίγη ποσότητα οπού θα απομακρυνθεί ακόμη και με ρήξη των κυτταρικών τοιχωμάτων των μυών των αλιευμάτων (FAO, 1977).

Διαπιστώθηκε ότι η τεχνολογική υποβάθμιση των αλιευμάτων κατά την κατάψυξη είναι κυρίως αποτέλεσμα μετουσίωσης των πρωτεϊνών και ότι δεν σχετίζεται με ρήξη κυτταρικών μεμβρανών. Η αργή κατάψυξη πράγματι οδηγεί σε προϊόντα κατώτερης ποιότητας, αλλά αυτό είναι αποτέλεσμα της έντονης μετουσίωσης των πρωτεϊνικών μορίων και όχι της δημιουργίας μεγάλων παγοκρυστάλλων που παρατηρούνται κατά την εφαρμογή της (FAO, 1977).

2.2.1. 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 (Zώτος, 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 (Zotosetal., 1995).

2.3. Επεξεργασία τηγανίσματος

2.3.1. Γενικά

Το τηγάνισμα τεχνολογικά ορίζεται ως μια θερμική επεξεργασία που σκοπό έχει:

- Να γίνει το τρόφιμο πιο ασφαλές προς βρώση, γιατί θανατώνει τους παθογόνους μικροοργανισμούς
- 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

Τηγανιτά τρόφιμα καταναλώνονται παγκοσμίως χάρη στα μοναδικά και γευστικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους. Το μέσο τηγανίσματος (λάδι) απορροφάται από τα τρόφιμα και συνήθως αυξάνει τη θρεπτική αξία του τροφίμου καθώς είναι πλούσιο σε βιταμίνη E και ακόρεστα λιπαρά οξέα. Το τηγάνισμα των αλιευμάτων με παρθένο ελαιόλαδο είναι συνήθης πρακτική στην Ελλάδα και σε άλλες Μεσογειακές χώρες. Τα Μεσογειακά αλιεύματα που τηγανίζονται σε παρθένο ελαιόλαδο βρέθηκε ότι είναι τρόφιμα υψηλής διατροφικής αξίας.

Τις τελευταίες δεκαετίες, έχει αναδειχθεί ότι οι ελεύθερες ρίζες συνεισφέρουν κυρίως στις αιτίες γήρανσης και σε ασθένειες όπως ο καρκίνος, καρδιαγγειακές παθήσεις, καταρράκτης, ανοσοποιητικό και δυσλειτουργία του εγκεφάλου. Τα αντιοξειδωτικά είναι ουσίες ικανές για την σταθεροποίησή την απενεργοποίηση των ελεύθερων ριζών πριν την επίθεσή τους στα κύτταρα και στους βιολογικούς στόχους. Επιπλέον η διαθεσιμότητα τους είναι κρίσιμη για να διατηρούν σε άριστη κατάσταση τα κύτταρα.

Οι τοκοφερόλες θεωρούνται τα πιο σημαντικά λιπαρή φάσης φυσικά αντιοξειδωτικά, τα οποία προλαμβάνουν την υπεροξειδωση με την

εξουδετέρωση των ριζών στις μεμβράνες και στις λιποπρωτεΐνες. Τα ελαιόλαδα που παράγονται στην Ελλάδα περιέχουν α-τοκοφερόλη με την υψηλότερη βιολογική δράση σε ποσοστά που ποικίλουν από 1.2 έως 43 mg/100 g.

Οι πολυφαινόλες είναι το πιο άφθονα φυσικά αντιοξειδωτικά στην διατροφή μας. Το περιεχόμενό τους έχει συνδεθεί με την πρόσληψη της στεφανιαίας νόσου, μερικών ειδών καρκίνου, φλεγμονών και στον παράγοντα ενεργοποίησης της αναστολής της δραστηριότητας των αιμοπεταλίων. Το παρθένο ελαιόλαδο περιέχει σημαντικό ποσοστό υδροξυπεντακυκλικότερπενικό οξύ (ΗΡΤΑ), ολεανολικά και ουρσολικά οξέα. Κατά την διάρκεια των τελευταίων δύο δεκαετιών, φαρμακολογικές έρευνες του ολεανολικού και ουρσολικού οξέος έδειξαν ότι έχουν συμβάλλει στην προστασία του ήπατος, και έχουν αντιφλεγμονώδεις δράσεις, ενώ το ουρσολικό οξύ παρουσιάζει και μείωση της δραστηριότητας του ιού HIV (Kalogeropoulos et al., 2007).

Τα μοντέλα τηγανίσματος μπορεί να είναι πολύ πολύπλοκα στην κατανόηση τους, επειδή 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, 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 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 (panfrying)
- Το τηγάνισμα σε σκεύος που επιτρέπει την πλήρη κάλυψη των τροφίμων από το έλαιο (deepfrying) (McSavage&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

2.4.1. Πρόσληψη λίπους και απώλεια ύδατος

Όταν το τρόφιμο τοποθετείται 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 (Dobarganesetal., 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 (Kochharetal., 2004). Η βασικότερη παράμετρος που επηρεάζει την απώλεια ύδατος και την πρόσληψη λίπους στο τρόφιμο είναι η θερμοκρασία τηγανίσματος (Dobarganesetal., 2000). Έχει βρεθεί ότι ανάμεσα στους 150 και 180°C η θερμοκρασία δεν παίζει τόσο σημαντικό ρόλο (Varela,1977). Γενικά όμως στις υψηλότερες θερμοκρασίες η απορρόφηση λίπους από την επιφάνεια του τροφίμου συμβαίνει μεαργότερορυθμό. 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 (Γεωργάκηςetal., 2000).

2.4.2. 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°C, στους δε 40°C η εκχυλίσιμη πρωτεΐνη είναι κατά 40% χαμηλότερη, ενώ στους 60-65°C κατά 90% χαμηλότερη ([Ζώτος, 2009](#)).

2.4.3. Λιπαρά οξέα

Τα λιπαρά οξέα είναι συστατικά της πιο γενικής ομάδας των λιπιδίων στην φύση. Έχουν μια ποικιλία από δομές αλλά στους θαλάσσιους οργανισμούς, συνήθως περιέχουν από 14 ως 24 άτομα άνθρακα. Λόγω των βιοχημικών τους ιδιοτήτων πολλά διαιτητικά λιπαρά οξέα υπάρχουν στους θαλάσσιους οργανισμούς με μικρή ή καθόλου τροποποίηση της αρχικής τους κατασκευής, κάνοντας αυτά τα λιπαρά οξέα να είναι χρήσιμοι δείκτες διαιτητικής πηγής ([Wanetal., 2010](#)).

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 ([Maietal.,1778](#); [Galletal., 1983](#)). Εντούτοις όταν τα τρόφιμα απορροφούν κάποια ποσότητα ελαίου (χαμηλή αρχικά περιεκτικότητα σε λίπος), η κατανομή σε λιπαρά οξέα του λίπους που έχει απορροφηθεί αντανακλά αυτή του τηγανισμένου λαδιού.

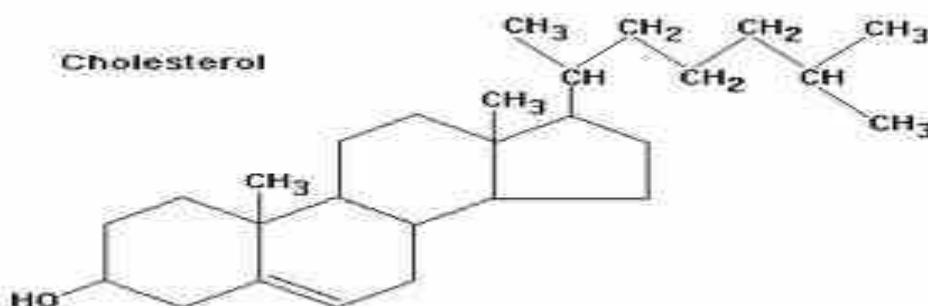
2.4.4. Τέφρα

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).

2.4.5. Χοληστερόλη

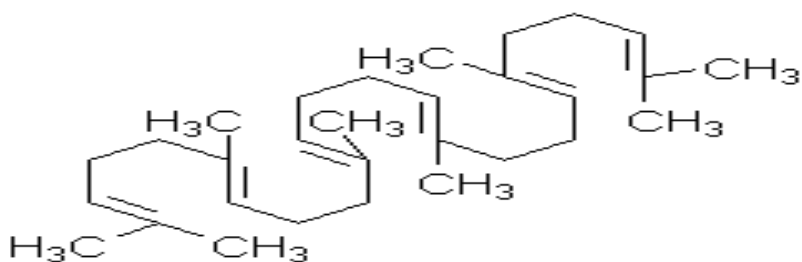
Το ψήσιμο, το τηγάνισμα σε τηγάνι αλλά και σε φριτέζα οδηγεί σε απώλεια της χοληστερόλης στα αλιεύματα χαμηλής περιεκτικότητας σε λίπος (Maietal.,1978). Ειδικότερα κατά το τηγάνισμα φιλέτων αλιευμάτων σε τηγάνι παρατηρήθηκε μείωση της χοληστερόλης κατά 45%, ενώ κατά το τηγάνισμα φιλέτων αλιευμάτων σε φριτέζα η μείωση κυμάνθηκε 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 όμως 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 ραφινρισμένο ελαιόλαδο περιέχει 25% λιγότερο σκουαλένιο από το παρθένο (Owenetal., 2000).

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 (airondrying) 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 μεταβολών 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 (απόσταξη 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) δέσμησης 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 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157500909724> -FN1etal., 2001).

2.5.5. Έλεγχος μεταβολών στην κατανομή των λιπαρών οξέων

Για τον έλεγχο της κατανομής των λιπαρών οξέων σε έλαιο ή σε λίπος με τη βοήθεια της αέριας χρωματογραφίας τα λιπαρά οξέα πρέπει να γίνουν περισσότερο πτητικά και σταθερά με την ποσοτική μετατροπή τους σε εστέρες των αλοιφατικών αλκοολών. Στις περισσότερες περιπτώσεις παρασκευάζονται οι μεθυλεστέρες των λιπαρών οξέων (FAME). Οι μεθυλεστέρες των λιπαρών οξέων μεσαίας ή μακράς αλυσίδας των διαιτητικών λιπών και ελαίων (πάνω από έξι άτομα άνθρακα) είναι καλύτερο να προετοιμάζονται με τη μέθοδο του τριφθοριούχου βόριου (BF₃). Η μέθοδος είναι κατάλληλη για μεθυλεστεροποίηση ελεύθερων λιπαρών οξέων και όλες τις κατηγορίες των λιπιδίων. Η μέθοδος με BF₃ οδηγεί σε αξιόπιστα αποτελέσματα. Τα στάδια της μεθόδου περιλαμβάνουν τη σαπωνοποίηση της γλυκερόλης των τριγλυκεριδίων και φωσφολιπιδίων και την απελευθέρωση της γλυκερόλης των τριγλυκεριδίων και φωσφολιπιδίων και την απελευθέρωση των λιπαρών οξέων, στη συνέχεια γίνεται η εστεροποίηση τους παρουσία του καταλύτη BF₃ και η ανάλυση τους σε αέριο χρωματογράφο (Ζώτος, 2009).

2.5.6. Έλεγχος μεταβολών χοληστερόλης

Η μέθοδος [Kovacsetal. \(1979\)](#) 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:

1. της επίδρασης της αποθήκευσης σε κατάψυξη στη μέση σύσταση, στην κατανομή λιπαρών οξέων και στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο μη επεξεργασμένου γαύρου(*Engraulis encrasicolus*)
2. της επίδρασης της αποθήκευσης σε κατάψυξη στη μέση σύσταση, στην κατανομή λιπαρών οξέων και στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο τηγανιτού γαύρου(*Engraulis encrasicolus*) σε ελαιόλαδο σε διαφορετικούς χρόνους θερμικής επεξεργασίας.

4. Πειραματικό μέρος

4.1. Υλικά, όργανα και επεξεργασίες

4.1.1. Αλιεύματα

Η προμήθεια της πρώτης ύλης έγινε από τον προμηθευτή του ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης. Τα δείγματα έφτασαν στο ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης (13.800 kg) σε διάστημα 15 λεπτών και αμέσως μετά την άφιξη τους έγινε εκσπλαχνισμός, και πλύσιμο των δειγμάτων γαύρου. Ακολούθησε ζύγιση του 1/6 των δειγμάτων πριν και μετά το στάδιο της επεξεργασίας. Τα υπόλοιπα 5/6 καταψύχθηκαν και οι επεξεργασίες τους έγινε ως ακολούθως:

1/6 των δειγμάτων 3 ημέρες αμέσως μετά την κατάψυξή τους

1/6 των δειγμάτων 30 ημέρες μετά την κατάψυξή τους

1/6 των δειγμάτων 60 ημέρες μετά την κατάψυξή τους

1/6 των δειγμάτων 90 ημέρες μετά την κατάψυξή τους

1/6 των δειγμάτων 120 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 και ποσοτικό προσδιορισμό της χοληστερόλης, χρησιμοποιήθηκε πρότυπο χοληστερόλης 10 mg/mL σε χλωροφόρμιο (Supelco, Bellefonte, PA, USA).

4.1.3. Όργανα

- Συσκευή KjeldahlFOSS τύπου Kjeltac 2200 για το προσδιορισμό των πρωτεϊνών
- Φυγόκεντρος SorvalRC-28SSUPRAspeed με ελεγχόμενη θερμοκρασία, για τον προσδιορισμό του λίπους
- Περιστροφικός συμπυκνωτής τύπου BychiRe 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 FocusGC (ThermoFinnigan, USA), με ανίχνευση ιονισμού φλόγας και αυτόματο δειγματολήπτη.
- Αέριος χρωματογράφος TraceGCUltra (ThermoFinnigan, USA), με PolarisQiontrapMS 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 (13.800 kg) 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. Οι απώλειες από την απομάκρυνση όλων των προαναφερθέντων ήταν 4.380 kg άρα η ποσότητα που αξιοποιήθηκε ήταν 9.420 kg. 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.

4.1.5. Τηγάνισμα

Το στάδιο του τηγανίσματος πραγματοποιήθηκε σε ελαιόλαδο και διεξήχθη με τη χρήση οικιακής κατασρόλας όπου προστέθηκαν 700 mL λαδιού. Η προσθήκη των δειγμάτων για τηγάνισμα γινόταν πάντα σε θερμοκρασία λαδιού 200°C για 2,4, και 6 λεπτά. Μετά την ολοκλήρωση της κάθε

επεξεργασίας τηγανίσματος, ποσότητα δείγματος λαδιού αποθηκευόταν σε σκουρόχρωμα φιαλίδια για μελέτη της κατανομής λιπαρών οξέων και περιεκτικότητας σε χοληστερόλη.

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 μίγμα άμμου και αλιεύματος αναμείχθηκε καλά με το ραβδάκι, έτσι ώστε η άμμος να απλωθεί ομοιόμορφα σε όλη την επιφάνεια του τρυβλίου. Στη συνέχεια, τα τρυβλία τοποθετήθηκαν σε φούρνο με αέρα στους $100 \pm 2^\circ\text{C}$ και παρέμειναν εκεί για τουλάχιστον 24 ώρες, μέχρι δηλαδή την απόκτηση σταθερού βάρους. Μετά το πέρας των 24 ωρών τα τρυβλία μεταφέρθηκαν σε ξηραντήριο, για να κρυσώσουν χωρίς να μεταβληθεί η υγρασία τους. Ακολούθησε η ακριβής ζύγισή τους σε ζυγό ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων.

