

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

Πτυχιακή Εργασία

**Επίδραση της κατάψυξης (-20°C) στην ποιότητα ψητής για 15, 30 και 45
λεπτά σαρδέλας (*Sardina Pilchardus*)**

**The effect of prior frozen storage on the quality of baking for 15, 30 & 45
min of sardine (*Sardina Pilchardus*)**

Γκότσης Δημήτριος

Επιβλέπων: Ζώτος Αναστάσιος

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2012

Επίδραση της κατάψυξης (-20°C) στην ποιότητα ψητής για 15, 30 και 45 λεπτά σαρδέλας (*Sardina Pilchardus*)

The effect of prior frozen storage on the quality of baking for 15, 30 & 45 min of sardine (*Sardina Pilchardus*)

Γκότσης Δημήτριος

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση του ψησίματος, σε τρεις διαφορετικούς χρόνους (15, 30, 45 min) στα ποιοτικά χαρακτηριστικά σαρδέλας (*Sardina Pilchardus*) σε 4 διαφορετικούς χρόνους κατάψυξης (30, 60, 90, 120 ημέρες). Αναλυτικά, μελετήθηκαν οι μεταβολές στη μέση σύσταση (υγρασία, πρωτεΐνες, λίπος και τέφρα), η κατανομή των λιπαρών οξέων και η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο, τόσο στα κατεψυγμένα όσο και στα θερμικά επεξεργασμένα δείγματα σαρδέλας. Σημαντικές ήταν η απώλειες βάρους όλων των δειγμάτων, ανεξαρτήτως του χρόνου κατάψυξης, κατά την επεξεργασία τους με τις μεγαλύτερες απώλειες κατά τη διάρκεια ψησίματος 45min. Επίσης παρατηρήθηκε ότι η κατάψυξη των δειγμάτων δεν επηρέασε την μέση σύσταση των δειγμάτων σαρδέλας, κάτι που δεν ισχύει για την κατανομή των λιπαρών οξέων με αποτέλεσμα την οξείδωση των λιπαρών υλών. Σημαντική ήταν η επίδραση του χρόνου επεξεργασίας στη μέση σύσταση των δειγμάτων. Παρατηρείται η γραμμική πτώση της υγρασίας κατά την αύξηση του χρόνου επεξεργασίας, σε όλους τους διαφορετικούς χρόνους κατάψυξης, γεγονός που οδηγεί στη γραμμική αύξηση των υπολοίπων συστατικών (πρωτεΐνες, λίπος και τέφρα) επί υγρής βάσης. Η αύξηση του χρόνου κατάψυξης συνδυαστικά με το χρόνο επεξεργασίας οδήγησαν σε προϊόντα με χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, πιθανώς υποβαθμισμένα οργανοληπτικά. Τα δύο πιο σημαντικά λιπαρά οξέα, EPA (C20:5ω-3) και DHA (C22:6ω-3) επηρεάζονται από τον χρόνο κατάψυξης καθώς παρατηρείται σταδιακή μείωση των συγκεντρώσεών τους με την αύξηση του χρόνου κατάψυξης, όμως δεν φαίνεται να επηρεάζονται καθόλου από την αύξηση του χρόνου ψησίματος με τιμές κοντά στο 11% για το EPA και 18% για το DHA με αποτέλεσμα να δίνονται προϊόντα υψηλής ποιότητας με υψηλό λόγο ω-3/ω-6 λιπαρών οξέων. Γραμμική αύξηση της περιεκτικότητας σε χοληστερόλη και σκουαλένιο παρατηρήθηκε, τόσο κατά την επεξεργασία νωπών δειγμάτων όσο και κατά την επεξεργασία των δειγμάτων σαρδέλας στους διαφορετικούς χρόνους κατάψυξης, ωστόσο η αύξηση αυτή πιθανότατα να οφείλεται στην γραμμική μείωση της υγρασίας κατά την επεξεργασία των δειγμάτων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	2
2.1.Σαρδέλα.....	2
2.1.1. Εμπορική Αξία.....	3
2.2. Συντήρηση με κατάψυξη.....	3
2.2.1. Μεταβολές αλιευμάτων κατά τη κατάψυξη.....	3
2.2.2. Επεξεργασία ψησίματος.....	6
2.3. Χημικές μεταβολές κατά τη διάρκεια ψησίματος αλιευμάτων.....	7
2.3.1. Απώλεια Βάρους.....	7
2.3.2. Πρωτεΐνες.....	8
2.3.3. Υγρασία.....	8
2.3.4. Λίπος.....	9
2.3.5. Τέφρα.....	10
2.3.6. Λιπαρά Όξέα.....	11
2.3.6.1. Η σημασία των λιπαρών υλών των αλιευμάτων στην ανθρώπινη διατροφή.....	11
2.3.6.2. Χοληστερόλη.....	13
2.3.6.3. Σκουαλένιο.....	14
2.4. Έλεγχος παρατηρούμενων μεταβολών κατά τις επεξεργασίες.....	16
2.4.1. Έλεγχος μεταβολών υγρασίας.....	16
2.4.2. Έλεγχος τέφρας.....	16
2.4.3. Έλεγχος πρωτεϊνικών μεταβολών.....	17
2.4.4. Έλεγχος μεταβολών λιπαρών υλών.....	18
2.4.5. Έλεγχος της κατανομής των λιπαρών οξέων.....	18
2.4.6. Έλεγχος της χοληστερόλης.....	19
3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	19
4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	20
4.1. Υλικά, όργανα και επεξεργασία.....	20

4.1.1. Αλιεύματα.....	20
4.1.2. Αντιδραστήρια.....	20
4.1.3. Όργανα.....	21
4.2. Μεταχείριση των δειγμάτων πριν την επεξεργασία.....	21
4.2.1. Ψήσιμο.....	22
4.3. Μέθοδοι ανάλυσης.....	22
4.3.1. Προσδιορισμός υγρασίας.....	22
4.3.2. Προσδιορισμός πρωτεϊνών.....	23
4.3.3. Προσδιορισμός ολικού λίπους.....	24
4.3.4. Προσδιορισμός τέφρας.....	25
4.3.5. Προσδιορισμός μεθυλεστέρων των λιπαρών οξέων.....	25
4.3.6. Προσδιορισμός χοληστερόλης.....	27
4.3.7. Στατιστική ανάλυση.....	28
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΘΕΜΑΤΑ ΓΙΑ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	28
5.1. Μεταβολές στην απώλεια βάρους.....	28
5.2. Επίδραση της κατάψυξης σε δείγματα φιλέτων σαρδέλας (<i>Sardina Pilchardus</i>).....	31
5.3. Επίδραση της επεξεργασίας του ψησίματος 15, 30, 45 λεπτών.....	32
5.3.1. Επίδραση του ψησίματος σε 3 διαφορετικούς χρόνους στη μέση σύσταση νωπής σαρδέλας (<i>Sardina Pilchardus</i>).....	32
5.3.2. Επίδραση του ψησίματος σε 3 διαφορετικούς χρόνους στη μέση σύσταση σαρδέλας μετά από 3 μέρες κατάψυξης.....	35
5.3.3. Επίδραση 30 ημερών κατάψυξης στη μέση σύσταση ψημένων σε 3 διαφορετικούς χρόνους δειγμάτων σαρδέλας (<i>Sardina Pilchardus</i>).....	38
5.3.4. Επίδραση 60 ημερών κατάψυξης στη μέση σύσταση ψημένων σε 3 διαφορετικούς χρόνους δειγμάτων σαρδέλας (<i>Sardina Pilchardus</i>).....	41
5.3.5. Επίδραση 90 ημερών κατάψυξης στη μέση σύσταση ψημένων σε 3 διαφορετικούς χρόνους δειγμάτων σαρδέλας (<i>Sardina Pilchardus</i>).....	45
5.3.6. Επίδραση 120 ημερών κατάψυξης στη μέση σύσταση ψημένων σε 3 διαφορετικούς χρόνους δειγμάτων σαρδέλας (<i>Sardina Pilchardus</i>).....	49
5.4. Επίδραση της κατάψυξης και των τριών χρόνων ψησίματος στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο δειγμάτων σαρδέλας (<i>Sardina Pilchardus</i>).....	53

5.4.1. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο δειγμάτων σαρδέλας (<i>Sardina pilchardus</i>) πριν την κατάψυξη στους τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους (15, 30, 45 min) ψησίματος.....	53
5.4.2. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο δειγμάτων σαρδέλας (<i>Sardina pilchardus</i>) μετά από 3 μέρες κατάψυξης στους τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους (15, 30, 45 min) ψησίματος.....	54
5.4.3. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο δειγμάτων σαρδέλας (<i>Sardina pilchardus</i>) μετά από ένα 30 μέρες κατάψυξης στους τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους (15, 30, 45 min) ψησίματος.....	56
5.4.4. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο δειγμάτων σαρδέλας(<i>Sardina pilchardus</i>) μετά από 60 μέρες κατάψυξης στους τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους (15, 30, 45 min) ψησίματος.....	57
5.4.5. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο δειγμάτων σαρδέλας(<i>Sardina pilchardus</i>) μετά από 90 μέρες κατάψυξης στους τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους (15, 30, 45 min) ψησίματος.....	58
5.4.6. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο δειγμάτων σαρδέλας(<i>Sardina pilchardus</i>) μετά από 120 μέρες κατάψυξης στους τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους (15, 30, 45 min) ψησίματος.....	60
5.5. Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) στο σύνολο των λιπαρών οξέων νωπής και κατεψυγμένης σαρδέλας (<i>Sardina Pilchardus</i>).....	61
5.6. Μελέτη της κατανομής των λιπαρών οξέων των ψημένων δειγμάτων σαρδέλας.....	64
5.6.1 Κατανομή των λιπαρών οξέων (%) της ψητής σαρδέλας στους διαφορετικούς χρόνους ψησίματος.....	64
5.6.2 Επίδραση της επεξεργασίας ψησίματος στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) της ψητής σαρδέλας στους διαφορετικούς χρόνους μετά από 3 μέρες κατάψυξης.....	66
5.6.3 Επίδραση 30 ημερών κατάψυξης στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) της ψητής σαρδέλας στους διαφορετικούς χρόνους ψησίματος.....	68
5.6.4 Επίδραση 60 ημερών κατάψυξης στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) της ψητής σαρδέλας στους διαφορετικούς χρόνους ψησίματος.....	70
5.6.5 Επίδραση 90 ημερών κατάψυξης στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) της ψητής σαρδέλας στους διαφορετικούς χρόνους ψησίματος.....	72
5.6.6 Επίδραση 120 ημερών κατάψυξης στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) της ψητής σαρδέλας στους διαφορετικούς χρόνους ψησίματος.....	74
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	76
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	77

1.Εισαγωγή

Με τον όρο “αλιεύματα” χαρακτηρίζονται όλοι οι υδρόβιοι ζωικοί οργανισμοί που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος για τη διατροφή του, τη διατροφή των αγροτικών ζώων ή και άλλες ακόμα χρήσεις. Τα “αλιεύματα” αποτελούν μία από τις κύριες πηγές διατροφής του ανθρώπου λόγω της υψηλής διατροφικής αξίας των πρωτεϊνών τους, την πληθώρα των ιχνοστοιχείων και του υψηλού ποσοστού πολυακόρεστων λιπαρών οξέων(κυρίως EPA και DHA) που περιέχονται στη σάρκα τους.

Η συντήρηση αλιευμάτων σε ψύξη και κατάψυξη είναι μία από τις πιο διαδεδομένες παγκοσμίως μεθόδους, τόσο σε βιομηχανικό όσο και σε οικιακό επίπεδο. Από την εμπορική σκοπιά των πραγμάτων, μεγάλης σημασίας είναι το γεγονός της απώλειας της υφής της σάρκας των αλιευμάτων που προκαλείται από την κατάψυξη τους, κάτι που έχει οδηγήσει τις περισσότερες μελέτες που αφορούν τα κατεψυγμένα αλιεύματα να επικεντρωθούν στους λόγους στους οποίους προκαλούν αυτή τη μεταβολή, σε συνδυασμό με τη διατροφική αξία τους ([Ana M Castrillon et al, 2006](#)).

Το ψήσιμο σε συμβατικό φούρνο είναι ένας πολύ διαδεδομένος τρόπος μαγειρέματος και προμαγειρέματος σε τρόφιμα με υψηλό ποσοστό πρωτεϊνών όπως αλιεύματα και κρέας αλλά και σε τρόφιμα όπου είναι επιθυμητός ο σχηματισμός κρούστας έτσι ώστε να διατηρούνται καλύτερα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και τραγανή υφή που το καθιστούν πολύ δημοφιλές στους καταναλωτές. Το ψήσιμο είναι μια γρήγορη και εύκολη διαδικασία παρασκευής τροφίμων που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία και σε άλλους χώρους μαζικής εστίασης, καθώς επίσης και στην κατ' οίκον προετοιμασία φαγητού. Η μετάδοση της θερμότητας γίνεται μέσω ρευμάτων αέρα τα οποία θερμαίνονται με τη βοήθεια ηλεκτρικών αντιστάσεων. Στο ψήσιμο, πρέπει να έχει γίνει προθέρμανση του φούρνου πριν τοποθετηθεί το τρόφιμο, ώστε με αυτόν τον τρόπο αυτό να μη χάσει μεγάλο μέρος των χυμών του, καθώς και βιταμινών και ανόργανων συστατικών. Επίσης, το τρόφιμο είναι καλύτερο να τοποθετείται πάνω σε σχάρα, ώστε να απομακρύνεται το λίπος ([Nestlé, 2006](#)).

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της κατάψυξης στη μέση σύσταση ψημένης, σε διαφορετικούς χρόνους και σε σταθερή θερμοκρασία 200°C, σαρδέλας (*Sardina pilchardus*). Επίσης μελετήθηκαν, η κατανομή των λιπαρών οξέων και η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο.

2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Σαρδέλα (*Sardina pilchardus*)

Η σαρδέλα της Ευρώπης, το είδος *Sardina pilchardus*, ανήκει στην οικογένεια κλουπειδών (Clupeidae) της κλάσης Ακτινοπτερυγίων (Actinopterygii). Τα χαρακτηριστικά της οικογένειας ως προς τη μορφολογία περιλαμβάνουν διάφορους τύπους σχήματος του σώματος, από τορπιλοειδές (σχεδόν κυκλική κάθετη τομή) μέχρι αρκετά συμπιεσμένο πλευρικά. Τα είδη της οικογένειας Clupeidae δεν φέρουν λέπια στο κεφάλι, ενώ στο υπόλοιπο σώμα τα λέπια είναι κυκλοειδή. Κάποια είδη φέρουν κοιλιακές φολίδες. Η πλευρική γραμμή είναι μικρή και σε ορισμένα απουσιάζει πλήρως. Τα δόντια είναι ιδιαίτερα μικρά και βρίσκονται στις σιαγόνες. Φέρουν ένα ραχιαίο πτερύγιο μικρού μήκους και τοποθετημένο προς το κέντρο του σώματος. Τα κοιλιακά πτερύγια βρίσκονται κοντά στην βάση του ραχιαίου, ενώ οι ακτίνες όλων των πτερυγίων είναι μαλακές. Κάποια είδη δεν έχουν ραχιαίο και κοιλιακά πτερύγια. Είναι είδη παράκτια που ζουν σε κοπάδια, τόσο σε θαλασσινά όσο και σε υφάλμυρα νερά. Κάποια είδη είναι ανάδρομα, δηλαδή μεταναστεύουν από το θαλάσσιο περιβάλλον στα εσωτερικά ύδατα.

Η διατροφή της οικογένειας αυτής περιλαμβάνει κυρίως πλαγκτονικούς οργανισμούς. Το μέγεθος κυμαίνεται από 2 cm μέχρι 27 cm. Η οικογένεια Clupeidae περιλαμβάνει ψάρια μεγάλης εμπορικής σημασίας, που χρησιμοποιούνται τόσο στη διατροφή, όσο και στην παραγωγή ιχθυελαίου και ως τροφή αλιευμάτων (FAO, 2011).

2.1.1 Εμπορική αξία – Αλιεία

Η αλιευτική παραγωγή στη χώρα μας ετησίως κυμαίνεται μεταξύ 150.000 και 160.000 μετρικών τόνων αλιευμάτων. Στις Ελληνικές θάλασσες εκτιμώνται ότι υπάρχουν 447 είδη ιχθύων που ανήκουν σε 129 οικογένειες. Τα περισσότερα εμπορεύσιμα είδη ανήκουν σε 10 οικογένειες που αποτελούν περίπου το 73% της συνολικής αλιευτικής παραγωγής, η οποία στο ελληνικό χώρο διακινείται από 8 κυρίως σημεία : Ιχθυόσκαλα Πειραιά με διακίνηση 46,6% της αλιευτικής παραγωγής, της Θεσσαλονίκης με 16,5% της Καβάλας με 16,4%, της Αλεξανδρούπολης με 7,4%, της Πάτρας με 6,9%, της Χαλκίδας με 5,8%, της Πρέβεζας με 1,9% και του Μεσολογγίου με διακίνηση 1,8 % (Στεργίου, 1993).

Η σαρδέλα της Ευρώπης, *Sardina pilchardus*, είναι είδος με μεγάλη εμπορική αξία. Μολονότι έχει παρουσιάσει πολλές διακυμάνσεις στην πυκνότητα του πληθυσμού στο παρελθόν, δεν διατρέχει κίνδυνο υπεραλίευσης και μάλιστα ο πληθυσμός αυξάνεται σε αριθμό. Στην Ελλάδα η δυναμική του πληθυσμού της σαρδέλας σε συνάρτηση με την αλιεία είναι αρκετά δύσκολο να προβλεφθεί, λόγω της μεγάλης επίδρασης που έχουν στο είδος οι διάφορες ετήσιες μεταβολές, τόσο σε ωκεανογραφικό, όσο και βιολογικό επίπεδο (FAO, 2011).

2.2 Συντήρηση με κατάψυξη

2.2.1 Μεταβολές αλιευμάτων κατά την κατάψυξη

Η συντήρηση με κατάψυξη στηρίζεται στο γεγονός ότι με αυτήν αναστέλλεται η ανάπτυξη των μικροοργανισμών και επιβραδύνεται δραστικά ο ρυθμός των χημικών και ενζυμικών αντιδράσεων που υποβαθμίζουν την ποιότητα των νωπών αλιευμάτων.

Οι βελτιωμένες τεχνικές συντήρησης και συσκευασίας σε συνδυασμό με την πιο αποτελεσματική διάθεση και διανομή έχουν δώσει σημαντική ώθηση σε νέα προϊόντα αλιευμάτων, με κυρίαρχα αυτά που συντηρούνται σε ψύξη και κατάψυξη. Η κατάψυξη θεωρείται ως η αποτελεσματικότερη μέθοδος συντήρησης των αλιευμάτων και των τροφίμων γενικότερα.

Καταψυγμένα θεωρούνται τα αλιεύματα, τα οποία έχουν υποστεί κρυστάλλωση (πήξη) του μυϊκού του οπού, που επιτυγχάνεται με τη μείωση της θερμοκρασίας τους, οπότε το σώμα τους γίνεται σκληρό, συμπαγές και άκαμπτο.