Η περιεκτικότητα σε υγρασία υπολογίστηκε με τη βοήθεια του παρακάτω τύπου:

$$\% \text{Υγρασία} = [(\text{Αρχικό βάρος} - \text{τελικό βάρος}) / (\text{Βάρος δείγματος})] \times (100)$$

4.2.2. Προσδιορισμός τέφρας

Ο προσδιορισμός της τέφρας έγινε με βάση την πρότυπη μέθοδο AOAC (1990). Η περιεχόμενη τέφρα μετρήθηκε τρεις φορές για κάθε δείγμα (3 επαναλήψεις).

Ζυγίστηκε με ακρίβεια το βάρος του ειδικού πυρίμαχου καψιδίου και προστέθηκαν περίπου αλλά με ακρίβεια ζυγισμένα 5g δείγματος. Ακολούθησε η θέρμανση των δειγμάτων σε ηλεκτρικό μάτι για δύο ώρες και στη συνέχεια η μεταφορά τους σε κλίβανο αποτέφρωσης στους 550°C για 24 ώρες. Μετά το

πέρας των 24 ωρών τα καψίδια μεταφέρθηκαν σε ξηραντήριο για να κρυώσουν και ακολούθησε η ακριβής ζύγισή τους.

Η περιεχόμενη τέφρα υπολογίστηκε από τον τύπο:

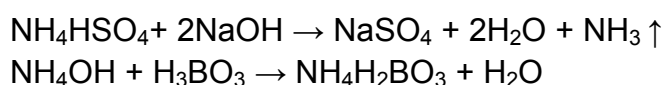
$$\% \text{ Περιεχόμενη τέφρα} = [(B_1 - B_2) / (\text{Βάρος δείγματος})] \times (100)$$

Όπου: B_1 : το βάρος της κάψας μετά την αποτέφρωση

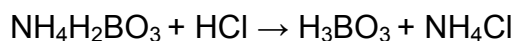
B_2 : το βάρος της κάψας πριν την αποτέφρωση.

4.2.3. Προσδιορισμός πρωτεϊνών

Ο προσδιορισμός των πρωτεϊνών έγινε με τη μέθοδο Kjeldahl, όπως περιγράφεται από τους [Cowie and Mackie \(1968\)](#). Η μέτρηση των πρωτεϊνών έγινε τρεις φορές για κάθε δείγμα (3 επαναλήψεις). Περίπου 1 g αλιεύματος ζυγίστηκε με ακρίβεια σε αναλυτικό ζυγό, μέσα σε άτεφρο ηθμό. Το δείγμα τυλίχτηκε προσεκτικά με τον ηθμό και τοποθετήθηκε σε φιάλη Kjeldahl. Στη φιάλη προστέθηκαν δύο ταμπλέτες (Kjeldahl 3,5g K_2SO_4 και 0,4g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$) και 20mL 98% πυκνό θειϊκό οξύ. Η φιάλη στη συνέχεια θερμάνθηκε στους 400-800°C σε ειδικό μπλοκ θέρμανσης, μέχρι το περιεχόμενο να γίνει πράσινο (λόγω θειϊκού χαλκού) και διαυγές για περίπου δύο ώρες. Μετά την καύση της οργανικής ύλης, που είχε ως αποτέλεσμα τη μετατροπή της σε αμμωνιακό άλας (NH_4HSO_4), ακολούθησε η απόσταξή της. Κατά την απόσταξη που πραγματοποιήθηκε σε έντονα αλκαλικό περιβάλλον (προσθήκη NaOH 50%) και με σημαντική συμμετοχή της θέρμανσης απελευθερώθηκε αμμωνία (σε αέρια μορφή), η οποία διέφυγε από την άκρη της αποστακτικής συσκευής και δεσμεύτηκε από 40mL βορικό οξύ συγκέντρωσης 4%. Το βορικό οξύ μαζί με το δείκτη (0,1g ερυθρό του μεθυλίου και 0,05g μπλε του μεθυλίου σε 100mL αιθανόλης) τοποθετήθηκαν στο άκρο της συσκευής απόσταξης, το οποίο ήταν εμβαπτισμένο μέσα σε οξύ έτσι ώστε να μην επιτρέπει 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. Η απόσταξη ολοκληρώθηκε με τη συγκέντρωση >100mL αποστάγματος. Ακολούθησε η ογκομέτρηση του βορικού ανιόντος με 0,1N διάλυμα υδροχλωρικού οξέος.



Το % άζωτο υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$\% \text{Ολικόάζωτο} = [14 \times (\text{S}-\text{B}) / \text{W}] \times 6,25$$

Όπου:

S: τα mL υδροχλωρικού που καταναλώθηκε για την ογκομέτρηση του δείγματος,

B: τα mL υδροχλωρικού που καταναλώθηκε για την ογκομέτρηση του λευκού

W: το βάρος του δείγματος.

Για τον υπολογισμό της πρωτεΐνης το ολικό άζωτο πολλαπλασιάστηκε με τον εμπειρικό συντελεστή Kjeldahl6,25.

4.2.4. Προσδιορισμός ολικού λίπους

Ο προσδιορισμός του ολικού λίπους έγινε με τη μέθοδο [Bligh&Dyer \(1959\)](#), όπως τροποποιήθηκε από τους [Hanson&Olley \(1963\)](#).

Περίπου 30g δείγματος ζυγίστηκαν με ακρίβεια σε φιάλη φυγοκέντρησης. Σε αυτήν προστέθηκαν νερό με τελικό όγκο 48mL (ως εκ τούτου η προσθήκη νερού ήταν ανάλογη της περιεχόμενης υγρασίας του κάθε δείγματος, 30mL χλωροφόρμιο με 0,01% BHT και 60mL μεθανόλη. Το μίγμα ομογενοποιήθηκε για 1 λεπτό. Κατά τη διάρκεια της ομογενοποίησης η θερμοκρασία του δείγματος διατηρήθηκε σε χαμηλά επίπεδα, με την τοποθέτηση της φιάλης σε πάγο. Μετά το πέρας του ενός λεπτού, άλλα 30mL χλωροφορμίου με 0,01% BHT προστέθηκαν και ακολούθησε νέα ομογενοποίηση του δείγματος για 30 δευτερόλεπτα. Τέλος, μία τρίτη ομογενοποίηση έλαβε χώρα μετά την προσθήκη 30mL αποσταγμένου νερού. Ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε για όλα τα είδη των αλιευμάτων.

Οι φιάλες φυγοκέντρησης με τα περιεχόμενα μίγματά τους, ζυγίστηκαν ώστε να μην έχουν διαφορά βάρους μεγαλύτερη από 0,1g μεταξύ τους και τα ομογενοποιημένα μίγματα φυγοκεντρήθηκαν στις 3000 rpm για 20 λεπτά στους 4°C.

Μετά τη φυγοκέντρηση και με τη βοήθεια σιφωνίου πληρώσεως μεταφέρθηκαν 20mL από τον πυθμένα της φιάλης σε αποξηραμένη και προζυγισμένη φιάλη του περιστροφικού συμπυκνωτή. Ο πυθμένας της φιάλης περιείχε το χλωροφόρμιο το οποίο είχε δεσμεύσει το διαλυμένο λίπος του δείγματος. Το διάλυμα του χλωροφορμίου συμπυκνώθηκε με τη χρήση περιστροφικού συμπυκνωτή σε θερμοκρασία 38°C. Μετά τη συμπύκνωση η φιάλη με το λίπος τοποθετήθηκε σε φούρνο στους 102±2°C για 30 λεπτά και στη συνέχεια σε ξηραντήρα για 15 λεπτά. Τέλος, ακολούθησε η ζύγιση της κάθε φιάλης με το περιεχόμενο λίπος. Ο προσδιορισμός του ολικού λίπους έγινε τρεις φορές για κάθε δείγμα (3 επαναλήψεις).

Το ποσοστό του ολικού λίπους υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$\% \text{ Λίπος} = [(\text{Βάρος εκχυλιζόμενου λίπους}) / \text{Βάρος δείγματος}] \times 3 \times 100$$

4.2.5. Προσδιορισμός μεθυλεστέρων λιπαρών οξέων (FAME)

Η μεθυλεστεροποίηση των λιπαρών οξέων έγινε με μια απλή και γρήγορη μέθοδο (Zotosetal., 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 (heatingblock) για 20 min. Μετά την θέρμανση αφέθηκαν να κρυώσουν και έγινε προσθήκη 2 mL 14% τριφθοριούχου βορίου (borontrifluoride) 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 ATAcquaWax 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.

4.2.6. Προσδιορισμός χοληστερόλης

Η σαπωνοποίηση για τον προσδιορισμό της χοληστερόλης πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την μέθοδο B όπως περιγράφηκε από τους [Kovacsetal. \(1979\)](#).

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 (heatingblock) 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 mLεξάνιο 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 πιπέταPasteur. Τα συνολικά 8 mLεξανίου 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 mx 0,25 mmID, thickness 0,25 μm (Alltech, USA), έγχυση 1 μL δείγματος, σε θερμοκρασία 230°C και splitlessmode με χρόνο splitless 0,80s, φέρων αέριο ήλιο με ρυθμό ροής 1,2 ml/min, λειτουργία μάζας σε FullScan με massrange 60 – 440m/z, σε positivemode, θερμοκρασία MSliner 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°C/ 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.

4.2.7. Στατιστική ανάλυση

Εφαρμόστηκε η ανάλυση της διακύμανσης ενός παράγοντα (oneway 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.

Επίσης, εξετάστηκε η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Microsoft Excel.

5. Αποτελέσματα – Συζήτηση

5.1. Μεταβολές στην απόδοση κατά την επεξεργασία

Από τους πίνακες 1 έως 6 μπορεί να παρατηρηθεί ότι η απόδοση ήταν ανάλογη της εφαρμοζόμενης επεξεργασίας. Έτσι ο μακρύτερος χρόνος επεξεργασίας οδήγησε σε χαμηλότερες αποδόσεις. Χαμηλότερη απόδοση, όπως ήταν αναμενόμενο, παρατηρήθηκε στα δείγματα που αποθηκεύτηκαν για τέσσερις (4) μήνες στην κατάψυξη και ακολούθησε η επεξεργασία του τηγανίσματος. Τα αποτελέσματα αυτά έμμεσα δείχνουν μεταβολές στα πρωτεϊνικά μόρια κατά την αποθήκευση σε συνθήκες κατάψυξης. Μπορεί να παρατηρηθεί επίσης από τους πίνακες 1 έως 6, ότι σε όλα τα δείγματα η απόδοση ήταν υψηλότερη, όπως ήταν αναμενόμενο κατά την θερμική επεξεργασία των 2 λεπτών.

Πίνακας 1. Απόδοση % κατά την επεξεργασία τηγανίσματος στα νωπά δείγματα γαύρου

| Χρόνος (min) | Αρχικό βάρος (g) | Τελικό βάρος (g) | Απόδοση(%) |
|--------------|------------------|------------------|------------|
| 2' | 420,2 | 327,2 | 77,88 |
| 4' | 424,2 | 315,5 | 74,38 |
| 6' | 439,3 | 309,3 | 70,40 |

Πίνακας 2. Απόδοση % κατά την επεξεργασία τηγανίσματος στα δείγματα γαύρου κατά αποθήκευση στην κατάψυξη για 3 ημέρες

| Χρόνος (min) | Αρχικό βάρος (g) | Τελικό βάρος (g) | Απόδοση(%) |
|--------------|------------------|------------------|------------|
| 2' | 384,5 | 300,7 | 78,21 |
| 4' | 413,6 | 311,1 | 75,22 |
| 6' | 404,5 | 300,7 | 74,34 |

Πίνακας 3. Απόδοση % κατά την επεξεργασία τηγανίσματος στα δείγματα γαύρου κατά αποθήκευση στην κατάψυξη για 30 ημέρες

| Χρόνος (min) | Αρχικό βάρος (g) | Τελικό βάρος (g) | Απόδοση(%) |
|--------------|------------------|------------------|------------|
| 2' | 398,0 | 315,7 | 79,32 |
| 4' | 397,7 | 307,3 | 77,27 |
| 6' | 402,5 | 308,4 | 76,62 |

Πίνακας 4. Απόδοση % κατά την επεξεργασία τηγανίσματος στα δείγματα γαύρου κατά αποθήκευση στην κατάψυξη για 60 ημέρες

| Χρόνος (min) | Αρχικό βάρος (g) | Τελικό βάρος (g) | Απόδοση(%) |
|--------------|------------------|------------------|------------|
| 2' | 390,7 | 312,8 | 80,06 |
| 4' | 404,1 | 318,8 | 78,89 |
| 6' | 341,1 | 266,1 | 78,10 |

Πίνακας 5. Απόδοση % κατά την επεξεργασία τηγανίσματος στα δείγματα γαύρου κατά αποθήκευση στην κατάψυξη για 90 ημέρες

| Χρόνος (min) | Αρχικό βάρος (g) | Τελικό βάρος (g) | Απόδοση(%) |
|--------------|------------------|------------------|------------|
| 2' | 383,9 | 311,7 | 81,19 |
| 4' | 394,7 | 314,4 | 79,65 |
| 6' | 369 | 289,7 | 78,51 |

Πίνακας 6. Απόδοση % κατά την επεξεργασία τηγανίσματος στα δείγματα γαύρου κατά αποθήκευση στην κατάψυξη για 120 ημέρες

| Χρόνος (min) | Αρχικό βάρος (g) | Τελικό βάρος (g) | Απόδοση(%) |
|--------------|------------------|------------------|------------|
| 2' | 326,9 | 266,7 | 81,58 |
| 4' | 322,5 | 259,3 | 80,40 |
| 6' | 320,6 | 253,8 | 79,16 |

5.2. Επίδραση της αποθήκευσης στην κατάψυξη στα δείγματα γαύρου (*Engraulis encrasicolus*)

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τον πίνακα 7η αποθήκευση στην κατάψυξη οδήγησε σε σημαντική μείωση της υγρασίας η οποία ακολουθήθηκε από σημαντική αύξηση των πρωτεϊνών. Η περιεκτικότητα σε λίπος παρουσίασε αύξηση στα δείγματα που αποθηκεύτηκαν για 30 ημέρες στην κατάψυξη και παρέμεινε αμετάβλητη στη συνέχεια. Η τέφρα δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Επίσης από την έκφραση των αποτελεσμάτων επί ξηρής βάσης μπορεί να παρατηρηθεί ότι στα δείγματα γαύρου που παρέμειναν στην κατάψυξη για 120 ημέρες η περιεκτικότητα των πρωτεϊνών παρουσίασε αύξηση η οποία ακολουθήθηκε από μείωση τόσο του λίπους όσο και της τέφρας (πίνακας 8). Διαπιστώνεται έτσι ότι οι παρατηρούμενες μεταβολές επί ξηρού δεν ήταν ιδιαίτερα έντονες δείχνοντας ότι αφενός η επεξεργασία της κατάψυξης ήταν ταχεία και αφετέρου η θερμοκρασία στη διάρκεια της κατάψυξης παρέμεινε σταθερή. Ανακοινώθηκε ότι μετουσίωση των πρωτεϊνών κατά την κατάψυξη εξαρτάται σημαντικά από τη θερμοκρασία του αλιεύματος και όσο η θερμοκρασία μειώνεται, κάτω από

τους -20°C , μειώνεται και ο ρυθμός μετουσίωσης τους. Έτσι, διαπιστώθηκε ότι όσο αργότερος είναι ο ρυθμός μείωσης της θερμοκρασίας από τους 0°C στους -20°C τόσο ταχύτερος είναι ο ρυθμός μετουσίωσης των πρωτεϊνών και το αντίστροφο, όσο ταχύτερα κατέρχεται η θερμοκρασία τόσο επιβραδύνονται ο ρυθμός και η έκταση μετουσίωσης τους. Έχει ανακοινωθεί ότι η κρίσιμη θερμοκρασία για τη μετουσίωση των πρωτεϊνών είναι η περιοχή από -1°C έως -2°C . Στην αργή κατάψυξη τα αλιεύματα παραμένουν στην παραπάνω θερμοκρασία για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα με αποτέλεσμα τη σημαντική τεχνολογική υποβάθμιση τους (FAO, 1977).

Πίνακας 7. Μεταβολές στην % μέση σύσταση νωπών δειγμάτων γαύρου (*Engraulis encrasicolus*) κατά τη αποθήκευση στην κατάψυξη για 120 ημέρες, (επί υγρού)

| % | Νωπό | 3 ΗΑΚ | 30 ΗΑΚ | 60 ΗΑΚ | 90 ΗΑΚ | 120 ΗΑΚ |
|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Υγρασία | 79,02 ^a ±0,09 | 78,54 ^b ±0,07 | 77,77 ^c ±0,34 | 76,69 ^d ±0,31 | 75,67 ^e ±0,06 | 74,88 ^f ±0,23 |
| Πρωτεΐνες | 18,16 ^a ±0,11 | 18,58 ^b ±0,16 | 19,14 ^c ±0,32 | 20,19 ^d ±0,23 | 21,19 ^e ±0,45 | 22,09 ^f ±0,43 |
| Λίπος | 1,40 ^a ±0,15 | 1,48 ^a ±0,14 | 1,66 ^b ±0,15 | 1,67 ^b ±0,13 | 1,67 ^b ±0,26 | 1,63 ^b ±0,14 |
| Τέφρα | 1,33 ^a ±0,11 | 1,32 ^a ±0,12 | 1,37 ^a ±0,17 | 1,37 ^a ±0,15 | 1,37 ^a ±0,13 | 1,32 ^a ±0,11 |

ΗΑΚ Ημέρες Αποθήκευσης Κατάψυξης

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπικές αποκλίσεις

Διαφορετικοί εκθέτες στην ίδια γραμμή δείχνουν την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών ($p < 0,05$)

Πίνακας 8. Μεταβολές στην % μέση σύσταση νωπών δειγμάτων γαύρου (*Engraulis encrasicolus*) κατά τη αποθήκευση στην κατάψυξη για 120 ημέρες, (επί ξηρού)

| % | Νωπό | 3 ΗΑΚ | 30 ΗΑΚ | 60 ΗΑΚ | 90 ΗΑΚ | 120 ΗΑΚ |
|------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ | 86,56 ^a ±0,11 | 86,58 ^a ±0,16 | 86,1 ^a ±0,32 | 86,62 ^a ±0,23 | 87,09 ^{ab} ±0,45 | 87,94 ^b ±0,43 |
| ΛΙΠΟΣ | 6,67 ^a ±0,15 | 6,90 ^a ±0,14 | 7,47 ^b ±0,15 | 7,16 ^b ±0,13 | 6,86 ^a ±0,26 | 6,49 ^a ±0,44 |
| ΤΕΦΡΑ | 6,34 ^a ±0,11 | 6,15 ^a ±0,12 | 6,16 ^a ±0,17 | 5,88 ^{ab} ±0,15 | 5,63 ^b ±0,13 | 5,25 ^c ±0,11 |

ΗΑΚ Ημέρες Κατάψυξης

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπικές αποκλίσεις

Διαφορετικοί εκθέτες στην ίδια γραμμή δείχνουν την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών ($p < 0,05$)

5.3. Επίδραση της αποθήκευσης στην κατάψυξη για 3, 30, 60, 90 και 120 ημέρες στα δείγματα νωπού και τηγανισμένου γαύρου

5.3.1. Επίδραση της αποθήκευσης στην κατάψυξη στη μέση σύσταση τηγανιτού για 2 λεπτά γαύρου

Η περιεκτικότητα του γαύρου σε υγρασία, κατά τα 2 λεπτά τηγανίσματος μειώθηκε σημαντικά (Πίνακας 9). Η χαμηλότερη τιμή υγρασίας παρατηρήθηκε, όπως ήταν αναμενόμενο, στα δείγματα που τηγανίστηκαν αφού αποθηκεύτηκαν στην κατάψυξη για 120 ημέρες και ήταν 64,37%. Η μείωση της υγρασίας ακολουθήθηκε από αύξηση της περιεκτικότητας κυρίως των λιπαρών υλών και σε μικρότερη έκταση των πρωτεϊνών, ενώ η περιεκτικότητα σε τέφρα δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας 9). Οι ανωτέρω μεταβολές, στα αποτελέσματα επί υγρού, ήταν μάλιστα γραμμικές, έτσι η γραμμική μείωση της υγρασίας ($R^2=0,999$) εκφράστηκε με ταυτόχρονη γραμμική αύξηση του λίπους ($R^2=0,980$) (Σχήμα 2) και γραμμική αύξηση των πρωτεϊνών ($R^2=0,971$). Ανάλογα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και στα αποτελέσματα επί ξηρής βάσης. Η γραμμική μείωση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες ακολουθήθηκε από γραμμική αύξηση των λιπαρών υλών (Σχήμα 3). Η ανωτέρω μεταβολή ήταν αναμενόμενη λόγω της αναμενόμενης απορρόφησης λίπους από τα δείγματα γαύρου κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος. Η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε τέφρα δεν επηρεάστηκε από την επεξεργασία του τηγανίσματος των 2 λεπτών.

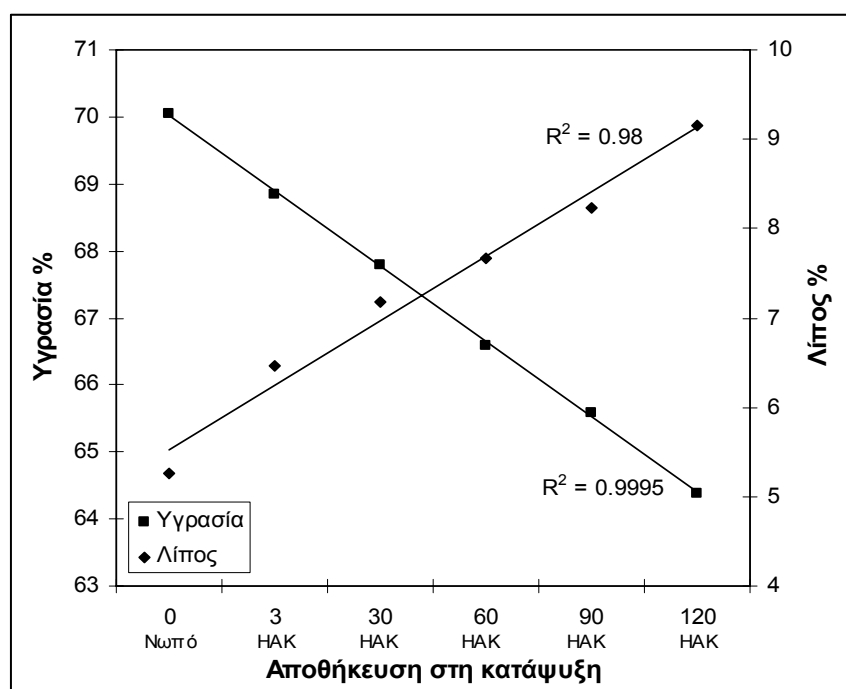
Πίνακας9. Μεταβολές στην % μέση σύστασηδειγμάτωντηγανισμένου για 2 λεπτάγαύρου (*Engraulisencrasicolus*) σε διαφορετικούς χρόνους αποθήκευσης στην κατάψυξη (επί υγρού)

| % | Νωπό | 3 ΗΑΚ | 30 ΗΑΚ | 60 ΗΑΚ | 90 ΗΑΚ | 120 ΗΑΚ |
|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| ΥΓΡΑΣΙΑ | 70,04 ^a ±0,21 | 68,85 ^b ±0,17 | 67,78 ^c ±0,12 | 66,59 ^d ±0,19 | 65,59 ^e ±0,26 | 64,37 ^f ±0,17 |
| ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ | 22,95 ^a ±0,26 | 23,03 ^a ±0,50 | 23,44 ^a ±0,26 | 24,00 ^b ±0,23 | 24,45 ^{bc} ±0,52 | 24,70 ^c ±0,13 |
| ΛΙΠΟΣ | 5,26 ^a ±0,55 | 6,46 ^b ±0,17 | 7,17±0,22 ^c | 7,67±0,14 ^d | 8,24 ^e ±0,31 | 9,15 ^f ±0,16 |
| ΤΕΦΡΑ | 1,68 ^a ±0,12 | 1,62 ^a ±0,27 | 1,58 ^a ±0,22 | 1,64 ^a ±0,14 | 1,69 ^a ±0,24 | 1,69 ^a ±0,28 |

ΗΑΚ Ημέρες Αποθήκευσης Κατάψυξης

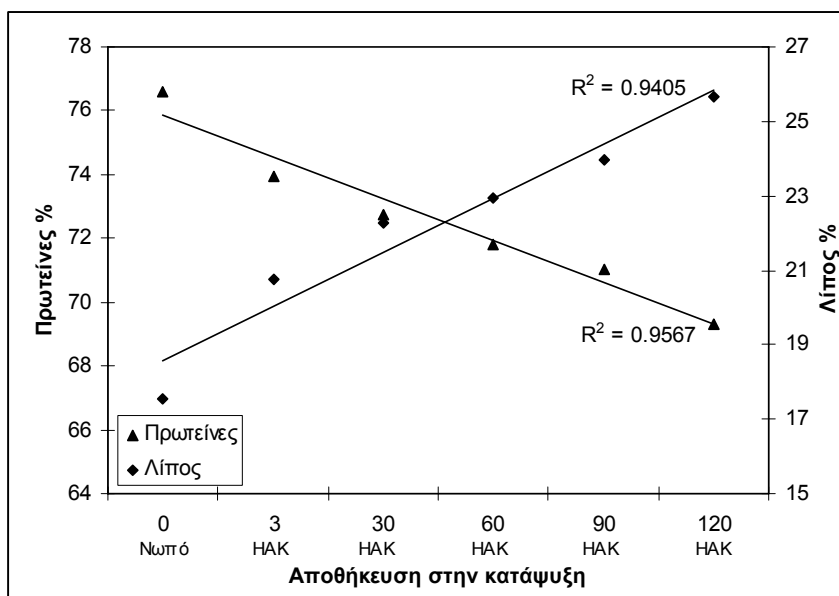
Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπικές αποκλίσεις

Διαφορετικοί εκθέτες στην ίδια γραμμή δείχνουν την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών($p < 0,05$)



ΗΑΚ Ημέρες Αποθήκευσης Κατάψυξης

Σχήμα 2. Απλή ενδεικτική γραμμική παλινδρόμηση μεταβολών υγρασίας – λίπους τηγανισμένου για 2 λεπτά γαύρου σε διαφορετικούς χρόνους αποθήκευσης στην κατάψυξη (επί υγρού)



HAK Ημέρες Αποθήκευσης Κατάψυξης

Σχήμα 3. Απλή ενδεικτική γραμμική παλινδρόμηση μεταβολών πρωτεϊνών – λίπους τηγανισμένου για 2 λεπτά γαύρου σε διαφορετικούς χρόνους αποθήκευσης στην κατάψυξη (επί ξηρού)

5.3.2. Επίδραση της αποθήκευσης στην κατάψυξη στη μέση σύσταση τηγανιτού για 4 λεπτά γαύρου

Όπως παρατηρείται κατά την επεξεργασία των δειγμάτων γαύρου, μετά από τηγάνισμα 4 λεπτών, η περιεκτικότητα αυτών σε υγρασία μειώθηκε σημαντικά (πίνακας 10) με την μεγαλύτερη μεταβολή να παρατηρείται στα δείγματα που αποθηκεύτηκαν για 120 ημέρες στην κατάψυξη (57,81%), η οποία ακολουθήθηκε από αύξηση της συγκέντρωσης των λιπαρών υλών και των πρωτεϊνών. Το ποσοστό της υγρασίας στα 4 λεπτά τηγανίσματος και μετά από 120 ημέρες κατάψυξης ήταν χαμηλότερο από το αντίστοιχο προηγούμενων δειγμάτων γαύρου, που δείχνει ότι η κατάψυξη περισσότερων μηνών είχε εντονότερη επίδραση στη μετουσίωση των πρωτεϊνών. Οι ανωτέρω μεταβολές, στα αποτελέσματα επί υγρού, ήταν μάλιστα γραμμικές. Η έκφραση των αποτελεσμάτων επί ξηρής βάσης ανέδειξαν σημαντικές μεταβολές σε όλα τα συστατικά των δειγμάτων γαύρου. Έτσι, η σημαντική αύξηση των λιπαρών υλών (αναμενόμενη) οδήγησε σε σημαντική μείωση των πρωτεϊνών αλλά και σε σημαντική μείωση της περιεκτικότητας σε τέφρα, ιδιαίτερα στα δείγματα που αποθηκεύτηκαν για 90 και 120 ημέρες σε συνθήκες κατάψυξης.

Πίνακας10. Μεταβολές στην % μέση σύσταση δειγμάτων τηγανισμένου για 4 λεπτά γαύρου (*Engraulis encrasicolus*) σε διαφορετικούς χρόνους αποθήκευσης στην κατάψυξη (επί υγρού)

| % | Νωπό | 3 ΗΑΚ | 30 ΗΑΚ | 60 ΗΑΚ | 90 ΗΑΚ | 120 ΗΑΚ |
|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| ΥΓΡΑΣΙΑ | 68,15 ^a ±0,16 | 66,56 ^b ±0,19 | 64,89 ^c ±0,15 | 63,51 ^d ±0,63 | 61,02 ^e ±0,19 | 57,81 ^f ±0,42 ^c |
| ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ | 22,46 ^a ±0,40 | 23,22 ^b ±0,21 | 23,66 ^b ±0,51 | 24,36 ^c ±0,31 | 25,12 ^d ±0,48 | 26,10 ^e ±0,40 |
| ΛΙΠΟΣ | 7,66 ^a ±0,18 | 8,59 ^b ±0,25 | 9,71 ^c ±0,32 | 10,37 ^d ±0,24 | 12,18 ^e ±0,37 ^a | 14,40 ^f ±0,22 |
| ΤΕΦΡΑ | 1,64 ^a ±0,18 | 1,56 ^a ±0,24 | 1,65 ^a ±0,21 | 1,71 ^a ±0,25 | 1,62 ^a ±0,19 | 1,68 ^a ±0,18 |

ΗΑΚ Ημέρες Αποθήκευσης Κατάψυξης

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπικές αποκλίσεις

Διαφορετικοί εκθέτες στην ίδια γραμμή δείχνουν την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών (p<0,05)

Πίνακας11. Μεταβολές στην % μέση σύσταση δειγμάτων τηγανισμένου για 4 λεπτά γαύρου (*Engraulis encrasicolus*) σε διαφορετικούς χρόνους αποθήκευσης στην κατάψυξη (επί ξηρού)

| % | Νωπό | 3 ΗΑΚ | 30 ΗΑΚ | 60 ΗΑΚ | 90 ΗΑΚ | 120 ΗΑΚ |
|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ | 70,52 ^a ±0,40 | 69,44 ^b ±0,21 | 67,39 ^c ±0,51 | 66,76 ^d ±0,31 | 64,44 ^e ±0,48 | 61,86 ^f ±0,40 |
| ΛΙΠΟΣ | 24,05 ^a ±0,18 | 25,69 ^b ±0,25 | 27,66 ^c ±0,32 | 28,42 ^d ±0,24 | 31,25 ^e ±0,37 | 34,13 ^f ±0,22 |
| ΤΕΦΡΑ | 5,15 ^a ±0,18 | 4,67 ^b ±0,24 | 4,7 ^b ±0,21 | 4,69 ^b ±0,25 | 4,16 ^c ±0,19 | 3,98 ^c ±0,18 |

ΗΑΚ Ημέρες Αποθήκευσης Κατάψυξης

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπικές αποκλίσεις

Διαφορετικοί εκθέτες στην ίδια γραμμή δείχνουν την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών (p<0,05)

5.3.3. Επίδραση της αποθήκευσης στην κατάψυξη στη μέση σύσταση τηγανιτού για 6 λεπτά γαύρου

Ανάλογες μεταβολές, σε μεγαλύτερη ωστόσο έκταση, παρατηρήθηκαν και στα δείγματα γαύρου που τηγανίστηκαν για 6 λεπτά. Η μείωση των δειγμάτων σε υγρασία ακολουθήθηκε από αύξηση των λιπαρών υλών και των πρωτεϊνών (Πίνακας 12). Το ποσοστό της υγρασίας τηγανητού γαύρου για 6 λεπτά μετά από 120 ημέρες αποθήκευσης στην κατάψυξη ήταν το χαμηλότερο από το

αντίστοιχο των προηγούμενων δειγμάτων γαύρου, που δείχνει ότι η κατάψυξη των τεσσάρων μηνών μαζί με τον υψηλό χρόνο τηγανίσματος είχαν τη σημαντικότερη επίδραση στη μετουσίωση των πρωτεϊνών. Οι ανωτέρω μεταβολές, στα αποτελέσματα επί υγρού, ήταν μάλιστα γραμμικές. Η έκφραση των αποτελεσμάτων επί ξηρής βάσης ανέδειξαν σημαντικές μεταβολές σε όλα τα συστατικά των δειγμάτων γαύρου. Έτσι, η σημαντική αύξηση των λιπαρών υλών (αναμενόμενη) οδήγησε σε σημαντική μείωση των πρωτεϊνών αλλά και σε σημαντική μείωση της περιεκτικότητας σε τέφρα, ιδιαίτερα στα δείγματα που αποθηκεύτηκαν για 90 και 120 ημέρες σε συνθήκες κατάψυξης.