Ο αντικειμενικός σκοπός της κατάψυξης είναι η παραγωγή αλιευμάτων που είναι δυνατόν να συντηρούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς αξιοσημείωτη υποβάθμιση της ποιότητάς τους, οπότε υπάρχει η δυνατότητα να καταναλωθούν ενδεχόμενα, μακριά από το σημείο αλίευσης τους.

Η επίτευξη του σκοπού αυτού επιτυγχάνεται εφ' όσον:

- α) τα αλιεύματα ψύχονται σε χαμηλότερη δυνατή θερμοκρασία και
- β) όσο το δυνατό μεγαλύτερο μέρος του οπού της σάρκας τους κρυσταλλώνεται.

Το σημείο πήξης του μυϊκού οπού των αλιευμάτων κυμαίνεται μεταξύ $-0,6$ και -2°C

- γ) Συνήθως ως μέσος όρος λαμβάνεται η θερμοκρασία των -1°C .

Όμως κατά την κατάψυξη λόγω της δημιουργίας των παγοκρυστάλλων στους εξωκυτταρικούς χώρους και την επακόλουθη έξοδο νερού από το εσωτερικό των κυττάρων δεν υπάρχει αρκετό νερό για να διατηρήσει τις πρωτεΐνες ενυδατωμένες. Η διαδικασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή της δομής των πρωτεϊνών και κατ' επέκταση τη μετουσίωση τους με αρνητικές επιπτώσεις στην υφή και την ποιότητα των αλιευμάτων (Γιωργάκης *et al.*, 2000). Κατά την ταχεία κατάψυξη, σχηματίζεται μεγάλος αριθμός πυρήνων κρυστάλλωσης στο εσωτερικό των μυϊκών ινών, ενώ περιορίζεται η μετουσίωση των πρωτεϊνών και η ποιοτική υποβάθμιση του καταψυγμένου αλιεύματος. Η μετουσίωση των πρωτεϊνών είναι ιδιαίτερα έντονη στην περιοχή θερμοκρασιών από -1°C έως -2°C , δηλαδή στην αρχή της κρίσιμης ζώνης κατάψυξης.

Η κατάψυξη, χαρακτηρίζεται ως μία από τις καλύτερες μεθόδους συντήρησης των αλιευμάτων και ως εκ τούτου βρίσκει εφαρμογή σε μεγάλη έκταση τόσο

στα αλιευτικά πλοία όσο και στη βιομηχανία. Ένας σημαντικός λόγος εξάπλωσης της συντήρησης μέσω της κατάψυξης στα αλιεύματα είναι η έλλειψή τους στην επιθυμητή σύσταση στη διάρκεια του έτους. Έτσι, προκειμένου οι παρασκευαστές προϊόντων αλιευμάτων να έχουν στη διάθεση τους πρώτη ύλη για τη λειτουργία της βιομηχανικής τους μονάδας, αναγκάζονται να διαθέτουν σημαντικούς χώρους αποθήκευσης κατεψυγμένης πρώτης ύλης. Ωστόσο, ακόμα και σε χαμηλές θερμοκρασίες της τάξης των -20°C , όπου συνήθως συντηρούνται τα κατεψυγμένα αλιεύματα, εάν και η προτεινόμενη θερμοκρασία συντήρησης των αλιευμάτων είναι οι -30°C , λαμβάνουν χώρα ανεπιθύμητες μεταβολές που οδηγούν σε υποβάθμιση των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών.

Οι μεταβολές αυτές σχετίζονται με την οξειδωση των λιπαρών υλών και των χρωστικών που περιέχουν, που οδηγούν σε ανεπιθύμητο άρωμα (γεύση και οσμή) και σε μεταβολές του χρώματος. Οι μεταβολές του χρώματος προέρχονται αφενός από την οξειδωση των υπαρχουσών σε κάποια είδη χρωστικών [καροτινοειδή (ασταξανθίνη, κανθαξανθίνη)], αφετέρου σε αντιδράσεις μη ενζυμικού μαυρίσματος μεταξύ των δευτερογενών προϊόντων οξειδωσης (αλδεΐδες, κετόνες κλπ), ουσίες δηλαδή με καρβονυλική ομάδα στο μόριό τους, και των πρωτεϊνών των αλιευμάτων. Η μεταβολή αυτή είναι πιθανόν εκτενέστερη στα λιπαρά αλιεύματα.

Η σημαντικότερη ωστόσο μεταβολή σχετίζεται με τις πρωτεΐνες των αλιευμάτων, των οποίων διαταράσσεται τόσο η τεταρτοταγής (ακτομουσίνη), όσο και η τριτοταγής και δευτεροταγής δομή τους, εντονότερα στις θερμοκρασίες της τάξης των $0 - (-5)^{\circ}\text{C}$. Παρατηρείται επομένως διάσπαση των δεσμών υπεύθυνων για τις ανωτέρω δομές όπως δεσμών υδρογόνου, ηλεκτροστατικών, διπόλου – διπόλου, υδρόφοβων. Οι πρωτεΐνες στην αρχική φυσική τους κατάσταση διαθέτουν σημαντικό ποσοστό υδρόφιλων μορίων στην επιφάνειά τους (όλοι οι δεσμοί εκτός των υδρογονανθρακικών), 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. Στα αποψυγμένα επομένως αλιεύματα παρατηρείται απώλεια νερού και μεταβολές στην υφή των αποψυγμένων αλιευμάτων (Zotos *et al*, 1995).

2.2.2 Επεξεργασία ψησίματος

Το ψήσιμο είναι ένας τρόπος μαγειρέματος κατά τον οποίο ως μέσο μεταφοράς θερμότητας στο τρόφιμο χρησιμοποιείται είτε αέρας, είτε λίπος. Οι θερμοκρασίες ψησίματος μπορεί να είναι μεταξύ 120-150°C και αν το ψήσιμο εφαρμοστεί για μικρό χρονικό διάστημα μπορούν να φτάσουν και τους 300°C. Είναι κατάλληλη μέθοδος μαγειρέματος για τρόφιμα πλούσια σε πρωτεΐνες, όπως κρέας, αλιεύματα, όπως και για τρόφιμα που είναι επιθυμητός ο σχηματισμός κρούστας.

Στο ψήσιμο, πρέπει να έχει γίνει προθέρμανση του φούρνου πριν τοποθετηθεί το τρόφιμο, ώστε με αυτόν τον τρόπο αυτό να μη χάσει μεγάλο μέρος των χυμών του, καθώς και βιταμινών και ανόργανων συστατικών. Επίσης, το τρόφιμο είναι καλύτερο να τοποθετείται πάνω σε σχάρα, ώστε να απομακρύνεται το λίπος (Nestlé, 2006).

Το ψήσιμο των αλιευμάτων σε φούρνο, σε υψηλή θερμοκρασία μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά βελτιωμένη γεύση και σε απώλεια υγρασίας του τροφίμου. Αν το αλιεύμα ψηθεί σωστά, παρέχει μια εξωτερική τραγανή κρούστα και ένα υγρό και μαλακό εσωτερικό. Όσον αφορά το ψήσιμο σε grill, η υψηλή θερμοκρασία στην επιφάνεια του αλιεύματος επιταχύνει τις αντιδράσεις Maillard που προσδίδουν επιθυμητό χρώμα και γεύση, ενώ ο σύντομος χρόνος μαγειρέματος συμβάλλει στο σχηματισμό απαλής υφής στο εσωτερικό του αλιεύματος.

Όσο μακρύτερος ο χρόνος ψησίματος τόσο περισσότερες οι μεταβολές που παρατηρούνται στα αλιεύματα (Barham, 2001).

Ο Bognár (1998) ανακοίνωσε ότι κατά το ψήσιμο αλιευμάτων παρατηρήθηκαν σημαντικές απώλειες βάρους οι οποίες προήλθαν από απώλειες υγρασίας, λίπους και πρωτεϊνών, οι απώλειες μάλιστα ήταν μεγαλύτερες από ότι στο τηγάνισμα. Επίσης, παρατηρήθηκε αύξηση της περιεκτικότητας σε ριβοφλαβίνη. Οι Maulvault *et al.* (2012) ανακοίνωσαν υψηλότερη απώλεια βάρους κατά την επεξεργασία του ψησίματος σε σχέση με το τηγάνισμα και το μαγείρεμα σε ατμό σε δείγματα αλιευμάτων του είδους *Aphanopus carbo*. Τα ψητά και τηγανητά δείγματα είχαν τη χαμηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σύγκριση με τα νωπά δείγματα. Οι πρωτεΐνες στα ψητά δείγματα παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερες τιμές και ακολουθήθηκαν από τα

τηγανητά. Στα ψητά δείγματα οι μεταβολές στα λιπαρά οξέα δεν ήταν σημαντικές ενώ στα τηγανητά ήταν έντονες ($p < 0,05$).

Σε μελέτη που έγινε για μεταβολές στο αλείωμα *Anguilla anguilla* κατά την επεξεργασία του ψησίματος παρατηρήθηκε αύξηση τόσο των πρωτεϊνών όσο και του λίπους καθώς και των ω -3 λιπαρών οξέων (Ersoy, 2011).

Στον Πίνακα 1 δίνονται οι μεταβολές που παρατηρήθηκαν κατά το ψήσιμο και τηγάνισμα τριών ειδών αλιευμάτων.

Πίνακας 1. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, λίπος και ω -3 λιπαρών οξέων σε Σολομό, Μπακαλιάρο και Σαρδέλα κατά το ψήσιμο και τηγάνισμα.

	Σολομός Ατλαντικού		Μπακαλιάρος		Σαρδέλα	
	Νωπό	Ψητό	Νωπό	Τηγανιτό	Νωπό	Ψητό
Πρωτεΐνη(%)	16,2	23,8	17,0	21,7	17,9	24,1
Ολικό λίπος(%)	21,9	23,7	0,7	7,1	10,9	9,2
ω -3 (mg/100g)	4326,4	6255,4	246,9	388,4	3753,3	3245,9

Nunes *et al.*, 2006

2.3 Χημικές μεταβολές κατά τη διάρκεια ψησίματος των αλιευμάτων

2.3.1 Απώλεια βάρους

Το ψήσιμο των αλιευμάτων γίνεται σε ρεύμα θερμού αέρα ή με υπέρυθρη ακτινοβολία. Αλιεύματα με χαμηλό ποσοστό λίπους ψήνονται σε θερμοκρασίες 110-130°C, ενώ λιπαρά αλιεύματα ψήνονται σε θερμοκρασίες 90-100°C. Κατά τη διάρκεια του ψησίματος το δέρμα τους ξηραίνεται,

πτυχώνεται και αποκτούν το τυπικό άρωμα του ψημένου. Η απώλεια βάρους κυμαίνεται από 18% έως 20% και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι η θερμοκρασία και η ταχύτητα του ρεύματος του θερμού αέρα, η σχετική υγρασία του χώρου ψήσιματος κτλ.

2.3.2 Πρωτεΐνες

Οι [Garcia-Arias et al. \(2003\)](#) παρατήρησαν αύξηση των πρωτεϊνών της σαρδέλας επί ξηρού σε σχέση με το νωπό σε όλες τις μεθόδους μαγειρέματος, χωρίς όμως σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Μεγαλύτερη ήταν η αύξηση των πρωτεϊνών που παρατηρήθηκε κατά το ψήσιμο.

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, 2007](#)).

2.3.3 Υγρασία

Σύμφωνα με τους [Wen-Hsin & Lillard \(1998\)](#), οι οποίοι μελέτησαν τις μεταβολές σε υγρασία, τέφρα, λίπος, πρωτεΐνες, λιπαρά οξέα, και χοληστερόλη σε δείγματα γατόψαρου, κατά το τηγάνισμα σε ελαιόλαδο αλλά και ψήσιμο σε φούρνο και φούρνο μικροκυμάτων, παρατηρήθηκε μείωση της υγρασίας. Ανάλογα αποτελέσματα ανακοινώθηκαν από τους [Garcia-Arias et al. \(2003\)](#) οι οποίοι επίσης μελέτησαν τις μεταβολές σε υγρασία, τέφρα, λίπος, πρωτεΐνες, λιπαρά οξέα, και χοληστερόλη σε δείγματα σαρδέλας με διαφορετικούς τρόπους μαγειρέματος και παρατήρησαν σημαντική μείωση της υγρασίας σε όλες τις μεθόδους μαγειρέματος.

2.3.4 Λίπος

Οι λιπαρές ύλες των αλιευμάτων είναι πολύ σύνθετα συστατικά τα οποία σχηματίζονται από μια μεγάλη ποικιλία ενώσεων. Οι λιπαρές ύλες των αλιευμάτων έχουν καταταγεί σε δυο μεγάλες κατηγορίες, των πολικών και ουδέτερων λιπαρών υλών. Στην πρώτη κατηγορία εκπρόσωπος είναι τα φωσφολιπίδια, ενώ στην δεύτερη τα τριγλυκερίδια. Τα τριγλυκερίδια είναι η κύρια μορφή αποθηκευμένου λίπους που χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας (Nunes *et al.*, 2006). Έχουν σφαιρική μορφή, βρίσκονται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις στην κοιλιακή χώρα των αλιευμάτων στην περιοχή του ουραίου πτερυγίου και στο ήπαρ. Τα φωσφολιπίδια αποτελούν βασικά συστατικά των κυτταρικών μεμβρανών, των μιτοχονδρίων και άλλων εσωκυτταρικών σωματιδίων. Οι λιπαρές ύλες της σάρκας των αλιευμάτων παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τρεις κύρια λόγους. Ο πρώτος λόγος σχετίζεται με το ότι κάθε αποθηκευμένη μορφή λίπους μπορεί σημαντικά να επηρεάσει τη γεύση ενός μαγειρεμένου προϊόντος, μπορεί δηλαδή να γίνει αισθητή η ύπαρξή του από το δοκιμαστή του προϊόντος. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι οι λιπαρές ύλες των αλιευμάτων συμβάλουν σημαντικά στην καλή υγεία του καταναλωτή και είναι ευεργετικές στην καλή λειτουργία της καρδιάς.

Οι Ιάπωνες οι οποίοι χρησιμοποιούν τα αλιεύματα ως κύριο μέρος της διατροφής τους πολύ σπάνια εμφανίζουν προβλήματα που σχετίζονται με ασθένειες καρδιακής προσβολής ή εγκεφαλικού. Ο τρίτος λόγος αφορά στο ότι οι λιπαρές ύλες της σάρκας των αλιευμάτων συμβάλουν σημαντικά στη γεύση και οσμή τους (άρωμα, flavor).

Οι ερευνητές De Leonardis and Macciola (2004) ανακοίνωσαν ότι η περιεκτικότητα της σαρδέλας σε λίπος εξαρτάται από την αναπαραγωγική της περίοδο, τη διαθεσιμότητα της τροφής και τη θερμοκρασία του θαλασσινού νερού. Η διατροφική αξία της σαρδέλας μεταβάλλεται σε σχέση με την περιεκτικότητα σε λίπος και επομένως με την χρονική περίοδο αλίευσης. Η σαρδέλα (*Sardina pilchardus*) παρουσιάζει υψηλότερη περιεκτικότητα σε λίπος κατά τη διάρκεια της άνοιξης και αρχής του καλοκαιριού (Zlatanov and Laskoridis, 2007).

Άλλες λιπαρές ύλες που συναντώνται στα αλιεύματα και ανήκουν στην κατηγορία των ουδέτερων λιπαρών υλών είναι, οι στερόλες, τα ελεύθερα

λιπαρά οξέα, οι λιπαροί εστέρες και οι αιθέρες της γλυκερόλης. Αλλά ενώ τα λιπαρά οξέα, τα τριγλυκερίδια, τα φωσφολιπίδια και οι στερόλες βρίσκονται στο λίπος όλων σχεδόν των αλιευμάτων, οι λιπαροί εστέρες και οι αιθέρες της γλυκερόλης συναντώνται μόνο σε πολύ λίγα είδη π.χ. λιπαροί εστέρες έχουν βρεθεί στο λίπος μπακαλιάρου.

Τα μη-λιπαρά αλιεύματα η ασπρόψαρα (περιεκτικότητα σε λίπος 0,5-1,5%) περιέχουν 85-95% πολικές λιπαρές ύλες, κύρια φωσφατιδική αιθανολαμίνη και φωσφατιδική χολίνη, ενώ τα λιπαρά αλιεύματα (περιεκτικότητα σε λίπος 1-25 %), που το λίπος τους βρίσκεται αποθηκευμένο κάτω από το δέρμα και στην περιοχή της κοιλιάς, αποτελούνται από ουδέτερες (τριγλυκερίδια) λιπαρές ύλες και μάλιστα σε ποσοστό της τάξης του 75-85%. Τα τριγλυκερίδια είναι εστέρες της γλυκερόλης με τρία λιπαρά οξέα (Ζώτος 2007).

2.3.5 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.

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)

Σύμφωνα με τους Garcia-Arias *et al.* (2003) η τέφρα επί ξηρού παρουσίασε μικρή αύξηση σε ψημένα δείγματα σαρδέλας.

2.3.6 Λιπαρά οξέα

2.3.6.1 Η σημασία των λιπαρών υλών των αλιευμάτων στην ανθρώπινη διατροφή

Τα ευεργετικά συστατικά στα λιπαρά των αλιευμάτων είναι τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα και ειδικότερα το εικοσιπενταενοϊκό οξύ (EPA, C20:5 ω -3) και το εικοσιδιεξαενοϊκό οξύ (DHA, C22:6 ω -3) τα οποία ανήκουν στην ω -3 σειρά.

Τα λιπαρά οξέα των αλιευμάτων περιέχουν χαμηλές ποσότητες λιπαρών οξέων της ω -6 σειράς συμπεριλαμβανομένου και του λινελαϊκού οξέος το οποίο θεωρείται ως βασικό λιπαρό οξύ (Ζώτος, 2007).

Οι Garcia-Arias *et al.* (2003) διαπίστωσαν ότι το τηγάνισμα σαρδέλας σε ελαιόλαδο επηρέασε σημαντικά την ποσότητα και την σύνθεση των λιπαρών οξέων με αποτέλεσμα την αύξηση του ελαϊκού και λινελαϊκού οξέος με αντίστοιχη μείωση των EPA και DHA. Το ψήσιμο αντίθετα δεν επηρέασε σημαντικά την κατανομή των λιπαρών οξέων

Έρευνες έχουν δείξει ότι οι άνθρωποι που ακολουθούν διατροφή πλούσια σε ω -3 λιπαρά οξέα έχουν χαμηλότερη αρτηριακή πίεση από αυτούς που δεν καταναλώνουν αρκετά. Τα ευεργετικά αποτελέσματα των ω -3 είναι ακόμα μεγαλύτερα σε όσους δεν έχουν αναπτύξει ακόμα υπέρταση. Ανακοινώθηκε ότι η συχνή κατανάλωση τροφίμων πλούσιων σε ω -3 θα μπορούσε να αποτρέψει την εμφάνιση προβλημάτων στη νοητική λειτουργία, κυρίως όσον αφορά στην εμφάνιση της νόσου Alzheimer. Διαπιστώθηκε επίσης ότι η καθημερινή πρόσληψη 1720 mg DHA και 600 mg EPA σχετίζεται με πιο αργή μείωση της νοητικής λειτουργίας σε άτομα με ήπιας μορφής Alzheimer. Η κατανάλωση λιπαρών αλιευμάτων προσφέρει σημαντική προστασία ενάντια στον καρκίνο των νεφρών, όπως έχει δείξει μια μεγάλη επιδημιολογική μελέτη που περιελάμβανε 61.433 γυναίκες. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι όσες γυναίκες κατανάλωναν μια ή περισσότερες φορές λιπαρών αλιευμάτων την εβδομάδα ανέπτυξαν 44% μικρότερο κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου των νεφρών σε σχέση με όσες δεν κατανάλωναν λιπαρά αλιεύματα. Επίσης, όσες είχαν μια μακροχρόνια κατανάλωση λιπαρών αλιευμάτων από την αρχή της μελέτης μέχρι και 10 χρόνια, μείωσαν τον κίνδυνο κατά 74%

Η πρόσληψη ω-3 λιπαρών φαίνεται πως δρα προστατευτικά ενάντια στην εμφάνιση καρκίνου του προστάτη. Η αυξημένη πρόσληψη ω-3 λιπαρών οξέων μπορεί επίσης να έχει ευεργετική δράση στην πρόληψη του καρκίνου του προστάτη.