Πίνακας 12. Μεταβολές στην % μέση σύσταση δειγμάτων τηγανισμένου για 6 λεπτά γαύρου (*Engraulis encrasicolus*) σε διαφορετικούς χρόνους αποθήκευσης στην κατάψυξη (επί υγρού)

| % | Νωπό | 3 ΗΑΚ | 30 ΗΑΚ | 60 ΗΑΚ | 90 ΗΑΚ | 120 ΗΑΚ |
|------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| ΥΓΡΑΣΙΑ | 66,29 ^a ±0,13 | 64,45 ^b ±0,02 ^a | 61,40 ^c ±0,11 | 58,94 ^d ±0,16 | 56,23 ^e ±0,52 | 51,67 ^f ±0,13 |
| ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ | 22,89 ^a ±0,21 | 23,65 ^b ±0,24 | 24,42 ^c ±0,45 | 25,97 ^d ±0,64 | 26,20 ^e ±0,35 | 27,57 ^f ±0,46 |
| ΛΙΠΟΣ | 9,00 ^a ±0,39 | 10,15 ^b ±0,18 | 12,27 ^c ±0,13 | 13,4 ^d ±0,25 | 15,63 ^e ±0,26 | 18,78 ^f ±0,20 |
| ΤΕΦΡΑ | 1,74 ^a ±0,21 | 1,72 ^a ±0,24 | 1,87 ^a ±0,29 | 1,66 ^a ±0,22 | 1,88 ^a ±0,11 ^a | 1,93 ^a ±0,11 |

ΗΑΚ Ημέρες Αποθήκευσης Κατάψυξης

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπικές αποκλίσεις

Διαφορετικοί εκθέτες στην ίδια γραμμή δείχνουν την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών ($p < 0,05$)

Πίνακας13. Μεταβολές στην % μέση σύσταση δειγμάτων τηγανισμένου για 6 λεπτά γαύρου (*Engraulis encrasicolus*) σε διαφορετικούς χρόνους αποθήκευσης στην κατάψυξη (επί ξηρού)

| % | Νωπό | 3 ΗΑΚ | 30 ΗΑΚ | 60 ΗΑΚ | 90 ΗΑΚ | 120 ΗΑΚ |
|------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ | 67,9 ^a ±0,21 | 66,53 ^b ±0,24 | 63,26 ^c ±0,45 | 63,25 ^d ±0,64 | 59,86 ^e ±0,35 | 57,05 ^f ±0,46 |
| ΛΙΠΟΣ | 26,7 ^a ±0,39 | 28,55 ^b ±0,18 | 31,79 ^c ±0,13 | 32,64 ^d ±0,25 | 35,71 ^e ±0,26 | 38,86 ^f ±0,20 |
| ΤΕΦΡΑ | 5,16 ^a ±0,21 | 4,84 ^b ±0,24 | 4,84 ^b ±0,29 | 4,64 ^{bc} ±0,22 | 4,30 ^c ±0,11 | 3,99 ^c ±0,11 |

ΗΑΚ Ημέρες Αποθήκευσης Κατάψυξης

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων ± τυπικές αποκλίσεις

Διαφορετικοί εκθέτες στην ίδια γραμμή δείχνουν την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών ($p < 0,05$)

5.4. Επίδραση της κατάψυξης και των 3 χρόνων τηγανίσματος στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο στα δείγματα γαύρου και ελαιολάδου

5.4.1. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο δειγμάτων νωπού γαύρου σε διαφορετικούς χρόνους αποθήκευσης στη κατάψυξη

Κατά την αποθήκευση στην κατάψυξη των δειγμάτων γαύρου παρατηρήθηκε αύξηση της περιεκτικότητας (mg/100g σάρκας) σε χοληστερόλη με την ελάχιστη τιμή να ανιχνεύεται στο νωπό δείγμα (43,54mg/100g σάρκας) και την μέγιστη την 120^η ημέρα αποθήκευσης στην κατάψυξη (45,76mg/100g σάρκας), ανάλογα ήταν τα αποτελέσματα και για το σκουαλένιο, ελάχιστη τιμή στο νωπό δείγμα (0,67mg/100g σάρκας) και μέγιστη την 120^η ημέρα αποθήκευσης στην κατάψυξη (1,07mg/100g σάρκας) (πίνακας 14).

Πίνακας14. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο (mg/100 g εδωδιμης σάρκας) σε δείγματα νωπού γαύρου (*Engraulis encrasicolus*)

| mg/100g | Νωπό | 3 ΗΑΚ | 30 ΗΑΚ | 60 ΗΑΚ | 90 ΗΑΚ | 120 ΗΑΚ |
|--------------------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|
| Χοληστερόλη | 43,54 | 43,67 | 44,01 | 44,56 | 44,89 | 45,76 |
| Σκουαλένιο | 0,67 | 0,72 | 0,77 | 0,82 | 0,87 | 1,07 |

ΗΑΚ Ημέρες Αποθήκευσης Κατάψυξης

5.4.2. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο δειγμάτων νωπού γαύρου και ελαιολάδου στους τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους (2, 4, 6 min) τηγανίσματος

Όπως παρατηρείται από τον πίνακα 15 ο χρόνος τηγανίσματος επηρέασε την περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σε σκουαλένιο των δειγμάτων νωπού γαύρου. Η συγκέντρωση της χοληστερόλης παρουσίασε ελάχιστη τιμή στο νωπό δείγμα μετά από 6 min τηγανίσματος (28,56mg/100g σάρκας), τιμήσημαντικά χαμηλότερη από αυτή του νωπού δείγματος που δε δέχτηκε θερμική επεξεργασία (43,67mg/100g σάρκας). Η περιεκτικότητα σε σκουαλένιο αυξήθηκε με την αύξηση του χρόνου τηγανίσματος παρουσιάζοντας μέγιστη τιμή στα 6minτηγανίσματος 32,77mg/100g σάρκας (πίνακας 15). Η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη στο τηγανισμένο ελαιόλαδο νωπών δειγμάτων γαύρου ανιχνεύτηκε σε χαμηλές τιμές. Επιπλέον, η περιεκτικότητα του ελαιολάδου σε σκουαλένιο επηρεάστηκε από το χρόνο τηγανίσματος. Όπως φαίνεται στον πίνακα 15, παρουσίασε μείωση με την ελάχιστη τιμή να είναι στα 6 min τηγανίσματος (496,89mg/100g σάρκας) και την μέγιστη στο νωπό δείγμα (538,12mg/100g σάρκας).

Πίνακας 15. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο (mg/100 g εδώδιμης σάρκας) νωπού γαύρου και ελαιολάδου κατά το τηγάνισμα στους τρεις διαφορετικούς χρόνους

| mg/100g | Γαύρος | | | | Ελαιόλαδο | | | |
|--------------------|--------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| | Νωπό | ΤΓ 2min | ΤΓ 4min | ΤΓ 6min | Νωπό | ΤΕ 2min | ΤΕ 4min | ΤΕ 6min |
| Χοληστερόλη | 43,54 | 39,67 | 35,01 | 28,56 | - | 0,02 | 0,02 | 0,04 |
| Σκουαλένιο | 0,67 | 22,72 | 32,77 | 39,82 | 538,12 | 515,56 | 500,57 | 496,89 |

5.4.3. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο δειγμάτων γαύρου μετά από 3 ημέρες αποθήκευσης στην κατάψυξη και ελαιολάδου στους τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους (2, 4, 6 min) τηγανίσματος

Όπως παρατηρείται από τον πίνακα 16 και όπως ήδη έχει αναφερθεί παραπάνω ο χρόνος τηγανίσματος επηρέασε την περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σε σκουαλένιο των δειγμάτων γαύρου αμέσως μετά την κατάψυξη. Η συγκέντρωση της χοληστερόλης παρουσίασε ελάχιστη τιμή στο δείγμα μετά από 6 min τηγανίσματος (26,75mg/100g σάρκας) και μέγιστη τιμή στο μη θερμικά επεξεργασμένο δείγμα (43,67mg/100g σάρκας), τιμή ανάλογη με την αντίστοιχη τιμή του νωπού δείγματος (πίνακας 16). Η περιεκτικότητα σε

σκουαλένιο παρουσίασε σημαντική αύξηση με την παράταση του χρόνου τηγανίσματος παρουσιάζοντας μέγιστη τιμή στα 6 min τηγανίσματος με 39,76mg/100g σάρκας (πίνακας 16). Τα αποτελέσματα του ελαιολάδου σε χοληστερόλη και σκουαλένιο είναι παρόμοια με αυτά του νωπού δείγματος.

Πίνακας 16.Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο(mg/100 g εδώδιμης σάρκας) δειγμάτων γαύρου μετά από 3 ημέρες αποθήκευσης στην κατάψυξη και ελαιολάδου κατά το τηγάνισμα στους τρεις διαφορετικούς χρόνους

| mg/100g | Γαύρος | | | | Ελαιόλαδο | | | |
|--------------------|--------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| | 3 ΗΑΚ | ΤΓ 2min | ΤΓ 4min | ΤΓ 6min | Νωπό | ΤΕ 2min | ΤΕ 4min | ΤΕ 6min |
| Χοληστερόλη | 43,67 | 38,54 | 33,34 | 26,75 | - | 0,02 | 0,03 | 0,04 |
| Σκουαλένιο | 0,72 | 24,82 | 32,98 | 39,76 | 538,12 | 512,32 | 501,45 | 493,77 |

ΗΑΚ Ημέρες Αποθήκευσης Κατάψυξης

5.4.4. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο δειγμάτων γαύρου μετά από 30, 60, 90 και 120 ημέρες αποθήκευσης στην κατάψυξη και ελαιολάδου στους τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους (2, 4, 6 min) τηγανίσματος

Ανάλογες και σε μεγαλύτερη έκταση ήταν οι μεταβολές σε χοληστερόλη και σκουαλένιο που παρατηρήθηκαν και για τα δείγματα γαύρου που αποθηκεύτηκαν για 30, 60, 90 και 120 ημέρες στην κατάψυξη πριν την επεξεργασία τους (Πίνακες, 17, 18, 19 και 20).

Πίνακας 17.Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο(mg/100 g εδώδιμης σάρκας) δειγμάτων γαύρου μετά από 30 ημέρες αποθήκευσης στην κατάψυξη και ελαιολάδου κατά το τηγάνισμα στους τρεις διαφορετικούς χρόνους

| mg/100g | Γαύρος | | | | Ελαιόλαδο | | | |
|--------------------|--------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| | 30 ΗΑΚ | ΤΓ 2min | ΤΓ 4min | ΤΓ 6min | Νωπό | ΤΕ 2min | ΤΕ 4min | ΤΕ 6min |
| Χοληστερόλη | 44,01 | 37,14 | 32,29 | 24,43 | - | 0,02 | 0,04 | 0,06 |
| Σκουαλένιο | 0,77 | 26,62 | 33,78 | 40,55 | 538,12 | 510,32 | 498,46 | 491,65 |

ΗΑΚ Ημέρες Αποθήκευσης Κατάψυξης

Πίνακας 18.Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο(mg/100 g εδώδιμης σάρκας) δειγμάτων γαύρου μετά από 60 ημέρες αποθήκευσης στην κατάψυξη και ελαιολάδου κατά το τηγάνισμα στους τρεις διαφορετικούς χρόνους

| mg/100g | Γαύρος | | | | Ελαιόλαδο | | | |
|--------------------|--------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| | 60 ΗΑΚ | ΤΓ 2min | ΤΓ 4min | ΤΓ 6min | Νωπό | ΤΕ 2min | ΤΕ 4min | ΤΕ 6min |
| Χοληστερόλη | 44,56 | 35,14 | 31,29 | 24,11 | - | 0,03 | 0,05 | 0,07 |
| Σκουαλένιο | 0,82 | 28,44 | 35,66 | 41,76 | 538,12 | 508,55 | 496,78 | 488,89 |

ΗΑΚ Ημέρες Αποθήκευσης Κατάψυξης

Πίνακας 19.Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο(mg/100 g εδώδιμης σάρκας) δειγμάτων γαύρου μετά από 90 ημέρες αποθήκευσης στην κατάψυξη και ελαιόλαδου κατά το τηγάνισμα στους τρεις διαφορετικούς χρόνους

| mg/100g | Γαύρος | | | | Ελαιόλαδο | | | |
|--------------------|--------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| | 90 ΗΑΚ | ΤΓ 2min | ΤΓ 4min | ΤΓ 6min | Νωπό | ΤΕ 2min | ΤΕ 4min | ΤΕ 6min |
| Χοληστερόλη | 44,89 | 34,24 | 30,87 | 23,34 | - | 0,03 | 0,06 | 0,08 |
| Σκουαλένιο | 0,87 | 29,67 | 39,87 | 41,42 | 538,12 | 498,34 | 500,96 | 488,77 |

ΗΑΚ Ημέρες Αποθήκευσης Κατάψυξης

Πίνακας 20.Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο(mg/100 g εδώδιμης σάρκας) δειγμάτων γαύρου μετά από 120 ημέρες αποθήκευσης στην κατάψυξη και ελαιόλαδου κατά το τηγάνισμα στους τρεις διαφορετικούς χρόνους

| mg/100g | Γαύρος | | | | Ελαιόλαδο | | | |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| | 120 ΗΑΚ | ΤΓ 2min | ΤΓ 4min | ΤΓ 6min | Νωπό | ΤΕ 2min | ΤΕ 4min | ΤΕ 6min |
| Χοληστερόλη | 44,89 | 31,67 | 28,74 | 21,25 | - | 0,04 | 0,08 | 0,11 |
| Σκουαλένιο | 0,87 | 31,67 | 38,87 | 43,51 | 538,12 | 500,10 | 496,88 | 490,54 |

ΗΑΚ Ημέρες Αποθήκευσης Κατάψυξης

5.5. Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) στο σύνολο των λιπαρών οξέων νωπού και κατεψυγμένου γαύρου (*Engraulis encrasicolus*)

Το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) στο σύνολο των λιπαρών οξέων στα μη επεξεργασμένα δείγματα γαύρου κυμάνθηκε από 34,63% στα δείγματα γαύρου που αποθηκεύτηκαν για 3 ημέρες στην κατάψυξη έως 40,03% στα δείγματα γαύρου που αποθηκεύτηκαν για 120 ημέρες στην κατάψυξη(Πίνακας 21). Στην ομάδα των κορεσμένων λιπαρών οξέων το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το παλμιτικό οξύ (C16:0) με ποσοστό που κυμάνθηκε από 24,95% στα νωπά έως 28,55% στα δείγματα γαύρου που αποθηκεύτηκαν για 120 ημέρες στην κατάψυξη. Σημαντική έτσι ήταν η αύξηση που παρατηρήθηκε τόσο στο σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων όσο και στον κυριότερο εκπρόσωπό τους (C16:0) κατά την αποθήκευση των δειγμάτων γαύρου στην κατάψυξη.

Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) κυμάνθηκε από 12,48% στα δείγματα νωπού γαύρου έως 18,38% στα δείγματα γαύρου που αποθηκεύτηκαν για 3 ημέρες στην κατάψυξη, ενώ στα δείγματα που αποθηκεύτηκαν για μακρύτερο χρονικό διάστημα παρουσιάστηκε μείωση τους. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το ελαιικό οξύ (C18:1ω-9) με ποσοστό που κυμάνθηκε από 6,96% στα δείγματα του νωπού γαύρου έως 12,65% στα δείγματα γαύρου που αποθηκεύτηκαν για 3 ημέρες σε συνθήκες κατάψυξης (Πίνακας 21).

Το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) παρουσίασε σταδιακή μείωση, έτσι από 47,06% στα νωπά δείγματα γαύρου οδηγήθηκαν σε 41,31% στα δείγματα που αποθηκεύτηκαν για 120 ημέρες σε συνθήκες κατάψυξης. Σε αυτή την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το εικοσιδιεξαενοϊκό οξύ (DHA, C22:6ω-3), με ποσοστό που κυμάνθηκε από 33,06% στα νωπά δείγματα γαύρου σε 28,43% στα δείγματα που αποθηκεύτηκαν για 120 ημέρες σε συνθήκες κατάψυξης. Ανάλογα ήταν τα αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν για το εικοσιπενταενοϊκό οξύ (EPA, C20:5ω-3) και ως συνέπεια και για το άθροισμά τους (Πίνακας21). Οι ανωτέρω μεταβολές δείχνουν οξειδωση των συγκεκριμένων λιπαρών οξέων κατά την αποθήκευση στην κατάψυξη.

Πίνακας 21. Κατανομή των λιπαρών οξέων (%) στο σύνολο των λιπαρών οξέων στο λίπος γαύρου σε νωπά και αποθηκευμένα σε κατάψυξη δείγματα γαύρου

| Λιπαρά οξέα % | Νωπά | 3 ΗΑΚ | 30 ΗΑΚ | 60 ΗΑΚ | 90 ΗΑΚ | 120 ΗΑΚ |
|------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|
| C14:0 | 3,58 | 2,26 | 2,7 | 3,54 | 4,5 | 3,84 |
| C15:0 | 1,12 | 0,6 | 1,16 | 1,26 | 1,16 | 1,3 |
| C16:0 | 24,95 | 25,13 | 25,95 | 26,01 | 27,28 | 28,55 |
| C16:1ω-7 | 3,49 | 2,93 | 2,35 | 3,79 | 3,85 | 3,72 |
| C16:1ω-5 | 0,2 | 0,2 | 0,18 | 0,2 | 0,21 | 0,21 |
| C16:2ω-7 | 0,19 | 0,27 | 0,5 | 0,73 | 0,6 | 0,55 |
| C16:2ω-5 | 0,47 | 0,16 | 0,15 | 0,15 | 0,22 | 0,19 |
| C16:3ω-3 | 0,15 | 0,23 | 0,13 | 0,67 | 0,98 | 0,72 |
| C16:4ω-3 | 0,66 | 0,6 | 0,6 | 1,31 | 1,42 | 1,4 |
| C17:0 | 1,24 | 1,17 | 1,1 | 0,38 | 0,59 | 0,49 |
| C18:0 | 6,43 | 5,47 | 5,41 | 6,44 | 4,39 | 5,85 |
| C18:1ω-9 | 6,96 | 12,65 | 11,4 | 8,58 | 9,01 | 9,22 |
| C18:1ω-7 | 1,72 | 2,5 | 2,07 | 2,11 | 2,1 | 2,06 |
| C18:1ω-5 | 0,11 | 0,1 | 0,1 | 0,13 | 0,1 | 0,1 |
| C18:2ω-6 | 2,17 | 2,12 | 2,7 | 1,39 | 2,7 | 1,6 |
| CLA C18 9cis 11trans | 0,52 | 0,66 | 0,53 | 0,46 | 0,5 | 0,4 |
| CLA C18 9cis 11cis | 0,71 | 0,36 | 0,67 | 0,68 | 0,58 | 0,6 |
| CLA C18 9trans 11trans | 0,35 | 0,25 | 0,37 | 0,33 | 0,27 | 0,32 |
| C18:3ω-3 | 0,69 | 0,76 | 0,67 | 0,73 | 0,61 | 0,71 |
| C18:4ω-3 | 0,15 | 0,13 | 0,16 | 0,18 | 0,14 | 0,15 |
| C20:1ω-9 | 0,36 | 0,37 | 0,3 | 0,3 | 0,29 | 0,3 |
| C20:4ω-6 | 2,12 | 1,16 | 1,8 | 1,8 | 1,5 | 1,65 |
| C20:4ω-3 | 0,27 | 0,2 | 0,18 | 0,24 | 0,23 | 0,24 |
| C20:5ω-3 (EPA) | 7,06 | 6,61 | 6,17 | 6,74 | 6,24 | 6,17 |
| C22:4ω-3 | 1,27 | 0,59 | 1,1 | 1,29 | 0,99 | 1,23 |
| C22:6ω-3 (DHA) | 33,06 | 32,52 | 31,55 | 30,56 | 29,54 | 28,43 |
| Σ SFA | 37,12 | 34,63 | 36,32 | 37,63 | 37,92 | 40,03 |
| Σ MUFA | 12,48 | 18,38 | 16,1 | 14,81 | 15,27 | 15,31 |
| Σ PUFA | 47,06 | 44,86 | 44,88 | 44,15 | 43,6 | 41,31 |
| Σ ω3 | 43,31 | 41,64 | 40,56 | 41,72 | 40,15 | 39,05 |
| Σ ω6 | 4,29 | 3,28 | 4,5 | 3,19 | 4,2 | 3,25 |
| ω3/ω6 | 10,09 | 12,69 | 9,01 | 13,07 | 9,55 | 12,01 |
| EPA + DHA | 40,12 | 39,13 | 37,72 | 37,3 | 35,78 | 34,6 |

ΗΑΚ Ημέρες Αποθήκευσης Κατάψυξη

Η παρατηρούμενη οξειδωση των DHA και EPA, επιβεβαιώθηκε και με τις παρατηρούμενες μειώσεις των λόγων C22:6ω-3/16:0 και C20:5ω-3/16:0, κατά την αποθήκευση των δειγμάτων γαύρου στην κατάψυξη. Επιβεβαιώνεται έτσι η οξειδωση των λιπαρών υλών κατά την αποθήκευση στην κατάψυξη των δειγμάτων γαύρου (Πίνακας 22).

Πίνακας 22. Μεταβολές των λόγων C22:6ω-3/16:0 και C20:5ω-3/16:0 κατά τη διάρκεια αποθήκευσης των δειγμάτων γαύρου στην κατάψυξη.

| Δείγματα | C22:6ω-3/16:0 | % μείωση | C20:5ω-3/16:0 | % μείωση |
|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| Νωπό | 1,33 | | 0,28 | |
| 3 ΗΑΚ | 1,29 | 3 | 0,26 | 7 |
| 30 ΗΑΚ | 1,22 | 8 | 0,24 | 14 |
| 60 ΗΑΚ | 1,17 | 14 | 0,26 | 7 |
| 90 ΗΑΚ | 1,08 | 23 | 0,23 | 18 |
| 120 ΗΑΚ | 0,99 | 34 | 0,22 | 21 |

5.6. Μελέτη της κατανομής των λιπαρών οξέων των τηγανισμένων δειγμάτων γαύρου

5.6.1. Κατανομή των λιπαρών οξέων (%) του τηγανισμένου νωπού γαύρου (*Engraulis encrasicolus*) και του ελαιολάδου στους διαφορετικούς χρόνους τηγανίσματος

Το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) στο σύνολο των λιπαρών οξέων κυμάνθηκε από 37,31% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 12,79% στα δείγματα που τηγανίστηκαν για 6 min (Πίνακας 23). Στην ομάδα των κορεσμένων λιπαρών οξέων το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C16:0 με ποσοστό που κυμάνθηκε από 24,95% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 11,75% στα δείγματα που τηγανίστηκαν για 6 min. Σημαντική ήταν επίσης η μείωση του μυριστικού οξέος (C14:0). Ενώ τα κορεσμένα λιπαρά οξέα (SFA) του ελαιολάδου δεν παρουσίασαν διαφορές (Πίνακας 24).

Τριπλάσια ήταν αύξηση του συνόλου των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA). Κυμάνθηκαν από 12,84% στα μη επεξεργασμένα δείγματα γαύρου έως 69,46% στα δείγματα γαύρου που τηγανίστηκαν σε ελαιόλαδο για 6 min. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ, όπως ήταν αναμενόμενο, ήταν το ελαϊκό οξύ (C18:1ω-9), κυρίαρχο λιπαρό οξύ του ελαιολάδου, σε ποσοστό που κυμάνθηκε από 6,96% στα μη επεξεργασμένα δείγματα γαύρου έως 68,08% στα δείγματα γαύρου που τηγανίστηκαν σε ελαιόλαδο για 6 min. Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων αυξήθηκε με την αύξηση του

χρόνου τηγανίσματος κυρίως λόγω αύξησης του ελαϊκού οξέος. Η περιεκτικότητα του ελαϊκού οξέος καθώς και το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων, ωστόσο, στο ελαιόλαδο δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές (Πίνακας 24).

Πίνακας 23. Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων % στο σύνολο των λιπαρών οξέων νωπού γαύρου (*Engraulis encrasicolus*) κατά τη διάρκεια τηγανίσματος

| Λιπαρά οξέα % | Νωπά | 2(min) | 4 (min) | 6(min) |
|------------------------|-------|--------|---------|--------|
| C14:0 | 3,58 | 0,61 | 0,56 | 0,53 |
| C15:0 | 1,12 | 0,21 | 0,18 | 0,15 |
| C16:0 | 24,95 | 14,1 | 13,8 | 11,75 |
| C16:1ω-7 | 3,49 | 1,18 | 1,13 | 1,15 |
| C16:1ω-5 | 0,2 | 0,03 | 0,13 | 0,13 |
| C16:2ω-7 | 0,19 | 0,09 | - | - |
| C16:2ω-5 | 0,47 | - | - | - |
| C16:3ω-3 | 0,15 | - | - | - |
| C16:4ω-3 | 0,66 | - | - | - |
| C17:0 | 1,24 | 0,39 | 0,45 | 0,36 |
| C18:0 | 6,43 | - | - | - |
| C18:1ω-9 | 6,96 | 63,62 | 65,24 | 68,08 |
| C18:1ω-7 | 1,72 | - | - | - |
| C18:1ω-5 | 0,11 | - | - | - |
| C18:2ω-6 | 2,17 | 8,79 | 9,77 | 9,7 |
| CLA C18 9cis 11trans | 0,52 | 0,67 | - | 0,75 |
| CLA C18 9cis 11cis | 0,71 | 0,1 | 0,78 | 0,09 |
| CLA C18 9trans 11trans | 0,35 | 0,4 | 0,11 | 0,36 |
| C18:3ω-3 | 0,69 | - | 0,42 | - |
| C18:4ω-3 | 0,15 | 0,48 | 0,45 | 0,49 |
| C20:1ω-9 | 0,36 | 0,11 | 0,08 | 0,1 |
| C20:4ω-6 | 2,12 | 0,42 | 0,33 | 0,3 |
| C20:4ω-3 | 0,27 | - | - | - |
| C20:5ω-3 (EPA) | 7,06 | 1,36 | 1,1 | 1 |
| C22:0 | - | 0,09 | 0,1 | - |
| C22:4ω-3 | 1,27 | 0,27 | 0,17 | 0,16 |
| C22:6ω-3 (DHA) | 33,06 | 7,08 | 5,2 | 4,9 |
| Σ SFA | 37,32 | 15,4 | 15,09 | 12,79 |
| Σ MUFA | 12,84 | 64,94 | 66,58 | 69,46 |
| Σ PUFA | 49,84 | 19,66 | 18,32 | 17,75 |
| Σ ω3 | 43,31 | 9,19 | 7,34 | 6,55 |
| Σ ω6 | 4,29 | 9,21 | 10,01 | 10 |
| ω3/ω6 | 10,09 | 0,99 | 0,73 | 0,65 |
| EPA + DHA | 40,12 | 8,44 | 6,3 | 5,9 |

Τρομακτική ήταν μείωση που παρατηρήθηκε στο σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA), η οποία ήταν αποτέλεσμα της μείωσης της σειράς ω-3. Το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) κυμάνθηκε από 49,84% στα μη επεξεργασμένα δείγμα γαύρου έως 17,75 % στα δείγματα που τηγανίστηκαν για 6 min (Πίνακας 23).

Σημαντική μείωση παρατηρήθηκε στα ω-3 λιπαρά οξέα στα τηγανισμένα δείγματα γαύρου. Η μείωση αυτή των ω-3 λιπαρών οξέων εκφράστηκε κύρια από τη μείωση των EPA και DHA στα τηγανισμένα δείγματα γαύρου. Ενώ αντίθετα πλέον του διπλάσιου ήταν η αύξηση που παρατηρήθηκε στα ω-6 πολυακόρεστα λιπαρά στα δείγματα που επεξεργάστηκαν για 2, 4 και 6 λεπτά. Η διαφοροποίηση δηλαδή της κατανομής των λιπαρών οξέων των τηγανισμένων δειγμάτων σε ελαιόλαδο γαύρου που παρατηρήθηκε ήταν ολοκληρωτική.

Τρομακτική επίσης ήταν η μείωση του λόγου των ω-3/ω-6, δείχνοντας έτσι ότι η συμβολή του συγκεκριμένου λόγου στη συνολική μείωση του λόγου ω-6/ω-3 στη διατροφή δεν είναι πλέον σημαντικός. Από τα ανωτέρω αποτελέσματα προκύπτει ότι το τηγάνισμα διαφοροποιεί σημαντικά τα λιπαρά οξέα των αλιευμάτων με ταυτόχρονη σημαντική επίδραση στη σημασία τους ως φορείς ω-3 λιπαρών οξέων.

Σύμφωνα με τους [Sanchez–Munizetal. \(1992\)](#) οι μεταβολές των λιπαρών οξέων στα τηγανισμένα αλιεύματα οφείλονται στη σημαντική μείωση που υφίστανται στο σύνολο τους τα EPA και DHA λιπαρά οξέα. Διαπίστωσαν επίσης μεταφορά και των δυο ανωτέρω λιπαρών οξέων στο ελαιόλαδο, το οποίο δεν περιέχει τα συγκεκριμένα λιπαρά οξέα. Ανάλογη μεταφορά των EPA και DHA διαπιστώθηκε και στη συγκεκριμένη εργασία.

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 που δείχνει την μεγάλη απορρόφηση του ελαϊκού οξέος, του κυριάρχου λιπαρού οξέος στο ελαιόλαδο, από τα αλιεύματα.