Η πρόσληψη EPA+DHA από 0,5 έως 1,8g ημερησίως (είτε από λιπαρά αλιεύματα είτε μέσω συμπληρωμάτων διατροφής) μπορεί να μειώσει σημαντικά τη θνησιμότητα από καρδιαγγειακά νοσήματα καθώς και άλλες παθήσεις. Επίσης συνολική πρόσληψη του α-λινολενικού οξέος (ALA) της τάξης των ~1,5 έως 3g ημερησίως φαίνεται ότι είναι ευεργετική για την υγεία (Etherton *et al.*, 2002). Ανακοινώθηκε ότι τα ψητά ή βραστά αλιεύματα αποδίδουν πιο αποτελεσματικά τα καρδιαγγειακά οφέλη των ω-3 λιπαρών οξέων σε σχέση με τα αντίστοιχα τηγανιτά, παστά ή τα αποξηραμένα.

Σημαντικός όγκος επιστημονικών δεδομένων δείχνουν ότι οι πληθυσμοί πολλών βιομηχανοποιημένων χωρών καταναλώνουν σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα ω-3 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων από ότι παλιότερα, ενώ αντίθετα η πρόσληψη σε ω-6 έχει αυξηθεί.

Είναι απαραίτητο να διατηρείται η κατάλληλη ισορροπία μεταξύ των δύο σειρών των απαραίτητων λιπαρών οξέων (ω-3 και ω-6), επειδή ο ρόλος τους είναι σημαντικός για την υγεία του καταναλωτή και μια ακατάλληλη αναλογία συμβάλει στην ανάπτυξη παθήσεων. Πηγές πληροφοριών αποκαλύπτουν ότι το ανθρώπινο είδος εξελίχθηκε βάση δίαιτας με αναλογίες ω-6/ω-3 περίπου ίση με 1/1, ενώ οι σημερινές δυτικού τύπου δίαιτες σχετίζονται με αναλογίες ω-6/ω-3 της τάξης του 15/1. Η διαταραχή στην ισορροπία αυτή, πιστεύεται ότι προάγει την παθογένεια πολλών παθήσεων, περιλαμβανομένων των καρδιαγγειακών, του καρκίνου, φλεγμονωδών, αυτοάνοσων και ψυχικών παθήσεων και οι επιστήμονες σήμερα προτείνουν μείωση της κατανάλωσης ω-6 και αύξηση των ω-3 για βελτίωση της υγείας.

Η επιθυμητή αναλογία ω-6/ω-3 πρέπει να είναι χαμηλότερη από 5. Το βρετανικό τμήμα υγείας συστήνει ως ιδανική αναλογία ω-6/ω-3 το 4 ως μέγιστη τιμή. Τιμές υψηλότερες του 4, είναι επιβλαβής στην υγεία. Για να συμβάλουν τα αλιεύματα στη μείωση του λόγου ω-6/ω-3 και να συμβάλλουν στην καλή υγεία των καταναλωτών, πρέπει να μελετηθεί η περιεκτικότητα

τους σε λίπος και η κατανομή των λιπαρών τους οξέων, καθώς και η περιεκτικότητα τους σε χοληστερόλη (Aberoumand 2009).

Οι Garcia-Arias *et al.* (2003) διαπίστωσαν ότι το τηγάνισμα σαρδέλας σε ελαιόλαδο επηρέασε σημαντικά την ποσότητα και την σύνθεση των λιπαρών οξέων με αποτέλεσμα την αύξηση του ελαϊκού και λινελαϊκού οξέος με αντίστοιχη μείωση των EPA και DHA. Το ψήσιμο αντίθετα δεν επηρέασε σημαντικά την κατανομή των λιπαρών οξέων.

2.3.6.2 Χοληστερόλη

Τα ζωικά τρόφιμα, όπως το κόκκινο κρέας, τα πουλερικά και τα αλιεύματα, περιέχουν χοληστερόλη. Τα αλιεύματα με υψηλή περιεκτικότητα σε λίπους πιθανώς έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε χοληστερόλη

Η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη στα αλιεύματα επηρεάζεται επίσης από την περιεκτικότητα σε πολυκόρεστα λιπαρά οξέα, έτσι όταν η περιεκτικότητα σε πολυκόρεστα λιπαρά οξέα αυξηθεί, παρατηρείται μείωση των επιπέδων της χοληστερόλης. Αυτό δείχνει ότι τα αλιεύματα που ενδημούν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες ή βρίσκονται σε περίοδο αναπαραγωγής, έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε χοληστερόλη.

Ανακοινώθηκε ότι η χοληστερόλη είναι η κύρια, σχεδόν μοναδική, στερόλη σε δείγματα σαρδέλας. Εκφράζοντας, την περιεκτικότητα σε χοληστερόλη ως mg/100g σάρκας σαρδέλας, διαπιστώθηκε ότι ήταν παρόμοια τόσο στα μη λιπαρά όσο και στα λιπαρά δείγματα με μέσες τιμές $88,0 \pm 12,2$ και $97,5 \pm 9,3$ mg/100 g σάρκας σαρδέλας, αντίστοιχα. Γενικά, η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη στη σάρκα σαρδέλας κυμαίνεται από 67 έως 131 mg/100 g σάρκας, είναι ανεξάρτητη από την περιεκτικότητα σε ολικό λίπος και σημαντικά χαμηλότερη από 300 mg των καθημερινών απαιτήσεων του ανθρώπινου οργανισμού (De Leonardis and Macciola, 2004).

Η θεωρία ότι η κατανάλωση θαλασσινών οδηγεί σε αύξηση των επιπέδων χοληστερόλης στο αίμα έρχεται να καταρριφθεί από σημαντικό αριθμό επιστημονικών μελετών που υποστηρίζουν ότι η χοληστερόλη που

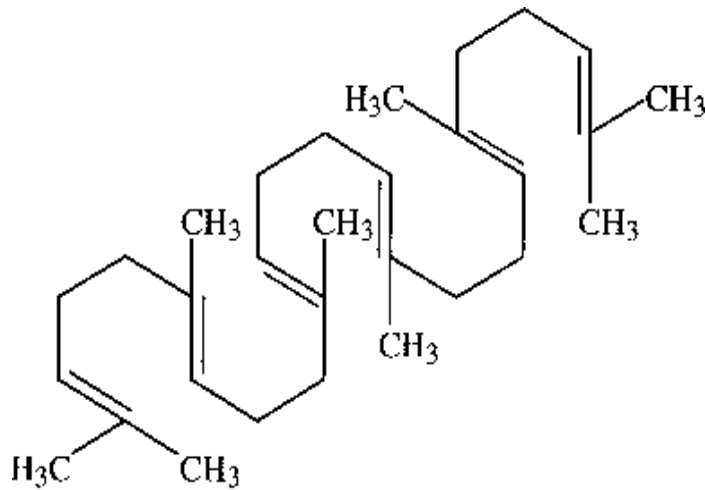
λαμβάνουμε μέσω της διατροφής μας δεν επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τα επίπεδα χοληστερόλης στο αίμα.

Αντί της διατροφικής χοληστερόλης, σημαντικότερο ρόλο στην αύξηση των επιπέδων χοληστερόλης στο αίμα φαίνεται πως διαδραματίζουν τα κορεσμένα λιπαρά, τα οποία βρίσκονται άφθονα σε τρόφιμα ζωικής προέλευσης, όπως είναι το κόκκινο κρέας και το βούτυρο, αλλά και στα γλυκά. Συνεπώς, ενώ τα αλιεύματα είναι σχετικά πλούσια σε χοληστερόλη, η κατανάλωσή τους δεν φαίνεται να επηρεάζει τη χοληστερόλη του αίματος, καθώς είναι φτωχά σε κορεσμένα λιπαρά.

Επιπλέον, τα αλιεύματα αποτελούν πολύ καλή πηγή ωφέλιμων ω-3 λιπαρών οξέων, τα οποία συμβάλλουν στη μείωση της συγκέντρωσης χοληστερόλης στο αίμα. Τα ω-3 λιπαρά οξέα συμμετέχουν επιπλέον στη ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης και βοηθούν στη βελτίωση της διάθεσής μας, ενώ, σύμφωνα με επιστημονικά δεδομένα, μπορούν να προστατέψουν από τον εκφυλισμό των εγκεφαλικών κυττάρων και την εμφάνιση νοητικών δυσλειτουργιών, καθώς και από την εμφάνιση ορισμένων τύπων καρκίνου.

2.3.6.3 Σκουαλένιο

Το σκουαλένιο είναι ένα τριτερπένιο πρόδρομος της σύνθεσης της χοληστερόλης, των στεροειδών ορμονών και της βιταμίνης D στον ανθρώπινο οργανισμό. Δομικά είναι μια συμμετρική ένωση με 30 άνθρακες που περιέχει έξι πρενυλικές μονάδες (επίσης γνωστό ισοπρενοειδές ή ισοπρένιο).



Squalene

Το σκουαλένιο αποκτήθηκε αρχικά για εμπορικούς σκοπούς κυρίως από έλαιο ήπατος φάλαινας και καρχαρία. Φυτικές πηγές του θεωρούνται το πίτουρο ρυζιού, το φύτρο σίτου, οι ελιές και το ελαιόλαδο. Το σκουαλένιο έχει προταθεί ότι είναι ένα σημαντικό συστατικό της Μεσογειακής διαίτας, όπως μπορεί να είναι μία χημική προστατευτική ουσία ενάντια στον καρκίνο (Smith, 2000).

Έχει ανακοινωθεί ότι το παρθένο ελαιόλαδο περιέχει 200-700mg σκουαλένιο /100g ελαίου ενώ το ραφινρισμένο ελαιόλαδο περιέχει 25% λιγότερο σκουαλένιο από το παρθένο (Owen *et al.*, 2000). Η μέση λήψη σκουαλενίου είναι 30 mg ημερησίως στις ΗΠΑ. Ωστόσο, με υψηλή κατανάλωση έξτρα παρθένου ελαιόλαδου, η λήψη μπορεί να φθάσει 200-400 mg ημερησίως, όπως παρατηρείται στις Μεσογειακές χώρες. Η υπάρχουσα βιβλιογραφία προτείνει ότι το 60 έως 80% του σκουαλενίου, προσλαμβάνεται μέσω της διατροφής (Smith, 2000). Επιπλέον, υπάρχουν τεκμήρια που καταδεικνύουν ότι μια ποσότητα σκουαλενίου που προσλαμβάνεται με τη διατροφή του ανθρώπου μετατρέπεται σε χοληστερόλη.

2.4 Έλεγχος παρατηρούμενων μεταβολών κατά τις επεξεργασίες

2.4.1 Έλεγχος Μεταβολών υγρασίας

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

Τα στάδια της μεθόδου είναι τα εξής: προετοιμασία του δείγματος, ζύγισμα, ξήρανση ψύξη και ζύγισμα εκ νέου. Σε ότι αφορά τον εξοπλισμό πρέπει να χρησιμοποιούνται αδρανή υλικά για την τοποθέτηση του δείγματος (π.χ. γυάλινα τρυβλία Petri ή πορσελάνη). Τα μεταλλικά σκεύη δεν συνιστώνται καθώς μπορεί να έχουν διαβρωτική δράση. Η μέθοδος παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία (0,1mg), είναι απλή, ταχεία, ακριβής και ενδείκνυται για μεγάλο αριθμό δειγμάτων (Τανανάκη, 2006).

2.4.2 Έλεγχος της τέφρας

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

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

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι μπορούν να αναλύονται ταυτόχρονα πολλά δείγματα, είναι απλή μέθοδος, είναι ασφαλής και δεν απαιτεί επικίνδυνες χημικές ουσίες.

Τα μειονεκτήματα είναι ότι η διαδικασία είναι χρονοβόρα (12-24h), οι κλίβανοι αποτέφρωσης είναι αρκετά δαπανηροί γιατί καταναλώνουν αρκετή ηλεκτρική ενέργεια (Τανανάκη, 2006).

2.4.3 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)
δέσμευσης χρώματος
- Μέθοδος Bradford (Τανανάκη, 2006).

2.4.4 Έλεγχος μεταβολών λιπαρών υλών

Μία γρήγορη μέθοδος για την εξαγωγή του λίπους προτάθηκε από τους [Bligh και Dyer \(1959\)](#) και βελτιώθηκε από τους [Hanson and Olley \(1963\)](#) και αφορά 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.

2.4.5 Έλεγχος της κατανομής των λιπαρών οξέων

Για τον έλεγχο της κατανομής των λιπαρών οξέων σε έλαιο ή σε λίπος με τη βοήθεια της αέρας χρωματογραφίας τα λιπαρά οξέα πρέπει να γίνουν περισσότερο πτητικά και σταθερά με την ποσοτική μετατροπή τους σε εστέρες των αλιφατικών 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 των λιπαρών οξέων, στη συνέχεια γίνεται η εστεροποίηση τους παρουσία του καταλύτη BF₃ και η ανάλυση τους σε αέριο χρωματογράφο.

2.4.6. Έλεγχος της χοληστερόλης

Η μέθοδος [Kovacs et al. \(1979\)](#) είναι μια αποδοτική μέθοδος και έχει αναπτυχθεί για τον προσδιορισμό της χοληστερόλης και μερικών φυτικών στερολών. Ο προσδιορισμός περιλαμβάνει τη 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 του χρόνου κατάψυξης στη μέση σύσταση ψητής σαρδέλας (*Sardina pilchardus*) σε διαφορετικούς χρόνους θερμικής επεξεργασίας.
2. της επίδρασης του χρόνου κατάψυξης και των διαφορετικών χρόνων επεξεργασίας στην κατανομή των λιπαρών οξέων και στην περιεκτικότητα τους με αέρια χρωματογραφία (GC)
3. της επίδρασης του χρόνου κατάψυξης και των διαφορετικών χρόνων επεξεργασίας στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη προσδιοριζόμενη με αέριο χρωματογραφία/ φασματομετρία μάζας (GC-MS).

4. Πειραματικό μέρος

4.1 Υλικά, όργανα και επεξεργασίες

4.1.1 Αλιεύματα

Η προμήθεια της πρώτης ύλης, σαρδέλας (*Sardina Pilchardus*) έγινε από τον προμηθευτή αλιευμάτων του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης την ημέρα αλίευσης. Τα δείγματα έφτασαν στο ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης (12.190 kg) σε διάστημα 1 ώρας και αμέσως μετά την άφιξη τους έγινε ο εκσπλαχνισμός, το καθάρισμα και η ζύγιση όλων των δειγμάτων πριν και μετά το στάδιο της επεξεργασίας. Ακολούθησε ζύγιση του 1/6 των δειγμάτων πριν και μετά το στάδιο της επεξεργασίας, τα υπόλοιπα 5/6 καταψύχθηκαν και η επεξεργασία 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 και οι διαλυτές που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη εργασία ήταν αναλυτικής ή HPLC καθαρότητας.

Για την ποιοτική ανάλυση των λιπαρών οξέων, χρησιμοποιήθηκε πρότυπο (Fame Fish CLA) 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 Kjeldahl FOSS τύπου Kjelttec 2200 για το προσδιορισμό των πρωτεϊνών
- Φυγόκεντρος Sorval RC-28S SUPRAspeed με ελεγχόμενη θερμοκρασία, για τον προσδιορισμό του λίπους
- Περιστροφικός συμπυκνωτής τύπου Bychi Re III για την απομάκρυνση του διαλύτη (χλωροφόρμιο) κατά τον προσδιορισμό του λίπους
- Ομογενοποιητής τύπου X620 CAT για την ομογενοποίηση των δειγμάτων για τον προσδιορισμό του λίπους
- Αέριος χρωματογράφος Focus GC (Thermo Finnigan, USA), με ανίχνευση ιονισμού φλόγας και αυτόματο δειγματολήπτη.
- Αέριος χρωματογράφος Trace GC Ultra (Thermo Finnigan, USA), με Polaris Q ion trap MS ανιχνευτή και αυτόματο δειγματολήπτη.
- Συσκευή θέρμανσης σταθερής θερμοκρασίας Multy-Blok του οίκου LAB-LINE, για την μεθυλεστεροποίηση των λιπαρών οξέων και τον προσδιορισμό της χοληστερόλης

4.2 Μεταχείριση δειγμάτων πριν την επεξεργασία

Κατά των χειρισμό της πρώτης ύλης τηρήθηκαν οι απαραίτητες συνθήκες υγιεινής.

Με την άφιξη των αλιευμάτων στον εργαστηριακό χώρο έγινε μέτρηση του βάρους και του μήκους (Πίνακας 2) και στη συνέχεια αφού τα δείγματα πλύθηκαν ακολούθησε η απομάκρυνση των λεπιών, του κεφαλιού, της ουράς, των πτερυγίων, των εντοσθίων και του αίματος, ώστε να διαχωριστεί μόνο το εδώδιμο μέρος. Για το καθάρισμα των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν καθαρά μαχαίρια και νερό πλύσης σε συνθήκες ψύξης. Οι απώλειες από την απομάκρυνση κεφαλής, εντοσθίων και το πλύσιμο των δειγμάτων σαρδέλας ήταν 3,39 kg άρα η ποσότητα που αξιοποιήθηκε ήταν 8,800 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.

Πίνακας 2. Μέσοι όροι του βάρους και του μήκους των δειγμάτων Σαρδέλας (*Sardina pilchardus*) που εξετάστηκαν

Είδος	Βάρος (g)	Μήκος (cm)
Σαρδέλα	13 ± 1	17,56 ± 2,09

4.2.1 Ψήσιμο

Το στάδιο του ψησίματος διεξήχθη σε φούρνο με χρήση αλουμινένιων ταψιών τα οποία καλύφθηκαν με αλουμινόχαρτο. Εφαρμόστηκαν χρόνοι επεξεργασίας 15, 30, και 45 λεπτών. Η θερμοκρασία του φούρνου ήταν της τάξης των 200°C.

4.3 Μέθοδοι ανάλυσης

4.3.1. 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. Τα δείγματα στη συνέχεια μεταφέρθηκαν σε φούρνο στους 100±2°C, μέχρι σταθερού βάρους για τουλάχιστον 24 ώρες. Στη συνέχεια τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ξηραντήρα ώστε να αποκτήσουν τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και ακολούθησε η ακριβής ζύγιση τους.

Αρχικό βάρος-Τελικό βάρος

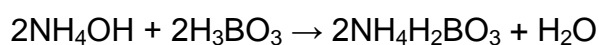
$$\% \text{ Υγρασία} = \frac{\text{Αρχικό βάρος} - \text{Τελικό βάρος}}{\text{Βάρος Δείγματος}} \times 100$$

4.3.2 Προσδιορισμός πρωτεϊνών

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

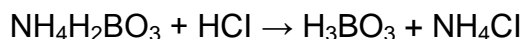
Περίπου 1 g σάρκας δείγματος ζυγίστηκαν με ακρίβεια σε αναλυτικό ζυγό μέσα σε άτεφρο ηθμό. Το δείγμα τυλίχτηκε προσεκτικά με τον ηθμό και εισήλθε σε φιάλη Kjeldahl. Στη φιάλη προστέθηκαν δύο ταμπλέτες (Kjeldahl) (3,5g K₂SO₄ και 0,4g CuSO₄ × 5H₂O) και 20 mL 98% πυκνό θειικό οξύ. Η φιάλη στην συνέχεια θερμάνθηκε στους 400 – 800 °C σε ειδικό μπλοκ θέρμανσης, μέχρι το περιεχόμενο να γίνει πράσινο (λόγω θειικού χαλκού) και διαυγές, για περίπου 2 ώρες.

Μετά την καύση της οργανικής ύλης, που έχει ως αποτέλεσμα τη μετατροπή της οργανικής ύλης σε αμμωνιακό άλας (NH₄HSO₄), ακολούθησε απόσταξη κατά την οποία, κάτω από έντονα αλκαλικό περιβάλλον (προσθήκη NaOH 50%) και με σημαντική συμμετοχή της θέρμανσης απελευθερώθηκε αμμωνία (σε αέρια μορφή) η οποία διέφυγε από την άκρη της αποστακτικής συσκευής και δεσμεύτηκε από βορικό οξύ 40 mL 2 – 4%. Το βορικό οξύ που βρισκόταν σε κωνική φιάλη τοποθετήθηκε στο τελευταίο άκρο της συσκευής απόσταξης, το οποίο ήταν εμβαπτισμένο μέσα στο οξύ έτσι ώστε να μην επιτρέπεται στην αμμωνία να διαφεύγει στο περιβάλλον, αλλά να δεσμεύεται αμέσως από το βορικό οξύ.



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

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



4.3.3 Προσδιορισμός ολικού λίπους

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

Ζυγίστηκαν με ακρίβεια 30 g δείγματος σε φιάλη ομογενοποίησης 250 mL. Προστέθηκε στη συνέχεια συγκεκριμένη ποσότητα νερού, ανάλογα με την υγρασία του δείγματος, ώστε να ρυθμιστεί η συνολική ποσότητα νερού στα 16 mL ανά 10g δείγματος.

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

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

Μετά την φυγοκέντρηση και με τη βοήθεια σιφωνίου πληρώσεως πάρθηκαν 20 mL καθαρού χλωροφορμίου από την πυθμένα της κάθε φιάλης φυγοκέντρησης και μεταφέρθηκαν σε αποξηραμένη και προζυγισμένη φιάλη του περιστροφικού συμπυκνωτή όπου ακολούθησε η απομάκρυνση του χλωροφορμίου. Μετά τη συμπύκνωση η φιάλη με το λίπος τοποθετήθηκε σε φούρνο θερμοκρασίας 100±2°C για 15 min. Στη συνέχεια οι φιάλες

τοποθετήθηκαν σε ξηραντήρα για να κρυώσουν (περίπου 10 min) και ζυγίστηκαν εκ νέου.

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

4.3.4 Υπολογισμός τέφρας

Ο υπολογισμός της τέφρας πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την πρώτη μέθοδο [AOAC \(1990\)](#).

Σε αναλυτικό ζυγό ζυγίστηκε το βάρος της κάψας και στη συνέχεια προστέθηκαν 3 g δείγματος. Τα δείγματα θερμάνθηκαν σε ηλεκτρικό μάτι για περίπου 2 h και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε κλίβανο αποτέφρωσης μέχρι σταθερού βάρους για 24 h στους 550°C. Το δείγμα μεταφέρθηκε σε ξηραντήρα για ψύξη και ακλούθησε η ακριβής ζύγιση του. Το αποτέλεσμα υπολογίστηκε από τον παρακάτω τύπο:

$$\% \text{ περιεχόμενη τέφρα} = \frac{B1 - B2}{\text{Βάρος Δείγματος}} \times 100$$

B1: βάρος κάψας μετά την αποτέφρωση

B2: βάρος κάψας πριν την αποτέφρωση

4.3.5 Προσδιορισμός μεθυλεστέρων λιπαρών οξέων (FAME)

Η μεθυλεστεροποίηση των λιπαρών οξέων έγινε με μια απλή και γρήγορη μέθοδο ([Zotos et al., 1995](#)). Η μέτρηση των μεθυλεστέρων λιπαρών οξέων (FAME) έγινε με 2 επαναλήψεις για κάθε δείγμα.

Έγινε πρώτα η εκχύλιση του λίπους όπως περιγράφηκε (4.3.3), χωρίς το στάδιο της ξήρανσης στο φούρνο.

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

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

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°C μέχρι την ανάλυση τους στον αέριο χρωματογράφο. Η λειτουργία του αέριου χρωματογράφου έγινε στις παρακάτω συνθήκες: στήλη AT AquaWax 60 m x 0,25 mm ID, thickness 0,25 μm (Alltech, USA), έγχυση 1 μL δείγματος, σε θερμοκρασία 220°C και splitless mode με χρόνο splitless 0,80s, φέρων αέριο ήλιο με ρυθμό ροής 1,2 mL/min, ανίχνευση ιονισμού φλόγας (FID) σε θερμοκρασία 250°C. Ο διαχωρισμός λιπαρών οξέων έγινε με το ακόλουθο θερμοκρασιακό πρόγραμμα φούρνου (στήλης): αρχική θερμοκρασία 150 °C για 1 min, ρυθμός αύξησης θερμοκρασίας 3°C/ min μέχρι 220°C, τελική θερμοκρασία φούρνου 220°C, παραμονή στους 220°C για 52 min, και συνολικός χρόνος ανάλυσης δείγματος 76 min.

4.3.6 Προσδιορισμός χοληστερόλης

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

Έγινε πρώτα εκχύλιση το λίπος όπως περιγράφηκε (4.3.3) χωρίς το στάδιο της ξήρανσης στο φούρνο.

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

Μετά τη θέρμανση τα φιαλίδια αφέθηκαν να κρυώσουν και προστέθηκαν σε αυτά 1,5 mL αποσταγμένου νερού και ανάδευση σε αναδευτήρα δοκιμαστικών σωλήνων. Ακολούθησε εκχύλιση 4 φορές με 2,5 mL εξάνιο την κάθε φορά και με ανάδευση σε αναδευτήρα δοκιμαστικών σωλήνων για 30 s σε κάθε εκχύλιση. Σε κάθε εκχύλιση τα φιαλίδια αφέθηκαν σε ηρεμία για να επιτραπεί ο διαχωρισμός του εξανίου το οποίο στη συνέχεια σιφωνίστηκε με πιπέτα Pasteur. Τα συνολικά 7-8 mL εξανίου που εκχυλίστηκαν από αυτή την διαδικασία τοποθετήθηκαν σε φιάλη συμπύκνωσης και ακολούθησε συμπύκνωση μέχρι ξηρού σε περιστροφικό συμπυκνωτή. Μετά το πέρας της συμπύκνωσης το περιεχόμενο διαλύθηκε σε 3 mL χλωροφορμίου, το οποίο παρατηρήθηκε ότι είναι ο καλύτερος διαλύτης της χοληστερόλης, και μεταφέρθηκε σε σκοτεινόχρωμο φιαλίδιο ειδικό για συντήρηση δειγμάτων. 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 – 5MS 30 m x 0,25 mm ID, thickness 0,25 μm (Alltech, USA), έγχυση 1 μL δείγματος, σε θερμοκρασία 230°C και splitless mode με χρόνο splitless 0,80s, φέρων αέριο ήλιο με ρυθμό ροής 1,2 mL/min, λειτουργία μάζας σε Full Scan με mass range 60 – 440m/z, σε positive mode,

θερμοκρασία MS liner 285°C, θερμοκρασία πηγής ιόντων 220°C, χρόνος ανίχνευσης 7,5 λεπτά μετά την έγχυση του δείγματος και ταχύτητα ανίχνευσης 0,20s. Ο διαχωρισμός χοληστερόλης έγινε με το ακόλουθο θερμοκρασιακό πρόγραμμα φούρνου (στήλης): αρχική θερμοκρασία 200°C για 1 min, ρυθμός αύξησης θερμοκρασίας 10°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.

4.3.7 Στατιστική ανάλυση

Εφαρμόστηκε η ανάλυση της διακύμανσης ενός παράγοντα (one way ANOVA) στις μεταβλητές για να διαπιστωθούν ενδεχόμενες στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα επίπεδα (χρόνοι επεξεργασίας (ψήσιμο). 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. Ο έλεγχος της κανονικής κατανομής έγινε μέσω του ελέγχου Ryan-Joiner και η ομοιογένεια των διακυμάνσεων με τον έλεγχο Levene.

Επίσης εξετάστηκε η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών.

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

5 Αποτελέσματα – Θέματα για συζήτηση

5.1 Μεταβολές στην απώλεια βάρους

Από τους πίνακες 3 έως 8 μπορεί να παρατηρηθεί ότι η απώλεια βάρους ήταν ανάλογη της εφαρμοζόμενης επεξεργασίας. Έτσι ο μακρύτερος χρόνος επεξεργασίας οδήγησε σε υψηλότερες απώλειες, επίσης, η επεξεργασία της κατάψυξης είχε ως αποτέλεσμα την επιπλέον αύξηση των απωλειών. Υψηλότερες απώλειες, όπως ήταν αναμενόμενο, παρατηρήθηκαν στα δείγματα που παρέμειναν για τέσσερις (4) μήνες στην κατάψυξη και ακολούθησε η επεξεργασία του ψησίματος. Τα αποτελέσματα αυτά έμμεσα δείχνουν μεταβολές στα πρωτεϊνικά μόρια τόσο κατά την επεξεργασία της κατάψυξης όσο και κατά τη διάρκεια παραμονής των δειγμάτων σαρδέλας σε συνθήκες κατάψυξης.

Πίνακας 3. Απώλεια βάρους % κατά την επεξεργασία ψησίματος στα νωπά δείγματα σαρδέλας

Χρόνος(min)	Αρχικό Βάρος (g)	Τελικό Βάρος(g)	Απώλεια Βάρους (g)	Απώλεια Βάρους%
15'	410,6	337,2	73,4	17,88
30'	385,7	260,5	125,2	32,46
45'	405,2	227,8	177,4	43,78

Πίνακας 4. Απώλεια βάρους % κατά την επεξεργασία ψησίματος στα δείγματα σαρδέλας μετά από 3 μέρες κατάψυξης

Χρόνος(min)	Αρχικό Βάρος (g)	Τελικό Βάρος(g)	Απώλεια Βάρους (g)	Απώλεια Βάρους%
15'	343,7	276	67,7	19,70
30'	315	193,3	121,7	38,63
45'	335	172,2	162,8	48,59

Πίνακας 5. Απώλεια βάρους % κατά την επεξεργασία ψησίματος στα δείγματα σαρδέλας μετά από 30 μέρες κατάψυξης

Χρόνος(min)	Αρχικό Βάρος (g)	Τελικό Βάρος(g)	Απώλεια Βάρους (g)	Απώλεια Βάρους%
15'	392,7	321,3	81,4	20,73
30'	394,7	234,9	159,8	40,49
45'	389,6	189,6	200	51,33

Πίνακας 6. Απώλεια βάρους % κατά την επεξεργασία ψησίματος στα δείγματα σαρδέλας μετά από 60 μέρες κατάψυξης

Χρόνος(min)	Αρχικό Βάρος (g)	Τελικό Βάρος(g)	Απώλεια Βάρους (g)	Απώλεια Βάρους%
15'	360,4	282,0	78,4	21,75
30'	358,7	212,2	146,5	40,84
45'	372,7	177,4	195,3	52,40

Πίνακας 7. Απώλεια βάρους % κατά την επεξεργασία ψησίματος στα δείγματα σαρδέλας μετά από 90 μέρες κατάψυξης

Χρόνος(min)	Αρχικό Βάρος (g)	Τελικό Βάρος(g)	Απώλεια Βάρους (g)	Απώλεια Βάρους%
15'	384,8	299,9	84,9	22,06
30'	399,4	238,9	160,5	40,18
45'	390,8	181,7	209,1	53,51

Πίνακας 8. Απώλεια βάρους % κατά την επεξεργασία ψησίματος στα δείγματα σαρδέλας μετά από 120 μέρες κατάψυξης

Χρόνος(min)	Αρχικό Βάρος (g)	Τελικό Βάρος(g)	Απώλεια Βάρους (g)	Απώλεια Βάρους%
15'	404,2	308,5	95,7	23,68
30'	384,8	219	165,8	43,08
45'	398,4	180,2	218,2	54,77

5.2. Επίδραση της κατάψυξης στα δείγματα φιλέτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*).

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τον πίνακα 9 και 10 δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση σύσταση των δειγμάτων σαρδέλας κατά την κατάψυξη των 4 μηνών. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν 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 9. Μεταβολές στην % μέση σύσταση δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*) κατά τη διάρκεια κατάψυξης 120 ημερών, (επί υγρού).

%	Νωπό	ΜΚ	Δεκέμβριος	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος
ΥΓΡΑΣΙΑ	74,00 ^a ±0,78	73,93 ^a ±0,87	73,88 ^a ±1,11	73,54 ^a ±1,09	73,57 ^a ±1,42	74,00 ^a ±1,09
ΤΕΦΡΑ	1,54 ^a ±0,39	1,55 ^a ±0,95	1,55 ^a ±0,23	1,54 ^a ±0,42	1,50 ^a ±0,35	18,59 ^a ±1,05
ΛΙΠΟΣ	5,52 ^a ±0,89	5,90 ^a ±0,79	5,80 ^a ±1,09	5,81 ^a ±0,65	6,14 ^a ±1,26	5,78 ^a ±0,39
ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	18,68 ^a ±0,9	18,44 ^a ±1,01	18,43 ^a ±0,42	18,75 ^a ±1,79	18,46 ^a ±0,60	1,49 ^a ±0,47

ΜΚ Μετά την κατάψυξη

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

Πίνακας 10. Μεταβολές στην % μέση σύσταση δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*) κατά τη διάρκεια κατάψυξης 120 ημερών, (επί ξηρού).

%	Νωπό	ΜΚ	Δεκέμβριος	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος
ΥΓΡΑΣΙΑ	74,00 ^a ±0,78	73,93 ^a ±0,87	73,88 ^a ±1,11	73,54 ^a ±1,09	73,57 ^a ±1,42	74,00 ^a ±1,09
ΤΕΦΡΑ	5,92 ^a ±0,39	5,95 ^a ±0,95	5,93 ^a ±0,23	5,82 ^a ±0,42	5,68 ^a ±0,35	5,73 ^a ±0,47
ΛΙΠΟΣ	21,13 ^a ±0,89	22,63 ^a ±0,79	22,21 ^a ±1,09	21,96 ^a ±0,65	23,23 ^a ±1,26	22,23 ^a ±0,39
ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ	71,85 ^a ±0,95	70,73 ^a ±1,01	70,56 ^a ±0,42	70,86 ^a ±1,79	69,85 ^a ±0,60	71,50 ^a ±1,05

ΜΚ Μετά την κατάψυξη

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

5.3 Επίδραση της επεξεργασίας του ψησίματος 15, 30 και 45 λεπτών

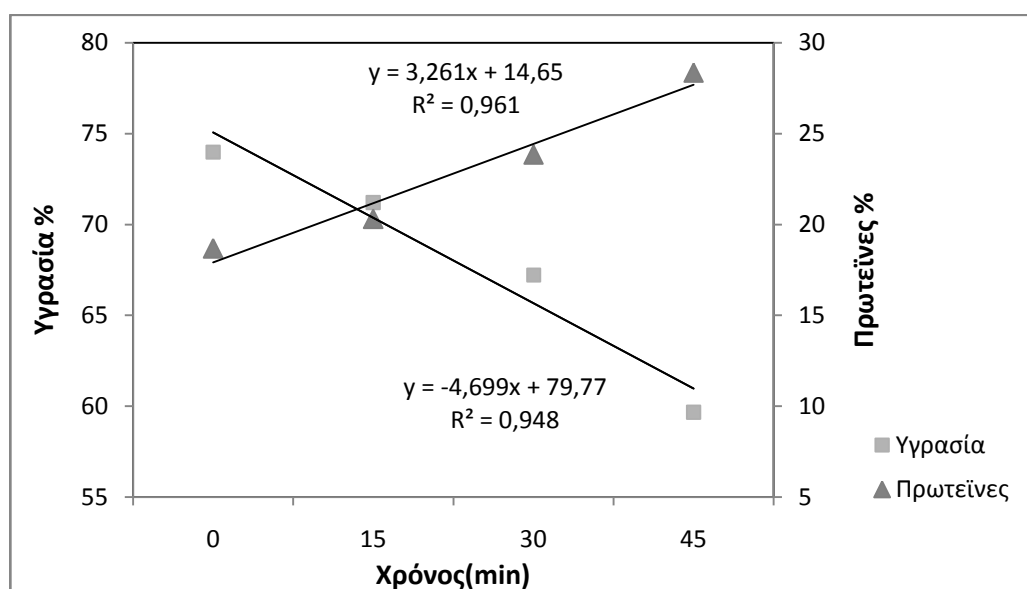
5.3.1. Επίδραση του ψησίματος σε 3 διαφορετικούς χρόνους στη μέση σύσταση νωπής σαρδέλας (*Sardina pilchardus*).

Η περιεκτικότητα της νωπής σαρδέλας σε υγρασία μειώθηκε σημαντικά με την αύξηση του χρόνου ψησίματος (πίνακας 11). Η χαμηλότερη τιμή υγρασίας παρατηρήθηκε σε χρόνο ψησίματος 45min και ήταν 59.66% (πίνακας 3), που δείχνει ότι ο χρόνος ψησίματος επηρεάζει σημαντικά την περιεκτικότητα σε υγρασία, όπως ήταν αναμενόμενο. Η μείωση της υγρασίας ακολουθήθηκε από αύξηση της περιεκτικότητας των λοιπών συστατικών (πρωτεΐνες, λίπος και τέφρα) (πίνακας 11). Οι ανωτέρω μεταβολές, στα αποτελέσματα επί υγρού, ήταν μάλιστα γραμμικές, έτσι η γραμμική μείωση της υγρασίας ($R^2=0,9486$) εκφράστηκε με ταυτόχρονη γραμμική αύξηση των πρωτεϊνών ($R^2=0,9615$) (Σχήμα 1) και γραμμική αύξηση της τέφρας ($R^2=0,9915$) (Σχήμα 2). Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι πρέπει να αποφεύγεται ο μακρύς χρόνος επεξεργασίας για το ψήσιμο της σαρδέλας. Η έκφραση των αποτελεσμάτων επί ξηρού ανέδειξε ότι μόνο η τέφρα ήταν το συστατικό που μεταβλήθηκε σημαντικά και μάλιστα επηρεάστηκε μόνο από την επεξεργασία του ψησίματος και όχι από το χρόνο ψησίματος (Πίνακας 12).