Πίνακας 24. Επίδραση στην κατανομή των λιπαρών οξέων % στο σύνολο των λιπαρών οξέων του ελαιόλαδου κατά τη διάρκεια τηγανίσματος

| Λιπαρά οξέα % | Ελαιόλαδο | TE 2(min) | TE 4 (min) | TE 6(min) |
|------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|
| C14:0 | - | 0,53 | 0,53 | - |
| C15:0 | - | 0,1 | 0,1 | - |
| C16:0 | 11,93 | 12,43 | 12,16 | 11,91 |
| C16:1ω-7 | 0,48 | 0,96 | 0,96 | 0,76 |
| C16:1ω-5 | - | - | - | - |
| C16:2ω-7 | - | - | - | - |
| C16:2ω-5 | - | - | - | - |
| C16:3ω-3 | - | - | - | - |
| C16:4ω-3 | - | - | - | 0,07 |
| C17:0 | - | - | - | 0,05 |
| C18:0 | - | - | - | - |
| C18:1ω-9 | 74,96 | 73,6 | 73,9 | 75 |
| C18:1ω-7 | - | - | - | - |
| C18:1ω-5 | - | - | - | - |
| C18:2ω-6 | 10,95 | 10,52 | 10,42 | 10,32 |
| CLA C18 9cis 11trans | 0,92 | 0,77 | 0,77 | 0,7 |
| CLA C18 9cis 11cis | - | - | - | - |
| CLA C18 9trans 11trans | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,36 |
| C18:3ω-3 | - | - | - | 0,07 |
| C18:4ω-3 | 0,32 | 0,4 | 0,4 | 0,29 |
| C20:0 | 0,03 | 0,07 | 0,07 | 0,05 |
| C20:1 ω-11 | - | - | - | - |
| C20:4ω-9 | - | - | - | - |
| C20:4ω-6 | - | - | - | - |
| C20:4ω-3 | - | - | - | - |
| C20:5ω-3 (EPA) | - | 0,09 | 0,11 | 0,13 |
| C22:0 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,09 |
| C22:4ω-3 | - | - | - | - |
| C22:6ω-3 (DHA) | - | 0,12 | 0,17 | 0,2 |
| Σ SFA | 12,04 | 13,21 | 12,94 | 12,1 |
| Σ MUFA | 75,44 | 74,56 | 74,86 | 75,76 |
| Σ PUFA | 12,52 | 12,23 | 12,2 | 12,14 |
| Σ ω3 | 0,32 | 0,61 | 0,68 | 0,76 |
| Σ ω6 | 10,95 | 10,52 | 10,42 | 10,32 |
| EPA + DHA | - | 0,21 | 0,28 | 0,33 |

TE Τηγανισμένο Ελαιόλαδο

5.6.2 Επίδραση της επεξεργασίας τηγανίσματος στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) τηγανισμένου γαύρου στους διαφορετικούς χρόνους στα δείγματα που αποθηκεύτηκαν 3 ημέρες στην κατάψυξη

Ανάλογες με τις μεταβολές που παρατηρήθηκαν στα νωπά δείγματα γαύρου ήταν και οι μεταβολές των δειγμάτων που αποθηκεύτηκαν για 3 ημέρες σε συνθήκες κατάψυξης. Σημαντική δηλαδή μείωση των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) με τον χρόνο τηγανίσματος (Πίνακας 25). Στην ομάδα των SFA τα C16:0 και C14:0 ήταν τα λιπαρά οξέα που μεταβλήθηκαν σημαντικά (Πίνακας 26). Ενώ δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στην κατανομή των SFA του ελαιολάδου.

Στα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (MUFA) η αύξηση ήταν ανάλογη με αυτήν των νωπών δειγμάτων γαύρου, σε μεγαλύτερη ωστόσο έκταση, έτσι κυμάνθηκαν από 18,34 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα γαύρου έως 71,87% στα δείγματα που τηγανίστηκαν για 6 min. Ανάλογη, όπως ήταν αναμενόμενο ήταν η αύξηση του C18:1 ω -9, που κυμάνθηκε από 12,65 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα γαύρου έως 70,76% στα δείγματα που τηγανίστηκαν για 6 min. Ενώ δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στην κατανομή των MUFA του ελαιολάδου.

Το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) παρέμεινε σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα. Έτσι παρατηρήθηκε τρομακτική μείωση των ω -3 και αύξηση των ω -6 λιπαρών οξέων, λόγω ανάλογης μείωσης των EPA και DHA, ενώ αύξηση των ω -3 λιπαρών οξέων και μείωση των ω -6 παρατηρήθηκε στο τηγανισμένο ελαιολάδο (Πίνακας 26).

Ο λόγος ω -3/ ω -6 των τηγανισμένων δειγμάτων γαύρου μειώθηκε από 12,69% σε μη επεξεργασμένα δείγματα έως 0,54% στον τηγανισμένο γαύρο για 6 min (Πίνακας 25).

Πίνακας 25.Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων % στο σύνολο των λιπαρών οξέων αποθηκευμένου για 3 ημέρες στην κατάψυξη γαύρου (*Engraulis encrasicolus*) κατά τη διάρκεια τηγανίσματος

| Λιπαρά οξέα % | 3 ΗΑΚ | 2(min) | 4 (min) | 6(min) |
|------------------------|-------|--------|---------|--------|
| C14:0 | 2,26 | 0,54 | 0,45 | 0,55 |
| C15:0 | 0,6 | 0,18 | 0,16 | - |
| C16:0 | 25,13 | 12,96 | 12,09 | 11,65 |
| C16:1ω-7 | 2,93 | 1,15 | 1,01 | 1,11 |
| C16:1ω-5 | 0,2 | - | - | - |
| C16:2ω-7 | 0,27 | 0,08 | - | - |
| C16:2ω-5 | 0,16 | - | - | - |
| C16:3ω-3 | 0,23 | - | - | - |
| C16:4ω-3 | 0,6 | - | - | - |
| C17:0 | 1,17 | 0,41 | 0,33 | 0,26 |
| C18:0 | 5,47 | - | - | - |
| C18:1ω-9 | 12,65 | 66,16 | 68,18 | 70,76 |
| C18:1ω-7 | 2,5 | - | - | - |
| C18:1ω-5 | 0,1 | - | - | - |
| C18:2ω-6 | 2,12 | 8,89 | 9,32 | 9,06 |
| CLA C18 9cis 11trans | 0,66 | 0,64 | 0,76 | 0,66 |
| CLA C18 9cis 11cis | 0,36 | 0,08 | 0,08 | 0,4 |
| CLA C18 9trans 11trans | 0,25 | 0,38 | 0,39 | - |
| C18:3ω-3 | 0,76 | 0,51 | 0,46 | - |
| C18:4ω-3 | 0,13 | 0,1 | 0,14 | - |
| C20:1ω-9 | 0,37 | 0,08 | - | - |
| C20:4ω-6 | 1,16 | 0,37 | 0,31 | 0,37 |
| C20:4ω-3 | 0,2 | - | - | - |
| C20:5ω-3 (EPA) | 6,61 | 1,1 | 0,96 | 1,04 |
| C22:0 | - | 0,09 | 0,1 | - |
| C22:4ω-3 | 0,59 | 0,22 | 0,17 | - |
| C22:6ω-3 (DHA) | 32,52 | 6,06 | 5,09 | 4,14 |
| Σ SFA | 34,63 | 14,18 | 13,13 | 12,46 |
| Σ MUFA | 18,34 | 67,39 | 69,19 | 71,87 |
| Σ PUFA | 44,86 | 18,43 | 17,68 | 15,67 |
| Σ ω3 | 41,64 | 7,99 | 6,82 | 5,18 |
| Σ ω6 | 3,28 | 9,26 | 9,63 | 9,43 |
| ω3/ω6 | 12,69 | 0,86 | 0,70 | 0,54 |
| EPA + DHA | 39,13 | 7,16 | 6,05 | 5,18 |

ΜΚ : Μετά κατάψυξη

Πίνακας 26. Επίδραση αποθήκευσης στην κατάψυξη για 3 ημέρες δειγμάτων γάουρουστην κατανομή των λιπαρών οξέων του ελαιολάδου κατά τη διάρκεια τηγανίσματος

| Λιπαρά οξέα % | Ελαιόλαδο | TE 2(min) | TE 4 (min) | TE 6(min) |
|------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|
| C14:0 | - | - | - | - |
| C15:0 | - | - | - | - |
| C16:0 | 11,93 | 11,28 | 10,72 | 10,48 |
| C16:1ω-7 | 0,48 | 0,73 | 0,38 | 0,45 |
| C16:1ω-5 | - | - | - | - |
| C16:2ω-7 | - | - | - | - |
| C16:2ω-5 | - | - | - | - |
| C16:3ω-3 | - | - | - | - |
| C16:4ω-3 | - | - | - | - |
| C17:0 | - | - | - | - |
| C18:0 | - | - | - | - |
| C18:1ω-9 | 74,96 | 75,83 | 76,11 | 77,06 |
| C18:1ω-7 | - | - | - | - |
| C18:1ω-5 | - | - | - | - |
| C18:2ω-6 | 10,95 | 10,05 | 10,63 | 9,98 |
| CLA C18 9cis 11trans | 0,92 | 0,79 | 0,8 | 0,73 |
| CLA C18 9cis 11cis | - | 0,15 | 0,06 | - |
| CLA C18 9trans 11trans | 0,33 | 0,39 | 0,42 | 0,44 |
| C18:3ω-3 | - | 0,08 | 0,03 | 0,07 |
| C18:4ω-3 | 0,32 | 0,33 | 0,33 | 0,34 |
| C20:0 | 0,03 | 0,09 | 0,13 | 0,06 |
| C20:1 ω-11 | - | - | - | - |
| C20:4ω-9 | - | - | - | - |
| C20:4ω-6 | - | 0,04 | 0,03 | - |
| C20:4ω-3 | - | - | - | - |
| C20:5ω-3 (EPA) | - | 0,05 | 0,08 | 0,1 |
| C22:0 | 0,08 | 0,11 | 0,12 | 0,11 |
| C22:4ω-3 | - | - | - | - |
| C22:5ω-3 | - | - | 0,06 | 0,03 |
| C22:6ω-3 (DHA) | - | 0,08 | 0,1 | 0,12 |
| Σ SFA | 12,04 | 11,48 | 10,97 | 10,65 |
| Σ MUFA | 75,44 | 76,56 | 76,49 | 77,51 |
| Σ PUFA | 12,52 | 11,96 | 12,54 | 11,81 |
| Σ ω3 | 0,32 | 0,49 | 0,52 | 0,56 |
| Σ ω6 | 10,95 | 10,09 | 10,66 | 9,98 |
| EPA + DHA | - | 0,13 | 0,18 | 0,22 |

TE Τηγανισμένο Ελαιόλαδο

5.6.3 Επίδραση 30 ημερών αποθήκευσης στην κατάψυξη στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) του τηγανιτούγαύρου στους διαφορετικούς χρόνους τηγανίσματος

Η κατανομή των λιπαρών οξέων των δειγμάτων γαύρου μετά από αποθήκευση 30 ημερών στην κατάψυξη φαίνεται στον Πίνακα 27. Όπως προκύπτει το λιπαρό οξύ των SFA με την υψηλότερη περιεκτικότητα ήταν το C16:0 και κυμάνθηκε από 25,95% για τα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 12,45% στα τηγανισμένα δείγματα για 6 min. Στο μέσο τηγανίσματος η κατανομή των SFA δεν μεταβλήθηκε σημαντικά (Πίνακας 28).

Το χαρακτηριστικό λιπαρό οξύ των (MUFA) ήταν το C18:1 ω -9, το οποίο αυξήθηκε από 11,4% για τα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 70,96% στα τηγανισμένα δείγματα για 6 min (Πίνακας 27). Επίσης μπορεί να παρατηρηθεί ότι στο μέσο τηγανίσματος το ελαιόλαδο το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) δεν μεταβλήθηκε σημαντικά (Πίνακας 28).

Ενώ τα χαρακτηριστικά λιπαρά οξέα των PUFA (DHA και EPA) μειώθηκαν σημαντικά. Πιο συγκεκριμένα το DHA κυμάνθηκε από 31,55% για τα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 3,3% στα τηγανισμένα δείγματα για 6 min, ενώ το EPA κυμάνθηκε από 6,17% για τα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 0,98% στα τηγανισμένα δείγματα για 6 min (Πίνακας 27). Στο μέσο τηγανίσματος μικρή αύξηση των ω -3 λιπαρών οξέων παρατηρήθηκε (Πίνακας 28).

Ο λόγος ω -3/ ω -6 των τηγανισμένων δειγμάτων γαύρου μειώθηκε από 9,01% σε μη επεξεργασμένα δείγματα έως 0,45% στα τηγανισμένα δείγματα γαύρου για 6 min. (Πίνακας 27).

Πίνακας 27. Επίδραση 30 ημερών αποθήκευσης στην κατάψυξη στην % κατανομή των λιπαρών οξέων γαύρου (*Engraulis encrasicolus*) κατά τη διάρκεια τηγανίσματος

| Λιπαρά οξέα % | 30 ΗΑΚ | 2(min) | 4 (min) | 6(min) |
|------------------------|--------|--------|---------|--------|
| C14:0 | 2,7 | 0,54 | 0,45 | 0,55 |
| C15:0 | 1,16 | 0,18 | 0,16 | - |
| C16:0 | 25,95 | 13,96 | 12,89 | 12,45 |
| C16:1ω-7 | 2,35 | 1,15 | 1,01 | 1,11 |
| C16:1ω-5 | 0,18 | - | - | - |
| C16:2ω-7 | 0,5 | 0,08 | - | - |
| C16:2ω-5 | 0,15 | - | - | - |
| C16:3ω-3 | 0,13 | - | - | - |
| C16:4ω-3 | 0,6 | - | - | - |
| C17:0 | 1,1 | 0,41 | 0,33 | 0,26 |
| C18:0 | 5,41 | - | - | - |
| C18:1ω-9 | 11,4 | 66,16 | 68,24 | 70,96 |
| C18:1ω-7 | 2,07 | - | - | - |
| C18:1ω-5 | 0,1 | - | - | - |
| C18:2ω-6 | 2,7 | 8,99 | 9,32 | 8,96 |
| CLA C18 9cis 11trans | 0,53 | 0,64 | 0,76 | 0,66 |
| CLA C18 9cis 11cis | 0,67 | 0,08 | 0,08 | 0,4 |
| CLA C18 9trans 11trans | 0,37 | 0,38 | 0,39 | - |
| C18:3ω-3 | 0,67 | 0,51 | 0,46 | - |
| C18:4ω-3 | 0,16 | 0,1 | 0,14 | - |
| C20:1ω-9 | 0,3 | 0,08 | - | - |
| C20:4ω-6 | 1,8 | 0,37 | 0,31 | 0,37 |
| C20:4ω-3 | 0,18 | - | - | - |
| C20:5ω-3 (EPA) | 6,17 | 1,02 | 1 | 0,98 |
| C22:0 | - | 0,09 | 0,1 | - |
| C22:4ω-3 | 1,1 | 0,22 | 0,17 | - |
| C22:6ω-3 (DHA) | 31,55 | 5,04 | 4,19 | 3,3 |
| Σ SFA | 36,32 | 15,18 | 13,93 | 13,26 |
| Σ MUFA | 16,1 | 67,39 | 69,25 | 72,07 |
| Σ PUFA | 44,88 | 17,43 | 16,82 | 14,67 |
| Σ ω3 | 40,56 | 6,89 | 5,96 | 4,28 |
| Σ ω6 | 4,5 | 9,36 | 9,63 | 9,33 |
| ω3/ω6 | 9,01 | 0,73 | 0,61 | 0,45 |
| EPA + DHA | 37,72 | 6,06 | 5,19 | 4,28 |