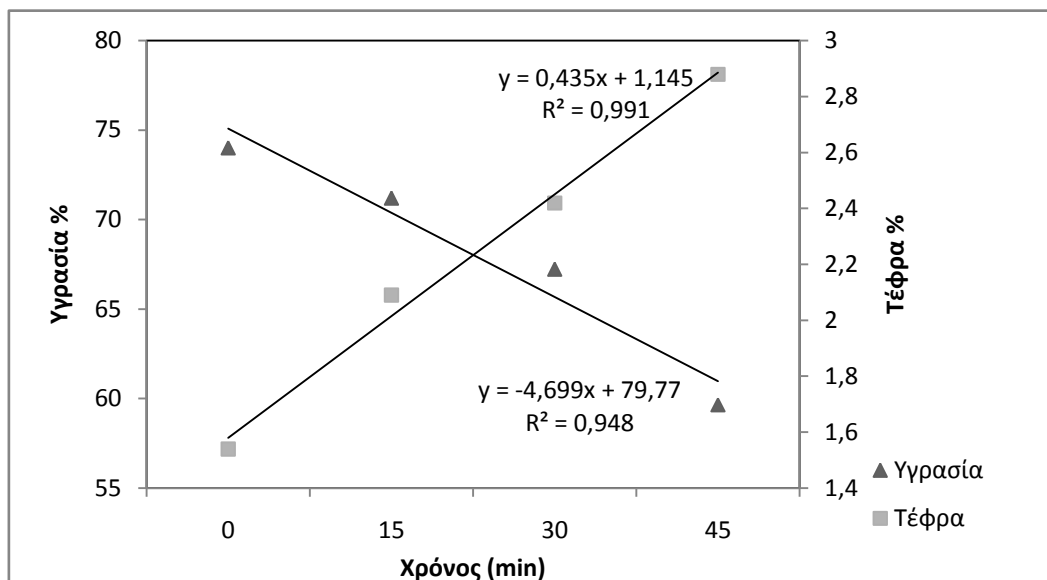
Πίνακας 11. Μεταβολές στη μέση σύσταση δειγμάτων νωπής σαρδέλας (*Sardina pilchardus*) κατά τη διάρκεια ψησίματος 15, 30, 45 λεπτών (επί υγρού).

%	Νωπό	15min	30min	45min
ΥΓΡΑΣΙΑ	74,00 ^a ±0,78	71,20 ^b ±0,25	67,23 ^c ±1,53	59,66 ^d ±1,06
ΤΕΦΡΑ	1,54 ^a ±0,39	2,09 ^b ±0,84	2,42 ^c ±0,33	2,88 ^d ±0,76
ΛΙΠΟΣ	5,52 ^a ±0,89	6,20 ^b ±1,04	6,40 ^b ±1,38	8,80 ^c ±1,85
ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	18,68 ^a ±0,90	20,31 ^b ±1,79	23,85 ^c ±1,05	28,37 ^d ±0,53

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



Σχήμα 1: Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολών υγρασίας - πρωτεϊνών ψητής νωπής σαρδέλας σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος (επί υγρού).



Σχήμα 2: Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολής τέφρας – υγρασίας νωπής σαρδέλας σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος (επί υγρού).

Πίνακας 12. Μεταβολές στη μέση σύσταση δειγμάτων νωπής σαρδέλας (*Sardina pilchardus*) κατά τη διάρκεια ψησίματος 15, 30, 45 λεπτών (επί ξηρού).

%	Νωπό	15min	30min	45min
ΥΓΡΑΣΙΑ	74,00 ^a ±0,78	71,20 ^b ±0,25	67,23 ^c ±1,53	59,66 ^d ±1,06
ΤΕΦΡΑ	5,92 ^a ±0,39	7,26 ^b ±0,84	7,38 ^b ±0,33	7,14 ^b ±0,76
ΛΙΠΟΣ	21,23 ^a ±0,89	21,52 ^a ±1,04	21,50 ^a ±1,38	21,81 ^a ±1,85
ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	71,85 ^a ±0,90	70,52 ^a ±1,79	71,22 ^a ±1,05	70,33 ^a ±0,22

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

5.3.2.Επίδραση του ψησίματος σε 3 διαφορετικούς χρόνους στη μέση σύσταση σαρδέλας (*Sardina pilchardus*) μετά από 3 μέρες κατάψυξης.

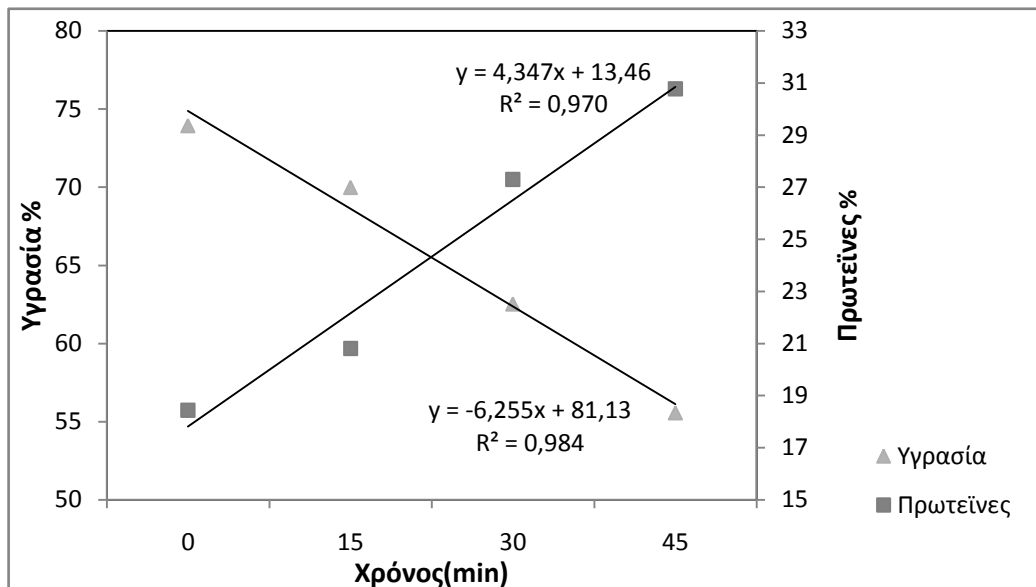
Η περιεκτικότητα της σαρδέλας σε υγρασία, μετά από 3 μέρες κατάψυξης, μειώθηκε επίσης σημαντικά (πίνακας 13). Η χαμηλότερη τιμή υγρασίας παρατηρήθηκε στα 45min χρόνου ψησίματος και ήταν 55,56%, χαμηλότερη τιμή σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή της νωπής σαρδέλας (πίνακας 11), που δείχνει ότι η κατάψυξη είχε κάποια επίδραση στη μετουσίωση των πρωτεϊνών η οποία όμως δεν ανιχνεύθηκε με την ανάλυση των μη επεξεργασμένων δειγμάτων σαρδέλας. Η μείωση της υγρασίας ακολουθήθηκε από αύξηση της περιεκτικότητας των λοιπών συστατικών (πρωτεΐνες, λίπος και τέφρα) (πίνακας 11). Οι ανωτέρω μεταβολές, στα αποτελέσματα επί υγρού, ήταν μάλιστα γραμμικές, έτσι η γραμμική μείωση της υγρασίας ($R^2=0,9847$) εκφράστηκε με ταυτόχρονη γραμμική αύξηση των πρωτεϊνών ($R^2=0,9709$) (Σχήμα 4), γραμμική αύξηση της τέφρας ($R^2=0,9816$) και γραμμική αύξηση του λίπους ($R^2=0,901$) (Σχήμα 5)(Σχήμα 6). Η έκφραση των αποτελεσμάτων επί ξηρού ανέδειξε ότι, όπως και κατά την επεξεργασία των νωπών δειγμάτων, μόνο η τέφρα ήταν το συστατικό που μεταβλήθηκε σημαντικά και μάλιστα επηρεάστηκε μόνο από την επεξεργασία του ψησίματος και όχι από το χρόνο ψησίματος (Πίνακας 14).

Πίνακας 13. Μεταβολές στη μέση σύσταση δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*), μετά από 3 μέρες κατάψυξης, κατά τη διάρκεια ψησίματος 15, 30, 45 λεπτών (επί υγρού).

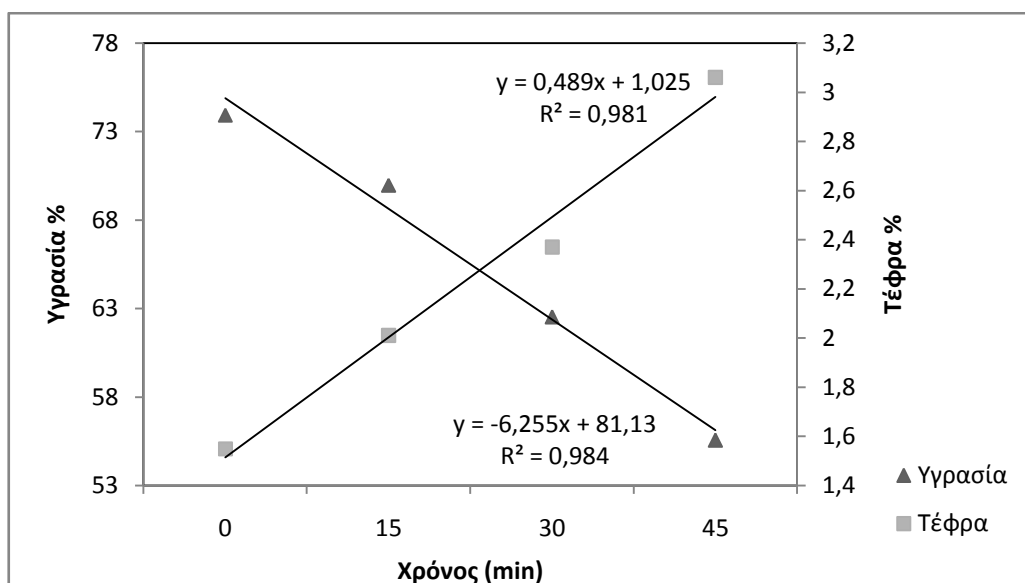
%	ΜΚ ΜΕ	ΜΚ 15min	ΜΚ 30min	ΜΚ 45min
ΥΓΡΑΣΙΑ	73,93 ^a ±0,87	69,97 ^b ±0,48	62,53 ^c ±0,68	55,56 ^d ±0,72
ΤΕΦΡΑ	1,55 ^a ±0,95	2,01 ^b ±0,86	2,37 ^c ±0,41	3,06 ^d ±0,56
ΛΙΠΟΣ	5,90 ^a ±0,79	6,85 ^b ±0,87	7,50 ^c ±1,92	10,15 ^d ±1,09
ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	18,44 ^a ±1,01	20,81 ^b ±2,15	27,29 ^c ±1,01	30,77 ^d ±1,09

ΜΚ Μετά την κατάψυξη, ΜΕ μη επεξεργασμένο

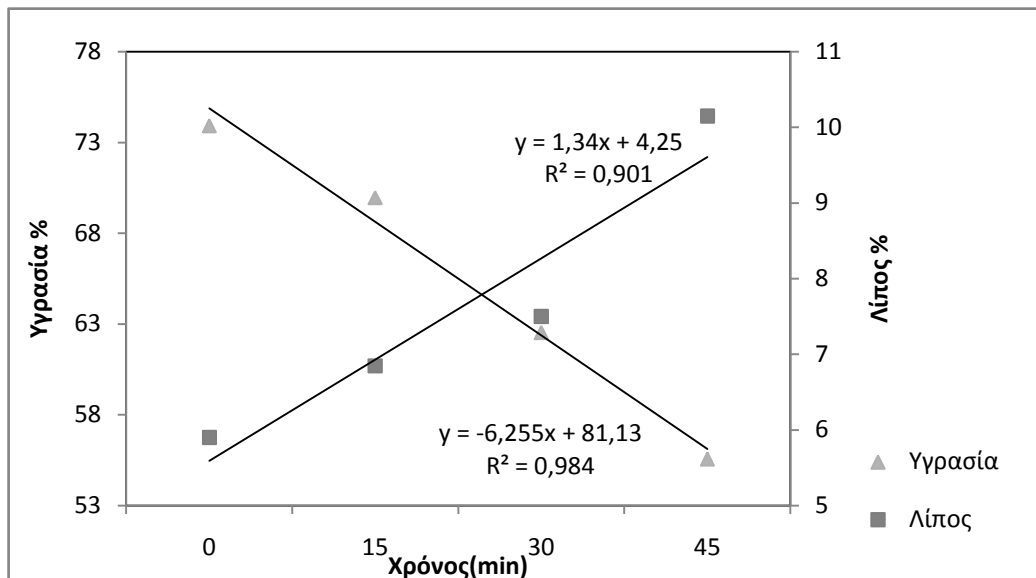
Οι τιμές είναι ο μέσος όρος τριών (3) επαναλήψεων ± η τυπική απόκλιση. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p<0,05$).



Σχήμα 4: Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολών υγρασίας - πρωτεϊνών ψητής σαρδέλας μετά από 3 μέρες κατάψυξης σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος (επί υγρού).



Σχήμα 5: Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολών υγρασίας - τέφρας ψητής σαρδέλας μετά από 3 μέρες κατάψυξης σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος (επί υγρού).



Σχήμα 6: Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολών υγρασίας - λίπους ψητής σαρδέλας μετά από 3 μέρες κατάψυξης σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος (επί υγρού).

Πίνακας 14. Μεταβολές στη μέση σύσταση δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*), μετά από 3 μέρες κατάψυξης, κατά τη διάρκεια ψησίματος 15, 30, 45 λεπτών (επί ξηρού).

%	ΜΚ ΜΕ	ΜΚ 15min	ΜΚ 30min	ΜΚ 45min
ΥΓΡΑΣΙΑ	73,93 ^a ±0,87	69,97 ^b ±0,48	62,53 ^c ±0,68	55,56 ^d ±0,72
ΤΕΦΡΑ	5,95 ^a ±0,95	6,69 ^b ±0,86	6,33 ^b ±0,41	6,89 ^b ±0,56
ΛΙΠΟΣ	22,63 ^a ±0,79	22,81 ^a ±0,87	22,02 ^a ±1,92	22,84 ^a ±1,09
ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	70,73 ^a ±1,01	69,30 ^a ±2,15	70,83 ^a ±1,01	69,24 ^a ±1,09

ΜΚ Μετά την κατάψυξη, ΜΕ μη επεξεργασμένο

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

5.3.3. Επίδραση 30 ημερών κατάψυξης στη μέση σύσταση ψημένων σε 3 διαφορετικούς χρόνους δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*).

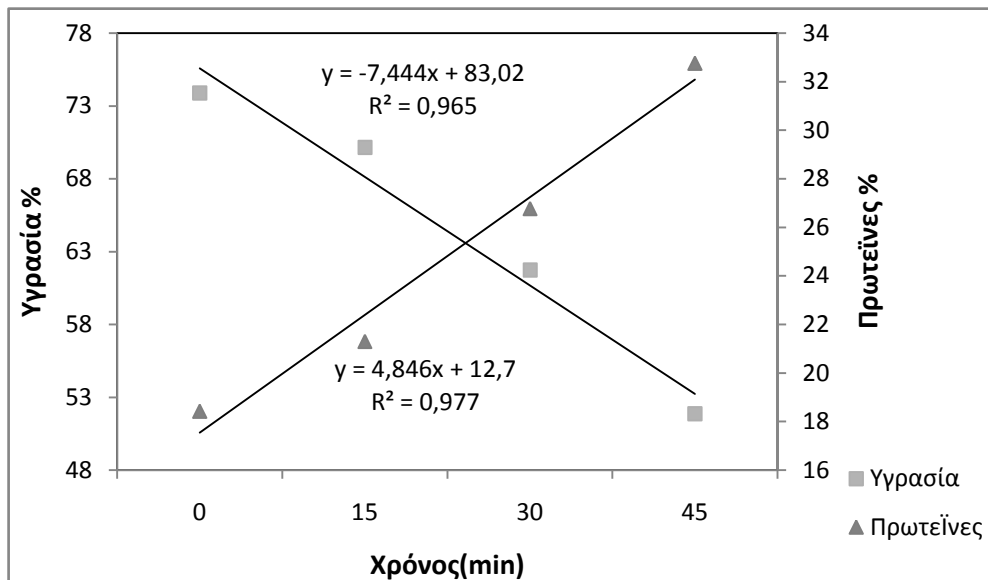
Η περιεκτικότητα της σαρδέλας σε υγρασία, ένα 30 ημέρες μετά τη κατάψυξη, μειώθηκε επίσης σημαντικά (πίνακας 15). Η χαμηλότερη τιμή υγρασίας παρατηρήθηκε επίσης στα 45min χρόνου ψησίματος και ήταν 51,87% (Πίνακας 15). Το ποσοστό της υγρασίας στα 45min ψησίματος ήταν χαμηλότερο από το αντίστοιχο των νωπών και των δειγμάτων αμέσως μετά τη κατάψυξη, που δείχνει ότι η κατάψυξη του ενός μηνός είχε εντονότερη επίδραση στη μετουσίωση των πρωτεϊνών. Οι ανωτέρω μεταβολές, στα αποτελέσματα επί υγρού, ήταν μάλιστα γραμμικές, έτσι η γραμμική μείωση της υγρασίας ($R^2=0,9654$) εκφράστηκε με ταυτόχρονη γραμμική αύξηση των πρωτεϊνών ($R^2=0,9779$) (Σχήμα 7), γραμμική αύξηση της τέφρας ($R^2=0,9471$) και γραμμική αύξηση του λίπους ($R^2=0,9287$) (Σχήμα 8, Σχήμα 9). Στα αποτελέσματα επί ξηρής βάσης στη περίπτωση των δειγμάτων σαρδέλας που παρέμειναν για 30 ημέρες στην κατάψυξη πριν την επεξεργασία τους παρατηρήθηκαν μεταβολές σε όλα τα συστατικά. Έτσι, ενώ η τέφρα παρουσίασε την ίδια μεταβολή όπως και στα προηγούμενα δείγματα, το λίπος παρουσίασε σημαντική αύξηση στα δείγματα σαρδέλας που ψήθηκαν για 30 και κυρίως 45min, η οποία ακολουθήθηκε από αντίστοιχη μείωση των πρωτεϊνών (Πίνακας 16, Σχήμα 10).

Πίνακας 15. Μεταβολές στη μέση σύσταση δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*), μετά την κατάψυξη 30 ημερών, κατά τη διάρκεια ψησίματος 15, 30, 45 λεπτών (επί υγρού).