ΗΑΚ Ημέρες Αποθήκευσης Κατάψυξης

Πίνακας 28. Επίδραση 30 ημερών αποθήκευσης στην κατάψυξη στην κατανομή των λιπαρών οξέων του ελαιόλαδου κατά τη διάρκεια τηγανίσματος

| Λιπαρά οξέα % | Ελαιόλαδο | TE 2(min) | TE 4 (min) | TE 6(min) |
|------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|
| C14:0 | - | 0,36 | 0,11 | - |
| C15:0 | - | - | - | - |
| C16:0 | 11,93 | 11,98 | 10,82 | 10,74 |
| C16:1ω-7 | 0,48 | - | 0,5 | 0,67 |
| C16:1ω-5 | - | - | - | - |
| C16:2ω-7 | - | - | - | - |
| C16:2ω-5 | - | - | - | - |
| C16:3ω-3 | - | - | - | - |
| C16:4ω-3 | - | - | - | - |
| C17:0 | - | - | - | 0,19 |
| C18:0 | - | - | - | - |
| C18:1ω-9 | 74,96 | 75,31 | 76,35 | 75,95 |
| C18:1ω-7 | - | - | - | - |
| C18:1ω-5 | - | - | - | - |
| C18:2ω-6 | 10,95 | 10 | 10,4 | 10,35 |
| CLA C18 9cis 11trans | 0,92 | 1,04 | 0,79 | 0,79 |
| CLA C18 9cis 11cis | - | 0,08 | - | 0,05 |
| CLA C18 9trans 11trans | 0,33 | 0,51 | 0,4 | 0,42 |
| C18:3ω-3 | - | - | - | - |
| C18:4ω-3 | 0,32 | 0,38 | 0,39 | 0,43 |
| C20:0 | 0,03 | 0,11 | 0,04 | 0,09 |
| C20:1 ω-11 | - | - | - | - |
| C20:1ω-9 | - | - | - | - |
| C20:4ω-6 | - | - | - | 0,02 |
| C20:4ω-3 | - | - | - | - |
| C20:5ω-3 (EPA) | - | 0,03 | 0,04 | 0,1 |
| C22:0 | 0,08 | 0,15 | 0,09 | 0,13 |
| C22:4ω-3 | - | - | - | - |
| C22:5ω-3 | - | - | - | 0,03 |
| C22:6ω-3 (DHA) | - | 0,05 | 0,07 | 0,09 |
| Σ SFA | 12,04 | 12,6 | 11,06 | 11,15 |
| Σ MUFA | 75,44 | 75,31 | 76,85 | 76,62 |
| Σ PUFA | 12,52 | 12,09 | 12,09 | 12,28 |
| Σ ω3 | 0,32 | 0,46 | 0,5 | 0,65 |
| Σ ω6 | 10,95 | 10 | 10,4 | 10,37 |
| EPA + DHA | - | 0,08 | 0,11 | 0,19 |

TE Τηγανισμένο Ελαιόλαδο

5.6.4 Επίδραση 60 ημερών αποθήκευσης στην κατάψυξη στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) του τηγανιτού γαύρου στους διαφορετικούς χρόνους τηγανίσματος

Η κατανομή των λιπαρών οξέων στη σάρκα του γαύρου και στο ελαιόλαδο φαίνονται στον Πίνακα 29. Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 29 το λιπαρό οξύ με την υψηλότερη περιεκτικότητα από τα SFA ήταν το C16:0 και κυμάνθηκε από 26,01% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 12,11% στα δείγματα γαύρου που τηγανίστηκαν σε ελαιόλαδο για 6 min.

Το λιπαρό οξύ με την υψηλότερη μεταβολή ήταν το C18:1ω-9 το οποίο από 8,58% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έφτασε σε 70,89% στον τηγανισμένο για 6 min γάυρο.

Η τρομακτική αύξηση της περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ στον τηγανισμένο γάυρο ήταν όμως αναμενόμενο, ως χαρακτηριστικό του ελαιολάδου και λόγω σημαντικής απορρόφησής του από το γάυρο κατά το τηγάνισμα. Μια τέτοια μεταβολή οδηγεί σε ριζική μεταβολή του τροφίμου, του οποίου η κατανομή των λιπαρών οξέων προσεγγίζει αυτή του ελαιολάδου (Πίνακας 30).

Η περιεκτικότητα σε (PUFA) των τηγανισμένων δειγμάτων γαύρου είχε καθοδική πορεία σε σχέση με το χρόνο τηγανίσματος, κυρίως λόγω μείωσης των ω-3, ενώ αύξηση παρατηρήθηκε στα ω-6 λιπαρά οξέα. Τα λιπαρά οξέα EPA και DHA είχαν καθοδική πορεία. Αμφότερα επίσης τα EPA και DHA λιπαρά οξέα ανιχνεύθηκαν στα δείγματα ελαιολάδου μετά το τηγάνισμα (Πίνακας 30).

Ο λόγος ω-3/ω-6 των τηγανισμένων δειγμάτων γαύρου μειώθηκε από 13,07% σε μη επεξεργασμένα δείγματα έως 0,48% στον τηγανισμένο γάυρο για 6 min(Πίνακας 29).

Πίνακας 29. Επίδραση 60 ημερών αποθήκευσης στην κατάψυξη στην % κατανομή των λιπαρών οξέων γαύρου (*Engraulis encrasicolus*) κατά τη διάρκεια τηγανίσματος

| Λιπαρά οξέα % | 60 ΗΑΚ | 2(min) | 4 (min) | 6(min) |
|------------------------|--------|--------|---------|--------|
| C14:0 | 3,54 | 0,45 | 0,36 | 0,35 |
| C15:0 | 1,26 | 0,16 | 0,19 | - |
| C16:0 | 26,01 | 12,22 | 12,22 | 12,11 |
| C16:1ω-7 | 3,79 | 1,12 | 1,11 | 1,14 |
| C16:1ω-5 | 0,2 | - | - | - |
| C16:2ω-7 | 0,73 | - | - | - |
| C16:2ω-5 | 0,15 | - | - | - |
| C16:3ω-3 | 0,67 | - | - | - |
| C16:4ω-3 | 1,31 | 0,33 | 0,45 | 0,15 |
| C17:0 | 0,38 | - | - | - |
| C18:0 | 6,44 | - | - | - |
| C18:1ω-9 | 8,58 | 68,56 | 68,33 | 70,89 |
| C18:1ω-7 | 2,11 | - | - | - |
| C18:1ω-5 | 0,13 | - | - | - |
| C18:2ω-6 | 1,39 | 9,21 | 9,24 | 9,46 |
| CLA C18 9cis 11trans | 0,46 | 0,74 | 0,76 | 0,75 |
| CLA C18 9cis 11cis | 0,68 | 0,08 | 0,16 | 0,17 |
| CLA C18 9trans 11trans | 0,33 | 0,39 | 0,42 | 0,41 |
| C18:3ω-3 | 0,73 | 0,46 | 0,48 | 0,46 |
| C18:4ω-3 | 0,18 | 0,1 | 0,12 | 0,09 |
| C20:1ω-9 | 0,3 | - | - | - |
| C20:4ω-6 | 1,8 | - | - | - |
| C20:4ω-3 | 0,24 | 0,3 | 0,31 | 0,2 |
| C20:5ω-3 (EPA) | 6,74 | 0,91 | 0,9 | 0,62 |
| C22:0 | - | 0,1 | 0,1 | 0,11 |
| C22:4ω-3 | 1,29 | 0,16 | 0,15 | 0,09 |
| C22:6ω-3 (DHA) | 30,56 | 4,71 | 4,7 | 3 |
| Σ SFA | 37,63 | 12,93 | 12,87 | 12,57 |
| Σ MUFA | 14,81 | 69,68 | 69,44 | 72,03 |
| Σ PUFA | 44,15 | 17,39 | 17,69 | 15,4 |
| Σ ω3 | 41,72 | 6,97 | 7,11 | 4,61 |
| Σ ω6 | 3,19 | 9,21 | 9,24 | 9,46 |
| ω3/ω6 | 13,07 | 0,75 | 0,76 | 0,48 |
| EPA + DHA | 37,3 | 5,62 | 5,6 | 3,62 |

ΗΑΚ Ημέρες Αποθήκευσης Κατάψυξη

Πίνακας 30. Επίδραση 60 ημερών αποθήκευσης στην κατάψυξη γαύρου στην % κατανομή λιπαρών οξέων του ελαιόλαδου κατά τη διάρκεια τηγανίσματος

| Λιπαρά οξέα % | Ελαιόλαδο | TE 2(min) | TE 4 (min) | TE 6(min) |
|------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|
| C14:0 | - | - | - | - |
| C15:0 | - | - | - | - |
| C16:0 | 11,93 | 10,98 | 11,07 | 10,88 |
| C16:1ω-7 | 0,48 | 0,22 | - | 0,37 |
| C16:1ω-5 | - | - | - | - |
| C16:2ω-7 | - | - | - | - |
| C16:2ω-5 | - | - | - | - |
| C16:3ω-3 | - | - | - | - |
| C16:4ω-3 | - | - | - | - |
| C17:0 | - | - | - | 0,16 |
| C18:0 | - | - | - | - |
| C18:1ω-9 | 74,96 | 76,61 | 76,95 | 77,23 |
| C18:1ω-7 | - | - | - | - |
| C18:1ω-5 | - | - | - | - |
| C18:2ω-6 | 10,95 | 10,28 | 9,89 | 9,82 |
| CLA C18 9cis 11trans | 0,92 | 0,84 | 0,89 | 0,02 |
| CLA C18 9cis 11cis | - | - | - | 0,05 |
| CLA C18 9trans 11trans | 0,33 | 0,42 | 0,47 | 0,01 |
| C18:3ω-3 | - | - | - | - |
| C18:4ω-3 | 0,32 | 0,41 | 0,44 | 0,5 |
| C20:0 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,36 |
| C20:1 ω-11 | - | - | - | 0,13 |
| C20:1ω-9 | - | - | - | - |
| C20:4ω-6 | - | - | - | 0,16 |
| C20:4ω-3 | - | - | - | 0,02 |
| C20:5ω-3 (EPA) | - | 0,03 | 0,04 | 0,13 |
| C22:0 | 0,08 | 0,11 | 0,13 | 0,02 |
| C22:4ω-3 | - | - | - | - |
| C22:5ω-3 | - | - | - | 0,05 |
| C22:6ω-3 (DHA) | - | 0,06 | 0,08 | 0,09 |
| Σ SFA | 12,04 | 11,13 | 11,24 | 11,42 |
| Σ MUFA | 75,44 | 76,83 | 76,95 | 77,73 |
| Σ PUFA | 12,52 | 12,04 | 11,81 | 10,85 |
| Σ ω3 | 0,32 | 0,5 | 0,56 | 0,79 |
| Σ ω6 | 10,95 | 10,28 | 9,89 | 9,98 |
| EPA + DHA | - | 0,09 | 0,12 | 0,22 |

TE Τηγανισμένο Ελαιόλαδο

5.6.5 Επίδραση 90 ημερών αποθήκευσης στην κατάψυξη στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) του τηγανιτού γαύρου στους διαφορετικούς χρόνους τηγανίσματος

Η κατανομή των λιπαρών οξέων στη σάρκα του γαύρου και στο ελαιόλαδο φαίνονται στον Πίνακα 31 και 32. Όπως προκύπτει το λιπαρό οξύ, με την υψηλότερη περιεκτικότητα από τα SFA ήταν το C16:0 και κυμάνθηκε από 27,28% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 12,64% στα τηγανισμένα δείγματα 6 min.

Τρομακτική ήταν η μεταβολή που παρατηρήθηκε στο C18:1ω-9 λιπαρό οξύ, το οποίο κυμάνθηκε από 9,01% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 70,16% στα δείγματα γαύρου που τηγανίστηκαν για 6 min. Το C18:1ω-9 ωστόσο δεν παρουσίασε σημαντική μεταβολή στο ελαιόλαδο. Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) αυξήθηκε σημαντικά από 15,27 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 71,1 % στα τηγανισμένα δείγματα για 6 min (Πίνακας 31). Στο μέσο τηγανίσματος το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) δεν μεταβλήθηκε σημαντικά (Πίνακας 32).

Η περιεκτικότητα σε (PUFA) των τηγανισμένων δειγμάτων γαύρου είχε καθοδική πορεία σε σχέση με το χρόνο τηγανίσματος, κυρίως λόγω μείωσης των ω-3 λιπαρών οξέων (Πίνακας 31). Στο μέσο τηγανίσματος η περιεκτικότητα σε PUFA δεν παρουσίασε σημαντικές μεταβολές (Πίνακας 32). Τα λιπαρά οξέα EPA και DHA παρουσίασαν σημαντική μείωση, από 35,78% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 2,93% στα τηγανισμένα δείγματα γαύρου για 6 min (Πίνακας 31). Αύξηση των EPA και DHA παρατηρήθηκε στα δείγματα ελαιολάδου μετά το τηγάνισμα (Πίνακας 32).

Ο λόγος ω-3/ω-6 των τηγανισμένων δειγμάτων γαύρου μειώθηκε από 9,55% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 0,33% στα τηγανισμένα για 6 min (Πίνακας 31).

Πίνακας 31. Επίδραση 90 ημερών αποθήκευσης στην κατάψυξη στην % κατανομή των λιπαρών οξέων γαύρου (*Engraulis encrasicolus*) κατά τη διάρκεια τηγανίσματος

| Λιπαρά οξέα % | 90 ΗΑΚ | 2(min) | 4 (min) | 6(min) |
|------------------------|--------|--------|---------|--------|
| C14:0 | 4,5 | 0,65 | 1,09 | 0,25 |
| C15:0 | 1,16 | 0,24 | 0,15 | - |
| C16:0 | 27,28 | 14,46 | 12,3 | 12,64 |
| C16:1ω-7 | 3,85 | 1,12 | 1,46 | 0,94 |
| C16:1ω-5 | 0,21 | - | - | - |
| C16:2ω-7 | 0,6 | 0,1 | - | - |
| C16:2ω-5 | 0,22 | - | 0,45 | - |
| C16:3ω-3 | 0,98 | - | - | - |
| C16:4ω-3 | 1,42 | 0,28 | 0,15 | 0,24 |
| C17:0 | 0,59 | - | - | - |
| C18:0 | 4,39 | - | - | - |
| C18:1ω-9 | 9,01 | 65,54 | 67,39 | 70,16 |
| C18:1ω-7 | 2,1 | - | - | - |
| C18:1ω-5 | 0,1 | - | - | - |
| C18:2ω-6 | 2,7 | 9,92 | 10,6 | 10,83 |
| CLA C18 9cis 11trans | 0,5 | 0,74 | 0,8 | 0,77 |
| CLA C18 9cis 11cis | 0,58 | 0,11 | 0,1 | - |
| CLA C18 9trans 11trans | 0,27 | 0,36 | 0,4 | 0,42 |
| C18:3ω-3 | 0,61 | - | 0,49 | 0,41 |
| C18:4ω-3 | 0,14 | 0,4 | 0,12 | 0,05 |
| C20:1ω-9 | 0,29 | 0,14 | 0,05 | - |
| C20:4ω-6 | 1,5 | 0,3 | 0,24 | 0,16 |
| C20:4ω-3 | 0,23 | 0,03 | - | - |
| C20:5ω-3 (EPA) | 6,24 | 0,99 | 0,8 | 0,48 |
| C22:0 | - | 0,09 | 0,1 | 0,12 |
| C22:4ω-3 | 0,99 | 0,17 | 0,1 | 0,08 |
| C22:6ω-3 (DHA) | 29,54 | 4,36 | 3,21 | 2,45 |
| Σ SFA | 37,92 | 15,44 | 13,64 | 13,01 |
| Σ MUFA | 15,27 | 66,8 | 68,9 | 71,1 |
| Σ PUFA | 43,6 | 17,76 | 17,46 | 15,89 |
| Σ ω3 | 40,15 | 6,23 | 4,87 | 3,71 |
| Σ ω6 | 4,2 | 10,22 | 10,84 | 10,99 |
| ω3/ω6 | 9,55 | 0,60 | 0,44 | 0,33 |
| EPA + DHA | 35,78 | 5,35 | 4,01 | 2,93 |