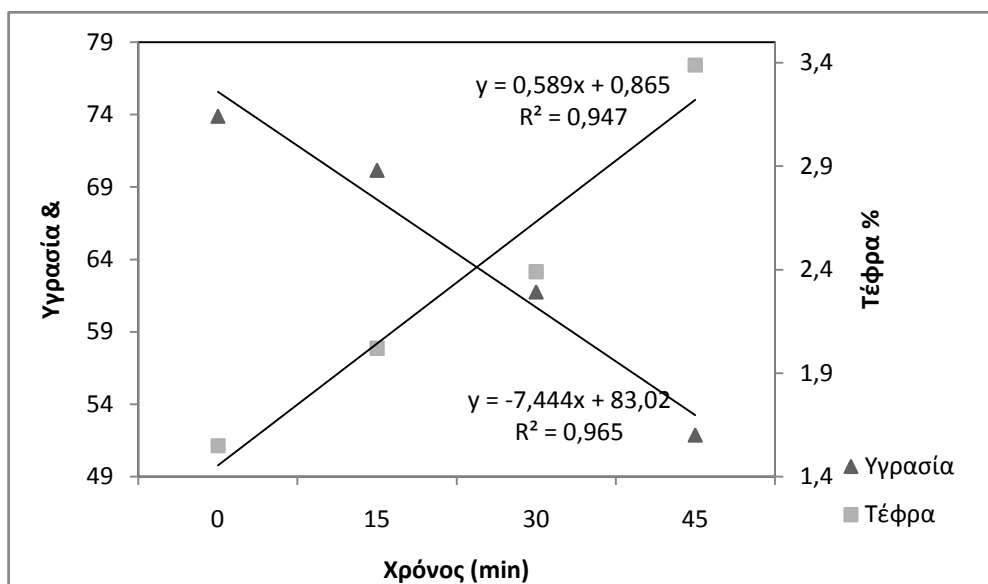
%	ΜΕ Δεκέμβριος	15min Δεκέμβριος	30min Δεκέμβριος	45min Δεκέμβριος
ΥΓΡΑΣΙΑ	73,88 ^a ±1,11	70,15 ^b ±0,90	61,74 ^c ±0,89	51,87 ^d ±0,73
ΤΕΦΡΑ	1,55 ^a ±0,23	2,02 ^b ±0,27	2,39 ^c ±0,15	3,39 ^d ±0,64
ΛΙΠΟΣ	5,80 ^a ±1,09	6,29 ^b ±0,79	8,88 ^c ±1,18	11,79 ^d ±1,81
ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	18,43 ^a ±0,42	21,30 ^b ±0,70	26,77 ^c ±0,26	32,76 ^d ±0,73

ΜΕ μη επεξεργασμένο

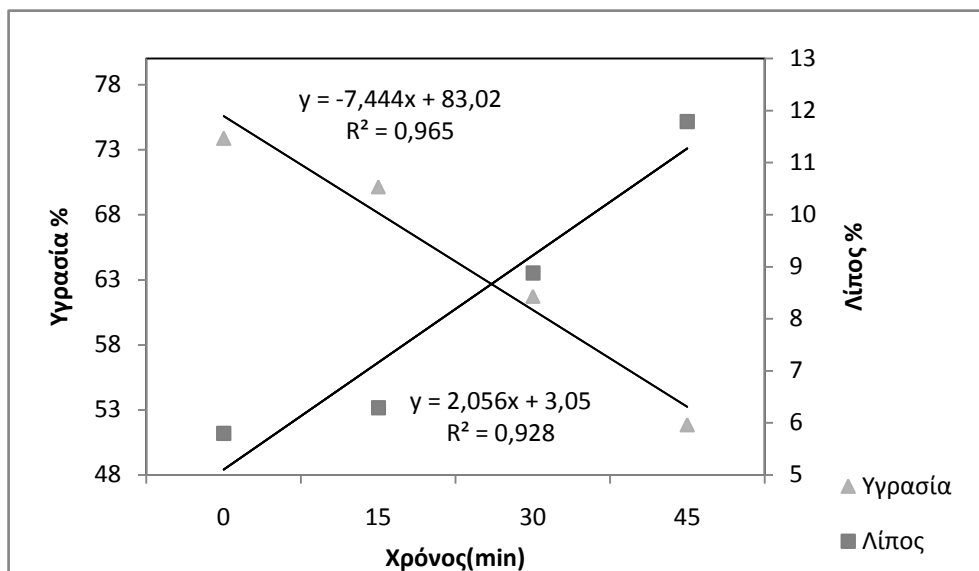
Οι τιμές είναι ο μέσος όρος τριών (3) επαναλήψεων ± η τυπική απόκλιση. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p<0,05$).



Σχήμα 7: Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολών υγρασίας - πρωτεϊνών ψητής σαρδέλας μετά από κατάψυξη 30 ημερών σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος (επί υγρού).



Σχήμα 8: Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολών υγρασίας - τέφρας ψητής σαρδέλας μετά από κατάψυξη 30 ημερών σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος (επί υγρού).



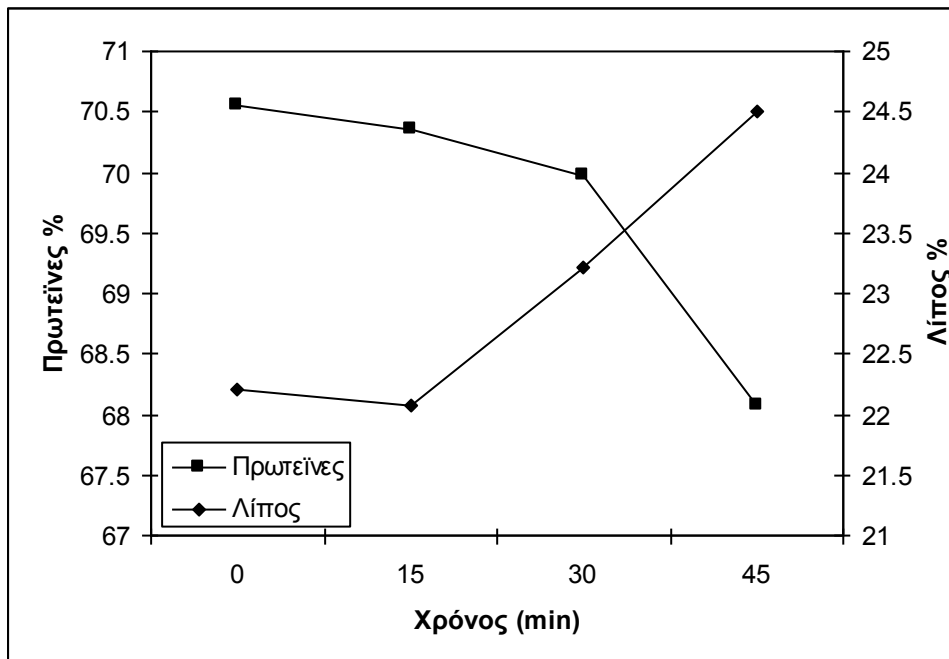
Σχήμα 8: Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολών υγρασίας - λίπους ψητής σαρδέλας μετά από κατάψυξη 30 ημερών σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος (επί υγρού).

Πίνακας 16 : Μεταβολές στη μέση σύσταση δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*), μετά την κατάψυξη 30 ημερών, κατά τη διάρκεια ψησίματος 15, 30, 45 λεπτών (επί ξηρού).

%	ΜΕ Δεκέμβριος	15min Δεκέμβριος	30min Δεκέμβριος	45min Δεκέμβριος
ΥΓΡΑΣΙΑ	73,88 ^a ±1,11	70,15 ^b ±0,90	61,74 ^c ±0,89	51,87 ^d ±0,73
ΤΕΦΡΑ	5,93 ^a ±0,23	6,77 ^b ±0,27	6,25 ^b ±0,15	7,04 ^b ±0,64
ΛΙΠΟΣ	22,21 ^a ±1,09	22,07 ^a ±0,79	23,21 ^b ±1,18	24,50 ^c ±1,81
ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	70,56 ^a ±0,42	70,36 ^a ±0,70	69,97 ^b ±0,26	68,07 ^c ±0,73

ΜΕ μη επεξεργασμένο

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



Σχήμα 10. Μεταβολές πρωτεϊνών - λίπους ψητής σαρδέλας μετά από κατάψυξη 30 ημερών σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος (επί ξηρού).

5.3.4. Επίδραση 60 ημερών κατάψυξης στη μέση σύσταση ψημένων σε 3 διαφορετικούς χρόνους δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*).

Όπως παρατηρείται κατά την επεξεργασία των δειγμάτων σαρδέλας, μετά από κατάψυξη 60 ημερών, η περιεκτικότητα αυτών σε υγρασία μειώθηκε σημαντικά (πίνακας 17) με την μεγαλύτερη μεταβολή να παρατηρείται κατά το ψήσιμο των 45 λεπτών, η οποία ακολουθήθηκε από αύξηση της συγκέντρωσης των λοιπών συστατικών. Το ποσοστό της υγρασίας στα 45min ψησίματος ήταν χαμηλότερο από το αντίστοιχο προηγούμενων δειγμάτων σαρδέλας, που δείχνει ότι η κατάψυξη των δύο μηνών είχε εντονότερη επίδραση στη μετουσίωση των πρωτεϊνών. Οι ανωτέρω μεταβολές, στα αποτελέσματα επί υγρού, ήταν μάλιστα γραμμικές, έτσι η γραμμική μείωση της υγρασίας ($R^2=0,9584$) εκφράστηκε με ταυτόχρονη γραμμική αύξηση των πρωτεϊνών ($R^2=0,9758$) (Σχήμα 11), γραμμική αύξηση της τέφρας ($R^2=0.9418$) και γραμμική αύξηση του λίπους ($R^2=0,9194$) (Σχήμα 12, Σχήμα 13). Η έκφραση των αποτελεσμάτων επί ξηρής βάσης (πίνακας 18) έδειξε ότι τόσο οι πρωτεΐνες όσο και το λίπος μεταβλήθηκαν σημαντικά στα δείγματα σαρδέλας που ψήθηκαν για 45min (Σχήμα 15). Η τέφρα ωστόσο

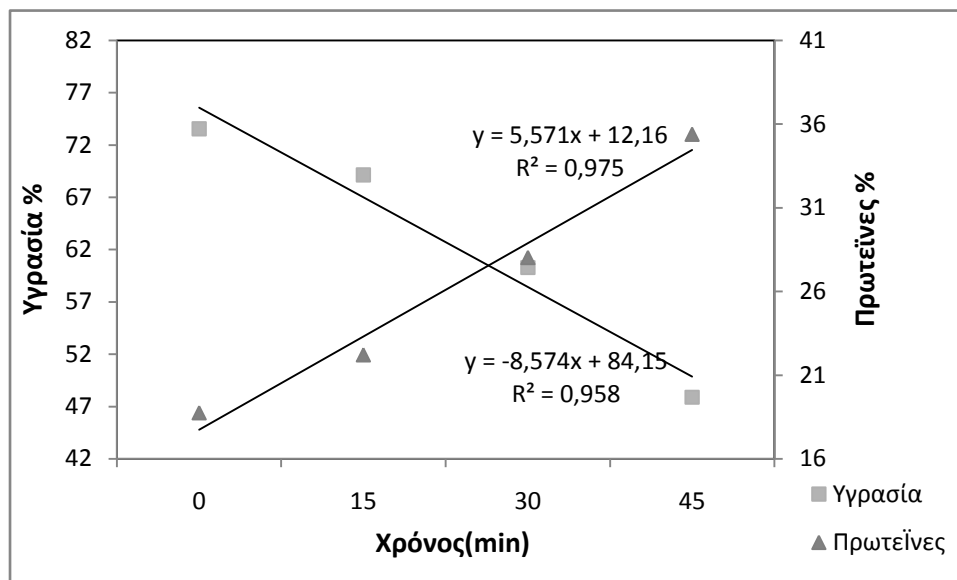
παρουσίασε σταδιακή γραμμική αύξηση ($R^2=0,9959$) με την αύξηση του χρόνου ψησίματος (Σχήμα 14).

Πίνακας 17: Μεταβολές στη μέση σύσταση δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*), μετά την κατάψυξη 60 ημερών, κατά τη διάρκεια ψησίματος 15, 30, 45 λεπτών (επί υγρού).

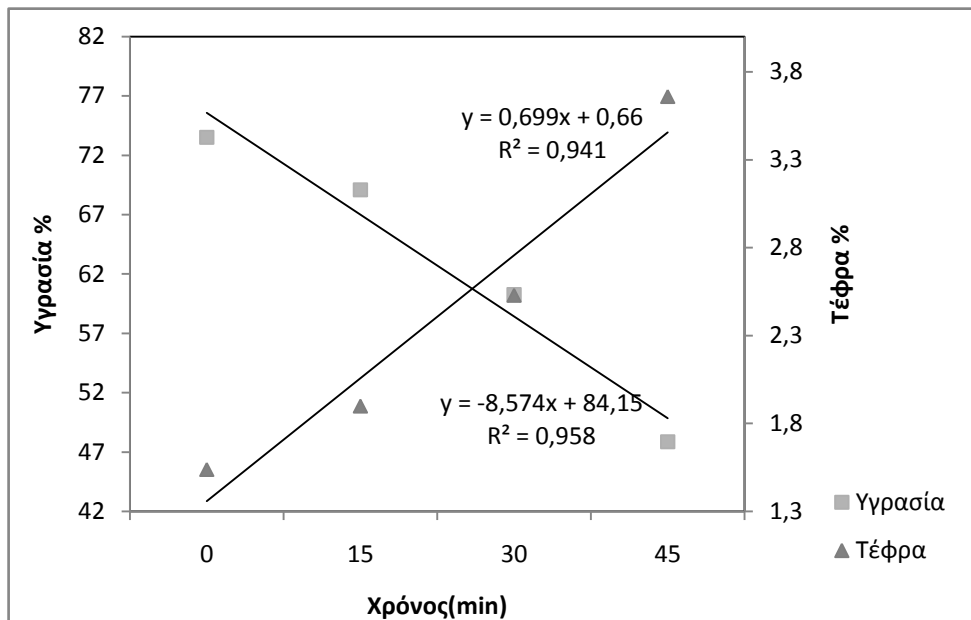
%	ΜΕ Ιανουάριος	15min Ιανουάριος	30min Ιανουάριος	45min Ιανουάριος
ΥΓΡΑΣΙΑ	73,54 ^a ±1,09	69,12 ^b ±0,35	60,30 ^c ±0,49	47,90 ^d ±0,72
ΤΕΦΡΑ	1,54 ^a ±0,42	1,90 ^b ±0,34	2,53 ^c ±0,42	3,66 ^d ±0,75
ΛΙΠΟΣ	5,81 ^a ±0,65	6,58 ^b ±0,97	9,07 ^c ±0,56	13,04 ^d ±0,84
ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	18,75 ^a ±1,79	22,20 ^b ±1,29	28,02 ^c ±0,96	35,38 ^d ±0,94

ΜΕ μη επεξεργασμένο

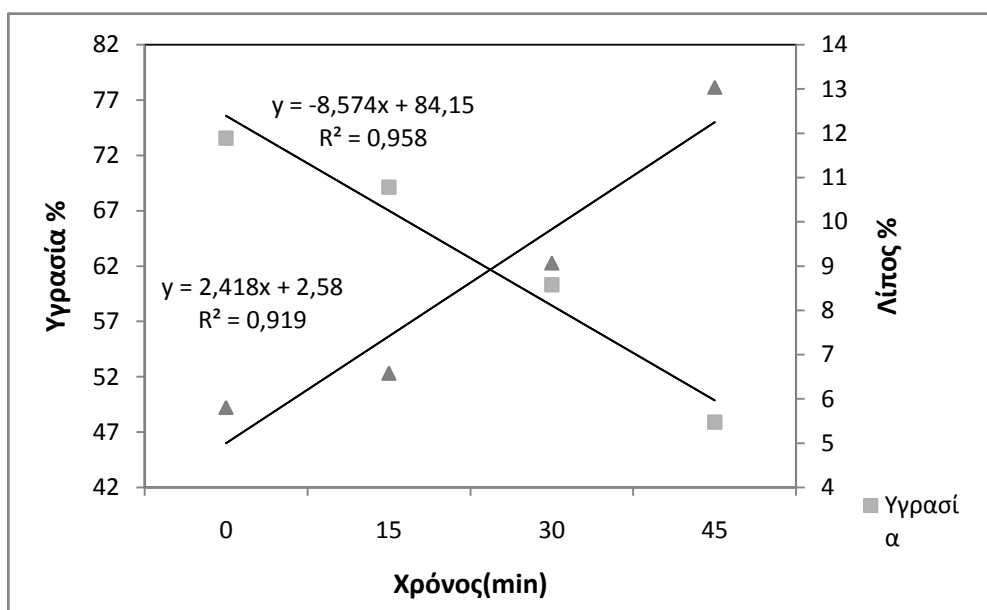
Οι τιμές είναι ο μέσος όρος τριών (3) επαναλήψεων ± η τυπική απόκλιση. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p<0,05$).



Σχήμα 11: Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολών υγρασίας - πρωτεϊνών ψητής σαρδέλας μετά από κατάψυξη 60 ημερών σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος (επί υγρού)



Σχήμα 12: Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολών υγρασίας - τέφρας ψητής σαρδέλας μετά από κατάψυξη 60 ημερών σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος (επί υγρού).



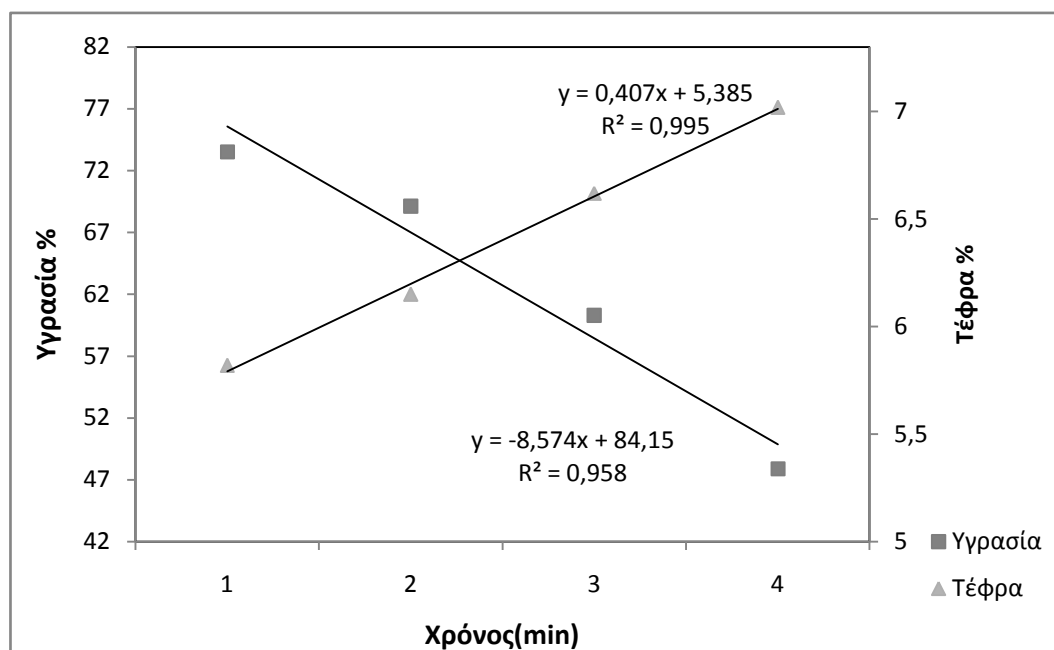
Σχήμα 13: Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολών υγρασίας - λίπους ψητής σαρδέλας μετά από κατάψυξη 60 ημερών σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος (επί υγρού).

Πίνακας 18. Μεταβολές στη μέση σύσταση δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*), μετά την κατάψυξη 60 ημερών, κατά τη διάρκεια ψησίματος 15, 30, 45 λεπτών (επί ξηρού)

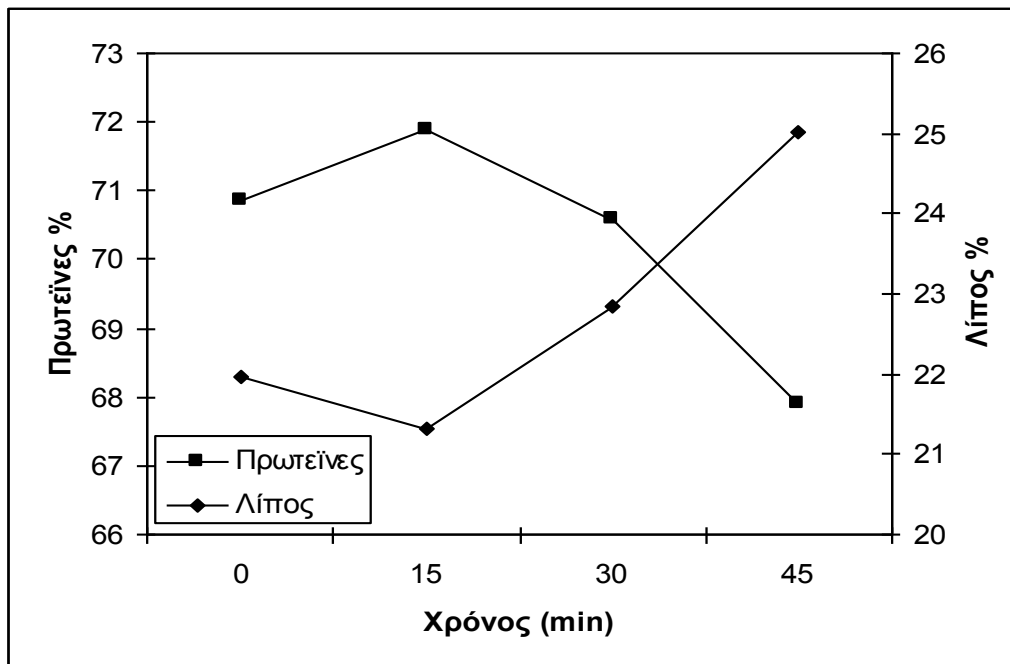
%	ΜΕ Ιανουάριος	15min Ιανουάριος	30min Ιανουάριος	45min Ιανουάριος
ΥΓΡΑΣΙΑ	73,54 ^a ±1,09	69,12 ^b ±0,35	60,30 ^c ±0,49	47,90 ^d ±0,72
ΤΕΦΡΑ	5,82 ^a ±0,42	6,15 ^b ±0,34	6,62 ^c ±0,42	7,02 ^d ±0,75
ΛΙΠΟΣ	21,96 ^a ±0,65	21,31 ^a ±0,97	22,85 ^a ±0,56	25,03 ^b ±0,84
ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	70,86 ^a ±1,79	71,89 ^a ±1,29	70,58 ^a ±0,96	67,91 ^b ±0,94

ΜΕ μη επεξεργασμένο

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



Σχήμα 14: Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολής υγρασίας – τέφρας σαρδέλας μετά τη κατάψυξη 60 ημερών σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος (επί ξηρού).



Σχήμα 15: Μεταβολές πρωτεϊνών – λίπους δειγμάτων σαρδέλας, μετά την κατάψυξη 60 ημερών, σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος (επί ξηρού).

5.3.5. Επίδραση 90 ημερών κατάψυξης στη μέση σύσταση ψημένων σε 3 διαφορετικούς χρόνους δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*).

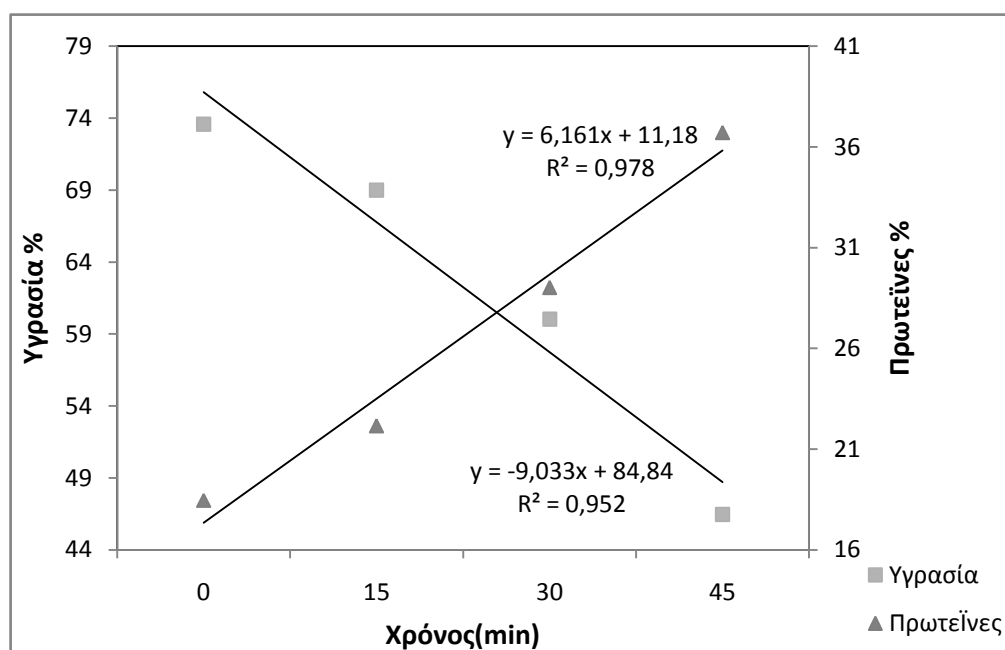
Όπως παρατηρείται κατά την επεξεργασία των δειγμάτων σαρδέλας, μετά από κατάψυξη 90 ημερών, η περιεκτικότητα αυτών σε υγρασία μειώθηκε σημαντικά (πίνακας 19) με την μεγαλύτερη μεταβολή να παρατηρείται κατά το ψήσιμο των 45 λεπτών (46,45%), η οποία ακολουθήθηκε από αύξηση της συγκέντρωσης των λοιπών συστατικών. Το ποσοστό της υγρασίας στα 45min ψησίματος ήταν χαμηλότερο από το αντίστοιχο προηγούμενων δειγμάτων σαρδέλας, που δείχνει ότι η κατάψυξη των τριών μηνών είχε εντονότερη επίδραση στη μετουσίωση των πρωτεϊνών. Οι ανωτέρω μεταβολές, στα αποτελέσματα επί υγρού, ήταν μάλιστα γραμμικές, έτσι η γραμμική μείωση της υγρασίας ($R^2=0,9526$) εκφράστηκε με ταυτόχρονη γραμμική αύξηση των πρωτεϊνών ($R^2=0,9781$) (Σχήμα 16), γραμμική αύξηση της τέφρας ($R^2=0.9410$) (Σχήμα 17) και σημαντική αύξηση του λίπους (Σχήμα 18). Η έκφραση των αποτελεσμάτων επί ξηρής βάσης ανέδειξε ότι η τέφρα επηρεάστηκε από την επεξεργασία του ψησίματος (όχι από το χρόνο), ενώ οι πρωτεΐνες και το λίπος από το χρόνο ψησίματος των 45 min (Σχήμα 19) (πίνακας 20).

Πίνακας 19. Μεταβολές στη μέση σύσταση δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*), μετά την κατάψυξη 90 ημερών, κατά τη διάρκεια ψησίματος 15, 30, 45 λεπτών (επί υγρού).

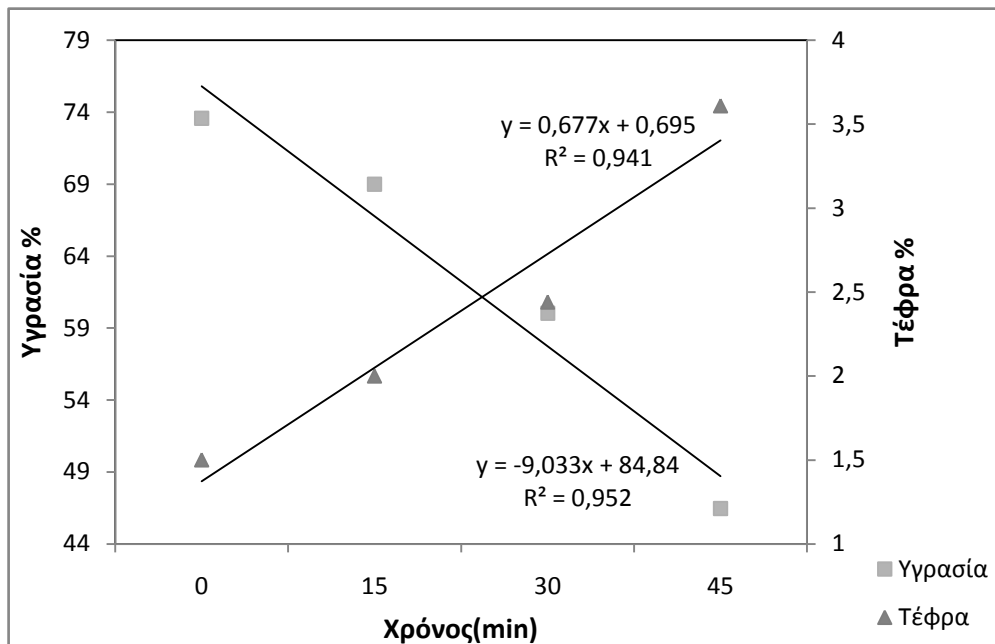
%	ΜΕ Φεβρουάριος	15min Φεβρουάριος	30min Φεβρουάριος	45min Φεβρουάριος
ΥΓΡΑΣΙΑ	73,57 ^a ±1,42	69,0 ^b ±0,15	60,03 ^c ±0,21	46,45 ^d ±0,40
ΤΕΦΡΑ	1,50 ^a ±0,35	2,00 ^b ±0,94	2,44 ^c ±0,61	3,61 ^d ±0,52
ΛΙΠΟΣ	6,14 ^a ±1,26	6,68 ^b ±0,96	8,35 ^c ±0,87	13,12 ^d ±0,79
ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	18,46 ^a ±0,60	22,16 ^b ±2,10	29,02 ^c ±0,66	36,71 ^d ±0,50

ΜΕ μη επεξεργασμένο

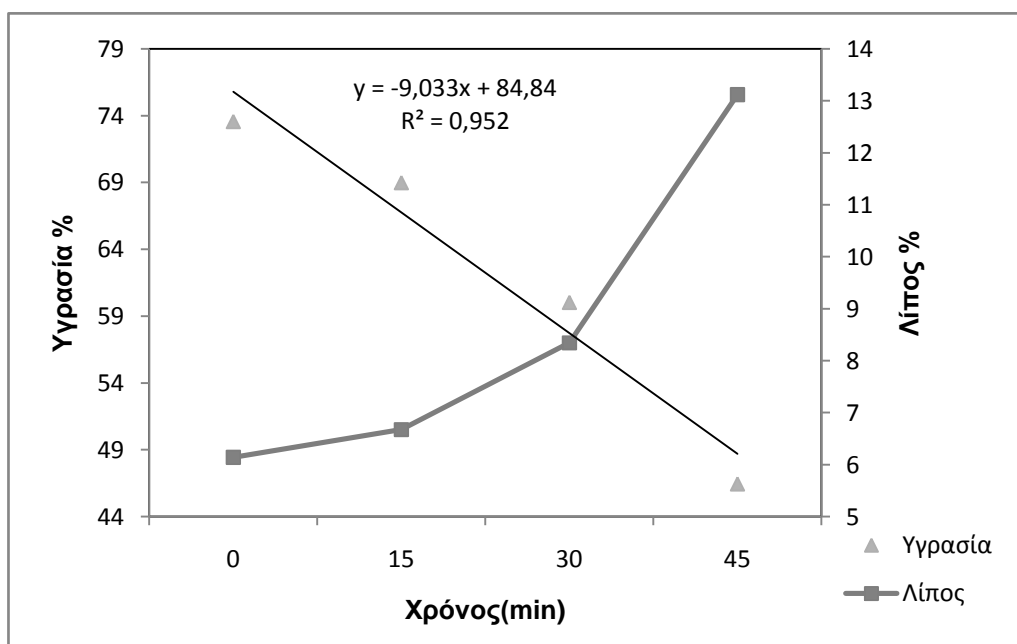
Οι τιμές είναι ο μέσος όρος τριών (3) επαναλήψεων ± η τυπική απόκλιση. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (p<0,05).



Σχήμα 16: Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολών υγρασίας - πρωτεϊνών ψητής σαρδέλας μετά από κατάψυξη 90 ημερών σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος (επί υγρού).



Σχήμα 17: Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολών υγρασίας – τέφρας, σαρδέλας μετά τη κατάψυξη 90 ημερών σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος (επί υγρού).



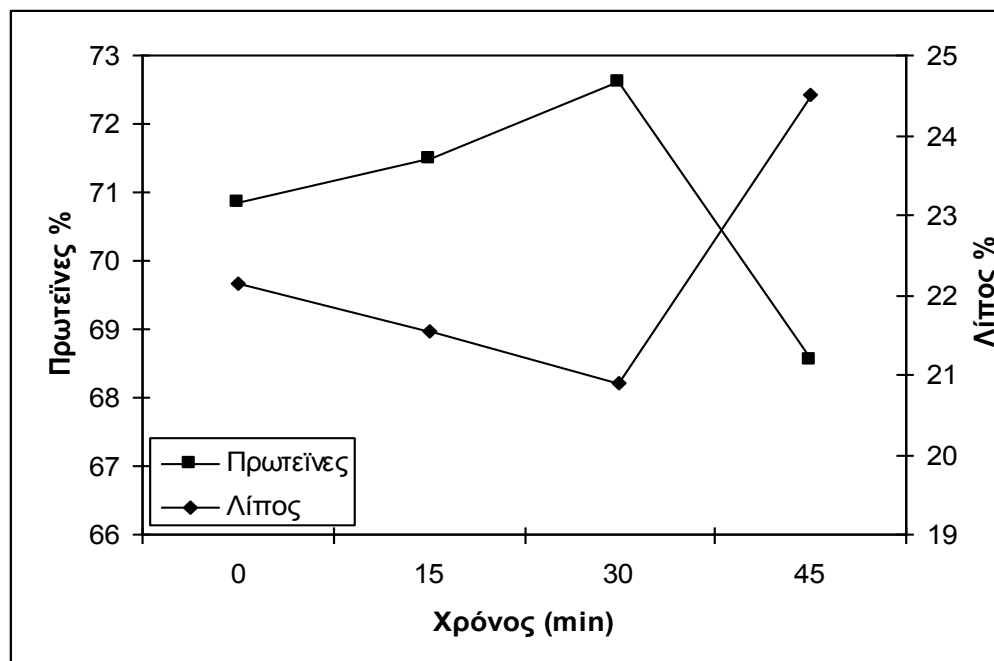
Σχήμα 18: Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολής υγρασίας – μεταβολή λίπους, σαρδέλας μετά τη κατάψυξη 90 ημερών σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος (επί υγρού).

Πίνακας 20. Μεταβολές στη μέση σύσταση δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*), μετά την κατάψυξη 90 ημερών, κατά τη διάρκεια ψησίματος 15, 30, 45 λεπτών (επί ξηρού)

%	ΜΕ Φεβρουάριος	15min Φεβρουάριος	30min Φεβρουάριος	45min Φεβρουάριος
ΥΓΡΑΣΙΑ	73,57 ^a ±1,42	69,0 ^b ±0,15	60,03 ^c ±0,21	46,45 ^d ±0,40
ΤΕΦΡΑ	5,65 ^a ±0,35	6,45 ^b ±0,94	6,10 ^b ±0,61	6,74 ^b ±0,52
ΛΙΠΟΣ	22,14 ^a ±1,26	21,55 ^a ±0,96	20,89 ^a ±0,87	24,50 ^b ±0,79
ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	70,84 ^a ±0,60	71,48 ^a ±2,10	72,60 ^a ±0,66	68,55 ^b ±0,50

ΜΕ μη επεξεργασμένο

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



Σχήμα 19: Μεταβολές πρωτεϊνών – λίπους δειγμάτων σαρδέλας, μετά την κατάψυξη 90 ημερών, σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος (επί ξηρού).

5.3.6. Επίδραση τεσσάρων 120 ημερών κατάψυξης στη μέση σύσταση ψημένων σε 3 διαφορετικούς χρόνους δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*).

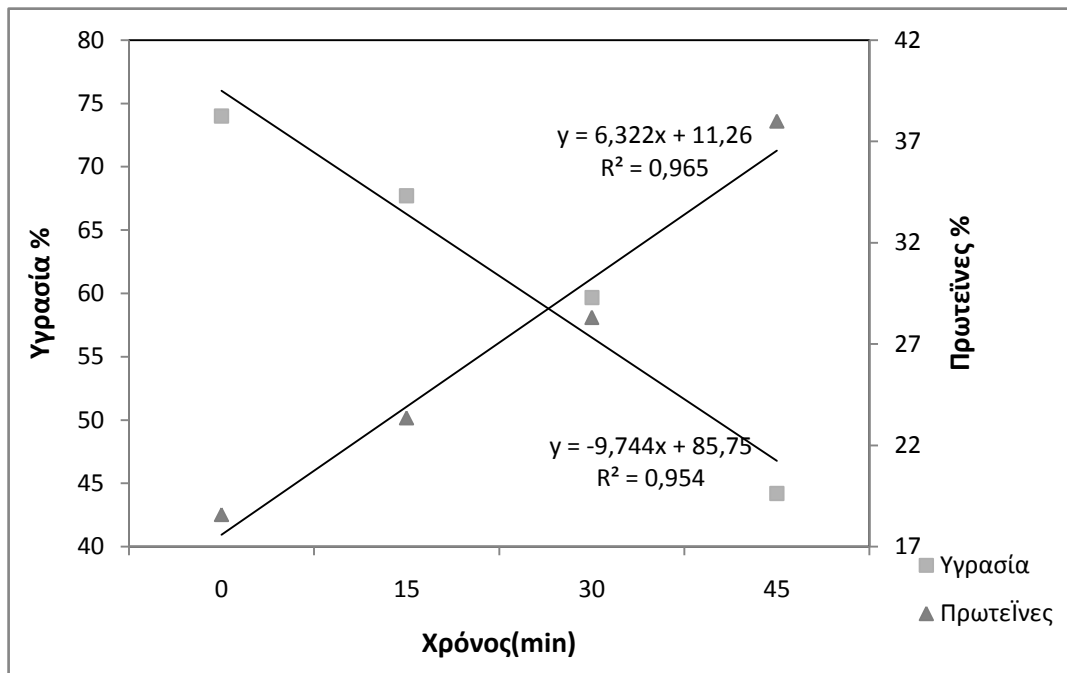
Όπως παρατηρείται από τον πίνακα 21, η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε υγρασία μειώθηκε σημαντικά παρουσιάζοντας ελάχιστη τιμή κατά την επεξεργασία τους για 45min με τιμή 44,2%, η οποία ακολουθήθηκε από την αύξηση των λοιπών συστατικών (Πίνακας 21). Το ποσοστό της υγρασίας στα 45min ψησίματος ήταν το χαμηλότερο από το αντίστοιχο των προηγούμενων δειγμάτων σαρδέλας, που δείχνει ότι η κατάψυξη των τεσσάρων μηνών είχε τη σημαντικότερη επίδραση στη μετουσίωση των πρωτεϊνών. Οι ανωτέρω μεταβολές, στα αποτελέσματα επί υγρού, ήταν μάλιστα γραμμικές, έτσι η γραμμική μείωση της υγρασίας ($R^2=0,9544$) εκφράστηκε με ταυτόχρονη γραμμική αύξηση των πρωτεϊνών ($R^2=0,9658$) (Σχήμα 20), γραμμική αύξηση της τέφρας ($R^2=0,9100$) και γραμμική αύξηση του λίπους ($R^2=0,9287$) (Σχήμα 21) (Σχήμα 22). Η έκφραση των αποτελεσμάτων επί ξηρής βάσης ανέδειξε σημαντικές διαφορές σε όλα τα συστατικά μόνο στα δείγματα που επεξεργάστηκαν για 45 min (Πίνακας 22).