Πίνακας 32. Επίδραση 90 ημερών αποθήκευσης στην κατάψυξη στην % κατανομή των λιπαρών οξέων του ελαιόλαδου κατά τη διάρκεια τηγανίσματος

| Λιπαρά οξέα % | Ελαιόλαδο | TE 2(min) | TE 4 (min) | TE 6(min) |
|------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|
| C14:0 | - | - | 0,37 | - |
| C15:0 | - | - | - | - |
| C16:0 | 11,93 | 12,21 | 12,41 | 12,99 |
| C16:1ω-7 | 0,48 | 0,67 | 0,57 | 0,59 |
| C16:1ω-5 | - | - | - | - |
| C16:2ω-7 | - | - | - | - |
| C16:2ω-5 | - | - | - | - |
| C16:3ω-3 | - | - | - | - |
| C16:4ω-3 | - | - | - | - |
| C17:0 | - | - | - | - |
| C18:0 | - | - | - | - |
| C18:1ω-9 | 74,96 | 74,01 | 73,53 | 73,4 |
| C18:1ω-7 | - | - | - | - |
| C18:1ω-5 | - | - | - | - |
| C18:2ω-6 | 10,95 | 11,4 | 11,43 | 11,21 |
| CLA C18 9cis 11trans | 0,92 | 0,79 | 0,78 | 0,84 |
| CLA C18 9cis 11cis | - | - | 0,03 | - |
| CLA C18 9trans 11trans | 0,33 | 0,38 | 0,36 | 0,38 |
| C18:3ω-3 | - | - | - | - |
| C18:4ω-3 | 0,32 | 0,35 | 0,33 | 0,34 |
| C20:0 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,03 |
| C20:1 ω-11 | - | - | - | - |
| C20:1ω-9 | - | - | - | - |
| C20:4ω-6 | - | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| C20:4ω-3 | - | - | - | - |
| C20:5ω-3 (EPA) | - | 0,02 | 0,02 | 0,04 |
| C22:0 | 0,08 | 0,1 | 0,09 | 0,1 |
| C22:4ω-3 | - | - | 0,02 | 0,03 |
| C22:5ω-3 | - | - | - | - |
| C22:6ω-3 (DHA) | - | 0,02 | 0,02 | 0,04 |
| Σ SFA | 12,04 | 12,35 | 12,9 | 13,12 |
| Σ MUFA | 75,44 | 74,68 | 74,1 | 73,99 |
| Σ PUFA | 12,52 | 12,97 | 13 | 12,89 |
| Σ ω3 | 0,32 | 0,39 | 0,39 | 0,45 |
| Σ ω6 | 10,95 | 11,41 | 11,44 | 11,22 |
| EPA + DHA | - | 0,04 | 0,04 | 0,08 |

TE Τηγανισμένο Ελαιόλαδο

5.6.6 Επίδραση 120 ημερών αποθήκευσης στην κατάψυξη στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) του τηγανιτού γαύρουστους διαφορετικούς χρόνους τηγανίσματος

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τον πίνακα 33 το κυριότερο κορεσμένο λιπαρό οξύ που ανιχνεύτηκε ήταν το C16:0 το οποίο εμφάνισε το υψηλότερο ποσοστό στα μη επεξεργασμένα δείγματα (28,55%) και χαμηλότερο στα 6 min τηγανίσματος (12,53%). Ενώ στο μέσο τηγανίσματος το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) δεν μεταβλήθηκε σημαντικά (Πίνακας 34). Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) εμφάνισε υψηλότερο ποσοστό στα 6 min τηγανίσματος (71,97%) και χαμηλότερο στα μη επεξεργασμένα δείγματα (15,31%). Σε αυτή την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C18:1ω-9 με ποσοστό που κυμάνθηκε από 9,22% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 70,98% στα τηγανισμένα δείγματα των 6 min (Πίνακας 33). Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων στο μέσο τηγανίσματος το ελαιόλαδο δεν μεταβλήθηκε σημαντικά (Πίνακας 34).

Το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA), κυρίως της σειράς ω-3, παρουσίασε το υψηλότερο ποσοστό στα μη επεξεργασμένα δείγματα (41,31%) και το χαμηλότερο στα 6 min (14,98%). Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το DHA, το οποίο από 28,43% στα μη επεξεργασμένα δείγματα μειώθηκε σε 1,89% στα τηγανισμένα για 6 min δείγματα. Το δεύτερο λιπαρό οξύ ήταν το EPA με ποσοστό που κυμάνθηκε από 6,17% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 0,37% στα δείγματα που τηγανίστηκαν για 6 min (Πίνακας 33). Στο μέσο τηγανίσματος το άθροισμα DHA+EPA παρουσίασαν αύξηση (Πίνακας 34).

Ο λόγος των ω-3/ω-6 λιπαρών οξέων μειώθηκε σημαντικά από 12,01% για τα μη επεξεργασμένα δείγματα γαύρου σε 0,26% για τα δείγματα που τηγανίστηκαν έως 6 min λόγω της τρομακτικής μείωσης των ω-3 λιπαρών οξέων και αύξησης των ω-6 λιπαρών οξέων.

Πίνακας 33. Επίδραση 120 ημερών αποθήκευσης στην κατάψυξη στην % κατανομή των λιπαρών οξέων γαύρου (*Engraulis encrasicolus*) κατά τη διάρκεια τηγανίσματος

| Λιπαρά οξέα % | 120 ΗΑΚ | 2(min) | 4 (min) | 6(min) |
|------------------------|---------|--------|---------|--------|
| C14:0 | 3,84 | 0,33 | 0,38 | 0,22 |
| C15:0 | 1,3 | - | - | 0,19 |
| C16:0 | 28,55 | 13,24 | 12,57 | 12,53 |
| C16:1ω-7 | 3,75 | 1,09 | 1,01 | 0,87 |
| C16:1ω-5 | 0,21 | - | - | - |
| C16:2ω-7 | 0,55 | - | - | - |
| C16:2ω-5 | 0,19 | - | - | - |
| C16:3ω-3 | 0,72 | - | - | - |
| C16:4ω-3 | 1,4 | 0,14 | 0,16 | 0,13 |
| C17:0 | 0,49 | - | - | - |
| C18:0 | 5,85 | - | - | - |
| C18:1ω-9 | 9,22 | 69,17 | 69,22 | 70,98 |
| C18:1ω-7 | 2,06 | - | - | - |
| C18:1ω-5 | 0,1 | - | - | - |
| C18:2ω-6 | 1,6 | 10,51 | 10,58 | 10,94 |
| CLA C18 9cis 11trans | 0,4 | 0,74 | 0,76 | 0,77 |
| CLA C18 9cis 11cis | 0,6 | 0,05 | 1,2 | - |
| CLA C18 9trans 11trans | 0,32 | 0,4 | 0,41 | 0,42 |
| C18:3ω-3 | 0,71 | 0,39 | 0,42 | 0,41 |
| C18:4ω-3 | 0,15 | - | - | 0,05 |
| C20:1ω-9 | 0,3 | 0,19 | 0,16 | 0,12 |
| C20:4ω-6 | 1,65 | - | - | - |
| C20:4ω-3 | 0,24 | - | - | - |
| C20:5ω-3 (EPA) | 6,17 | 0,6 | 0,57 | 0,37 |
| C22:0 | - | 0,1 | 0,09 | 0,11 |
| C22:4ω-3 | 1,23 | 0,08 | - | - |
| C22:6ω-3 (DHA) | 28,43 | 2,97 | 2,47 | 1,89 |
| Σ SFA | 40,03 | 13,67 | 13,04 | 13,05 |
| Σ MUFA | 15,31 | 70,45 | 70,39 | 71,97 |
| Σ PUFA | 41,31 | 15,88 | 16,57 | 14,98 |
| Σ ω3 | 39,05 | 4,18 | 3,62 | 2,85 |
| Σ ω6 | 3,25 | 10,51 | 10,58 | 10,94 |
| ω3/ω6 | 12,01 | 0,39 | 0,34 | 0,26 |
| EPA + DHA | 34,6 | 3,57 | 3,04 | 2,26 |

ΗΑΚ Ημέρες Αποθήκευσης Κατάψυξη

Πίνακας 34. Επίδραση 120 ημερών αποθήκευσης στην κατάψυξη στην % κατανομή των λιπαρών οξέων του ελαιόλαδου κατά τη διάρκεια τηγανίσματος

| Λιπαρά οξέα % | Ελαιόλαδο | TE 2(min) | TE 4 (min) | TE 6(min) |
|------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|
| C14:0 | - | - | - | - |
| C15:0 | - | - | - | - |
| C16:0 | 11,93 | 12,72 | 12,37 | 12,74 |
| C16:1ω-7 | 0,48 | 0,63 | 0,55 | 0,49 |
| C16:1ω-5 | - | - | - | - |
| C16:2ω-7 | - | - | - | - |
| C16:2ω-5 | - | - | - | - |
| C16:3ω-3 | - | - | - | - |
| C16:4ω-3 | - | - | - | - |
| C17:0 | - | - | - | - |
| C18:0 | - | - | - | - |
| C18:1ω-9 | 74,96 | 73,56 | 73,23 | 73,12 |
| C18:1ω-7 | - | - | - | - |
| C18:1ω-5 | - | - | - | - |
| C18:2ω-6 | 10,95 | 11,46 | 11,81 | 11,61 |
| CLA C18 9cis 11trans | 0,92 | 0,8 | 0,93 | 0,93 |
| CLA C18 9cis 11cis | - | - | 0,01 | 0,01 |
| CLA C18 9trans 11trans | 0,33 | 0,35 | 0,44 | 0,44 |
| C18:3ω-3 | - | - | - | - |
| C18:4ω-3 | 0,32 | 0,32 | 0,39 | 0,39 |
| C20:0 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| C20:1 ω-11 | - | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| C20:4ω-9 | - | - | - | - |
| C20:4ω-6 | - | - | - | - |
| C20:4ω-3 | - | - | - | - |
| C20:5ω-3 (EPA) | - | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| C22:0 | 0,08 | 0,09 | 0,12 | 0,12 |
| C22:4ω-3 | - | - | - | - |
| C22:5ω-3 | - | - | 0,04 | 0,04 |
| C22:6ω-3 (DHA) | - | 0,02 | 0,04 | 0,04 |
| Σ SFA | 12,04 | 12,84 | 12,52 | 12,89 |
| Σ MUFA | 75,44 | 74,2 | 73,8 | 73,63 |
| Σ PUFA | 12,52 | 12,96 | 13,68 | 13,48 |
| Σ ω3 | 0,32 | 0,35 | 0,49 | 0,49 |
| Σ ω6 | 10,95 | 11,46 | 11,81 | 11,61 |
| EPA + DHA | - | 0,03 | 0,06 | 0,06 |

TE Τηγανισμένο Ελαιόλαδο

6.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Σημαντική ήταν η απώλεια βάρους από την παραλαβή του δείγματος ως το τέλος της επεξεργασίας. Η απώλεια βάρους ήταν ανάλογη της εφαρμοζόμενης επεξεργασίας, έτσι ο μακρύτερος χρόνος επεξεργασίας οδήγησε σε χαμηλότερη απόδοση κατά την επεξεργασία.
- Σημαντική ήταν η οξείδωση των λιπαρών υλών κατά την αποθήκευση στην κατάψυξη των δειγμάτων γαύρου.
- Η κατανομή των λιπαρών οξέων επηρεάστηκε σημαντικά από την επεξεργασία του τηγανίσματος.
- Σημαντική ήταν η μείωση του λόγου $\omega 3/\omega 6$ λιπαρών οξέων.
- Η χοληστερόλη παρουσίασε σημαντική μείωση με το χρόνο τηγανίσματος. Σημαντική ήταν επίσης η αύξηση του σκουαλενίου στα δείγματα γαύρου με το χρόνο τηγανίσματος.

7.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bligh E. & Dyer W. (1959). A rapid method of total extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, **37**,911-917
- Bogнар A., (1998). Comparative study of frying to other cooking techniques influence on the nutritive value. *GrasasAceites*, **49**(3,4), 250-260
- Cowie W.P. & Mackie I.M. (1968). Examination of the protein extractability method for determining cold storage protein denaturation in cod. *Journal of Food Science and Agriculture*, **19**, 696-700.
- 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.
- EEC. (1979). Commission of European Communities. Method-ISQ 1442-1973.(AOAC, 1990).
- FAO 2011.Food and agriculture Organization FishbaseClupeidae. Rome p 122
- FAO 1977. Freezing in Fisheries. *Fisheries Technical Paper*, No 167
- 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
- Garcia-Arias M.T., Alvarez-Pontez E., Garcia Fernadez M.C. & Sanchez-Muniz F.J., (2003). Freezing/defrosting/frying of sardine fillets. Influence of slow and quick defrosting protein quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **83**, 602 -608.
- Gupta M.K (2005).Frying oils In: Bailey's Industrial Oil and Fat Products, pp1-31
- Hanson S.W.F. & Olley J. (1963). Application of the Bligth 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
- 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. andSchepens 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. &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
- Owen R.W., Haubner R., Wurtele G., Hull W. E., Spiegelhalter B., & Bartsch H. (2000). Olives and olive oil in cancer prevention. *European Journal of Cancer Prevention* 2004, **13**, 319–326
- Kalogeropoulos N., Chiou A., Mylona A., Ioannou M.S. & Andrikopoulos N.K. (2007). Recovery and distribution of natural antioxidants(α -tocopherol, polyphenols and terpenic acids) after pan-frying of Mediterranean finfish in virgin olive oil. *Food Chemistry*, **100**, 509-517.
- Kinsella J.E. (1986). Food components with potential therapeutic benefits: The n-3 polyunsaturated fatty acids of fish oils. *Food Technology*, **2**, 89-97.
- Kovacs M.I.P., Anderson W.E. & Ackman R.G. (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.
- Rossano R., Mastrangelo L., Ungaro N. & Riccio P. (2006). Influence of storage temperature and freezing time on histamine level in the European anchovy *Engraulis encrasicolus* (L.1758): A study by capillary electrophoresis. *Journal of Chromatography B*, **830**, 161-164.
- 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
- S.Pons –Sanchez-Cascado, M.C Vidal-Carou , M.L. Nunes, M.T. Veciana-Nogues (2005). Sensory analysis to assess the freshness of Mediterranean anchovies (*Engraulis encrasicolus*) stored in ice. *Food Control* ,**17**, 564-569.
- Stier R.E. (2000). Chemistry of frying and optimization of deep-fat fried food flavor. *European Journal of Lipid Science and Technology*, **102**, 507-51.
- Tudela S., Garcia-Marin J.L. & Pla C. (1999). Genetic structure of the European anchovy, *Egraulis encrasicolus* L., in the north-west Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **234**, 95-109.
- 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.
- Wan R., Wu Y., Huang L., Zhang J., Gao L. & Wang N. (2010). Fatty acids and stable isotopes of a marine ecosystem: Study on the Japanese anchovy (*Engraulis japonicas*) food web in the Yellow Sea. *Deep-Sea Research II*, **57**, 1047-1057.
- Zotos A., Hole M. & Smith G. (1995). The effect of frozen storage of Mackerel (*Scomberscombrus*) on its quality when hot smoked. *Journal of the Food and Agriculture*, **67**, 43-48.

- Γεωργάκης Σ., Βαρελτζής Κ., Αμβροσιάδης Ι. (2000) Τεχνολογία τροφίμων ζωικής προέλευσης (εκτός γάλακτος και των προϊόντων του) Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία.
- Κλάδος Μεσογειακών Ιχθυοκαλλιεργειών(1996).
- 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.