Πίνακας 21. Μεταβολές στη μέση σύσταση δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*), μετά την κατάψυξη 120 ημερών, κατά τη διάρκεια ψησίματος 15, 30, 45 λεπτών (επί υγρού)

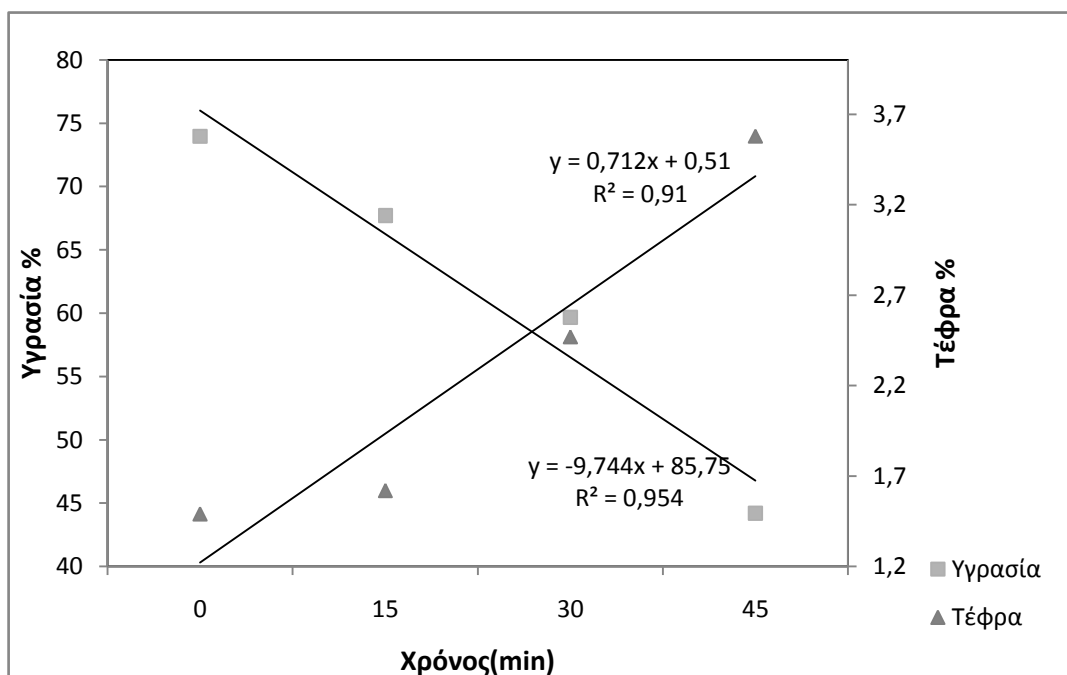
%	ΜΕ Μάρτιος	15min Μάρτιος	30min Μάρτιος	45min Μάρτιος
ΥΓΡΑΣΙΑ	74,00 ^a ±1,09	67,71 ^b ±1,25	59,67 ^c ±0,77	44,20 ^d ±1,76
ΤΕΦΡΑ	1,49 ^a ±0,47	1,62 ^b ±0,66	2,47 ^c ±0,76	3,58 ^d ±0,53
ΛΙΠΟΣ	5,78 ^a ±0,39	7,13 ^b ±0,65	9,38 ^c ±1,44	14,00 ^d ±1,04
ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	18,59 ^a ±1,05	23,36 ^b ±1,82	28,32 ^c ±0,52	38,01 ^d ±0,67

ΜΕ μη επεξεργασμένο

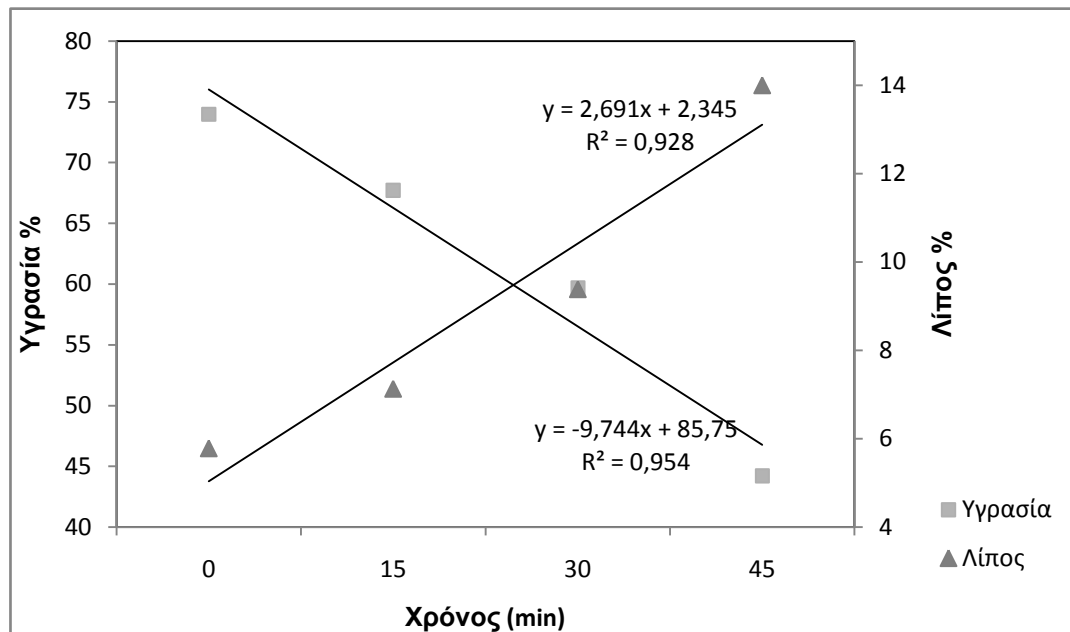
Οι τιμές είναι ο μέσος όρος τριών (3) επαναλήψεων ± η τυπική απόκλιση. Οι τιμές στην ίδια σειρά που φέρουν διαφορετικό εκθέτη έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p<0,05$).



Σχήμα 20: Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολών υγρασίας - πρωτεϊνών ψητής σαρδέλας μετά από κατάψυξη 120 ημερών σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος (επί υγρού).



Σχήμα 21 : Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολών υγρασίας - τέφρας ψητής σαρδέλας μετά από κατάψυξη 120 ημερών σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος (επί υγρού).



Σχήμα 22 : Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολών υγρασίας - λίπους ψητής σαρδέλας μετά από κατάψυξη 120 ημερών σε διαφορετικούς χρόνους ψησίματος (επί υγρού).

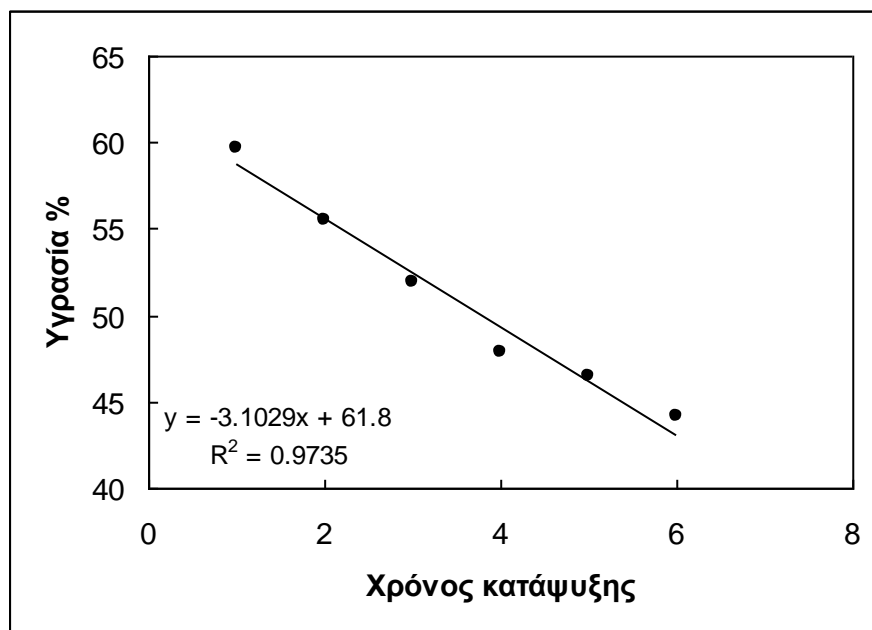
Πίνακας 22. Μεταβολές στη μέση σύσταση δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*), μετά την κατάψυξη 120 ημερών, κατά τη διάρκεια ψησίματος 15, 30, 45 λεπτών (επί υγρού)

%	ΜΕ Μάρτιος	15min Μάρτιος	30min Μάρτιος	45min Μάρτιος
ΥΓΡΑΣΙΑ	74,00 ^a ±1,09	67,71 ^b ±1,25	59,67 ^c ±0,77	44,20 ^d ±1,76
ΤΕΦΡΑ	5,73 ^a ±0,47	5,02 ^a ±0,66	6,12 ^a ±0,76	6,42 ^b ±0,53
ΛΙΠΟΣ	22,23 ^a ±0,39	22,08 ^a ±0,65	23,26 ^a ±1,44	25,09 ^b ±1,04
ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	71,50 ^a ±1,05	72,34 ^a ±1,82	70,22 ^a ±0,52	68,12 ^b ±0,67

ΜΕ μη επεξεργασμένο

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

Από το σχήμα 23 μπορεί να παρατηρηθεί ότι η μείωση της υγρασίας στα δείγματα σαρδέλας που επεξεργάστηκαν για 45 min ήταν γραμμική ($R^2 = 0,9735$), δείχνοντας ότι ο μακρύτερος χρόνος συντήρησης σε κατάψυξη οδηγεί σε σημαντικότερες απώλειες υγρασίας και ως εκ τούτου σε οργανοληπτική υποβάθμιση των ψητών προϊόντων. Η μεταβολή αυτή επίσης αναδεικνύει το φαινόμενο της μετουσίωσης των πρωτεϊνών κατά την κατάψυξη.



Σχήμα 23: Μεταβολή της υγρασίας των ψημένων για 45min δειγμάτων σαρδέλας στους διαφορετικούς χρόνους κατάψυξης

5.4. Επίδραση της κατάψυξης και των τριών (3) χρόνων ψησίματος στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*).

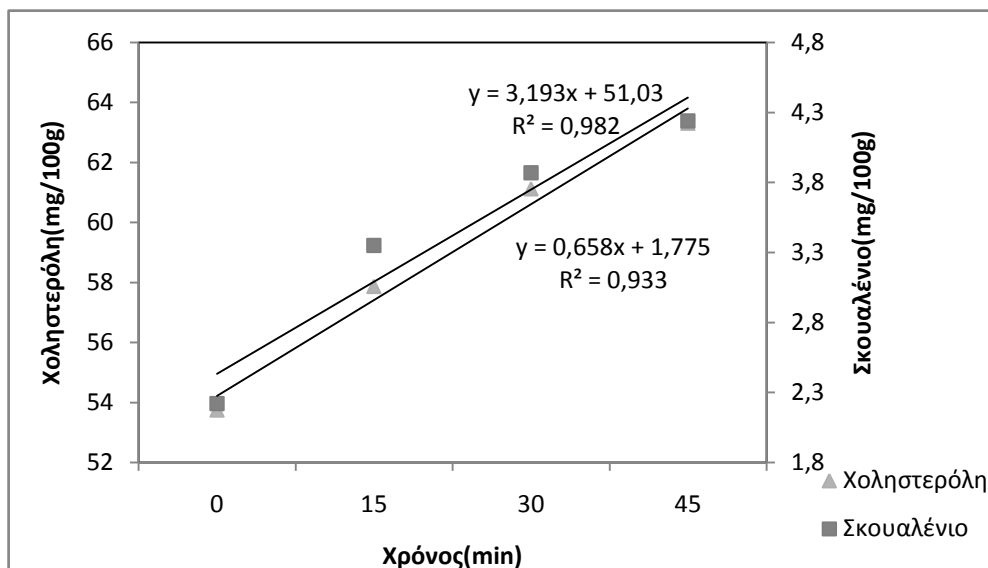
5.4.1. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*) πριν την κατάψυξη στους τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους (15, 30, 45 min) ψησίματος.

Κατά την επεξεργασία των δειγμάτων νωπής σαρδέλας στους τρεις διαφορετικούς χρόνους παρατηρήθηκε αύξηση της περιεκτικότητας (mg/100g σάρκας) σε χοληστερόλη με την ελάχιστη τιμή να ανιχνεύεται στο νωπό δείγμα (53,75mg/100g σάρκας) και την μέγιστη στα 45min ψησίματος (63,31mg/100g σάρκας), ανάλογα ήταν τα αποτελέσματα και για το σκουαλένιο, ελάχιστη τιμή στο νωπό δείγμα (2,22mg/100g σάρκας) και μέγιστη στα 45min ψησίματος (4,24mg/100g σάρκας) (πίνακας 23). Παρατηρήθηκε επίσης ότι ο χρόνος ψησίματος οδήγησε σε γραμμική αύξηση αμφότερων των συστατικών (Σχήμα 24).

Πίνακας 23: Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο (mg/100g εδωδιμης σάρκας) κατά το ψήσιμο σαρδέλας σε 3 διαφορετικούς χρόνους πριν τη κατάψυξη

(mg/100g)	Νωπό	15(min)	30(min)	45(min)
Χοληστερόλη	53,75 ^a ±0,88	57,87 ^b ±1,26	61,12 ^c ±0,84	63,31 ^d ±0,99
Σκουαλένιο	2,22 ^a ±0,23	3,35 ^b ±0,30	3,87 ^c ±0,58	4,24 ^d ±0,28

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



Σχήμα 24: Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολών χοληστερόλης – σκουαλένιου δειγμάτων νωπής σαρδέλας σε τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους ψησίματος

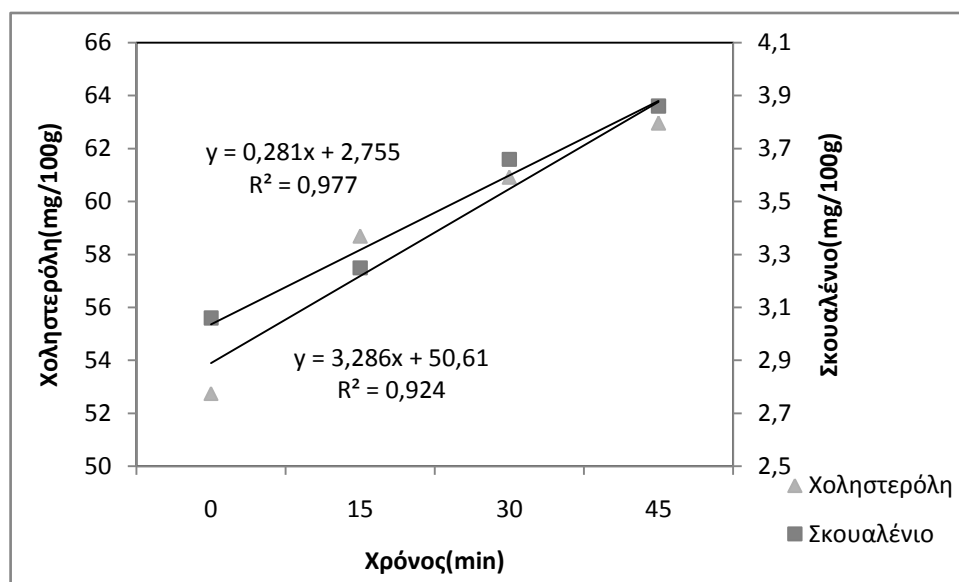
5.4.2. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*) μετά από κατάψυξη 3 ημερών στους τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους (15, 30, 45 min) ψησίματος.

Όπως παρατηρείται από τον πίνακα 24 ο χρόνος ψησίματος επηρέασε την περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σε σκουαλένιο των δειγμάτων σαρδέλας, αμέσως μετά την κατάψυξη. Η συγκέντρωση της χοληστερόλης παρουσίασε ελάχιστη τιμή στο νωπό δείγμα με 52,75mg/100g σάρκας, πολύ κοντά στη τιμή του νωπού δείγματος πριν τη κατάψυξη (πίνακας 15), και μέγιστη τιμή κατά την επεξεργασία του δείγματος στα 45min (62,96mg/100g σάρκας) επίσης πολύ κοντά στην αντίστοιχη τιμή του δείγματος πριν τη κατάψυξη (πίνακας 23). Η περιεκτικότητα σε σκουαλένιο αυξήθηκε με την αύξηση του χρόνου ψησίματος παρουσιάζοντας μέγιστη τιμή στα 45min ψησίματος με 3,86mg/100g σάρκας (πίνακας 24). Τόσο η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη όσο και η περιεκτικότητα σε σκουαλένιο αυξήθηκαν γραμμικά σε σχέση με τον χρόνο ψησίματος με $R^2 = 0,9243$ για χοληστερόλη και $R^2 = 0,9771$ για σκουαλένιο (Σχήμα 25)

Πίνακας 24: Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο (mg/100g εδώδιμης σάρκας) κατά το ψήσιμο σαρδέλας σε 3 διαφορετικούς χρόνους μετά τη κατάψυξη 3 ημερών

(mg/100g)	Νωπό	15(min)	30(min)	45(min)
Χοληστερόλη	52,75 ^a ±0,71	58,69 ^b ±1,04	60,92 ^c ±0,57	62,96 ^d ±0,71
Σκουαλένιο	3,06 ^a ±0,57	3,25 ^b ±0,25	3,66 ^c ±0,43	3,86 ^d ±0,62

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



Σχήμα 25: Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολών χοληστερόλης – σκουαλένιου δειγμάτων σαρδέλας μετά τη κατάψυξη 3 ημερών σε τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους ψησίματος

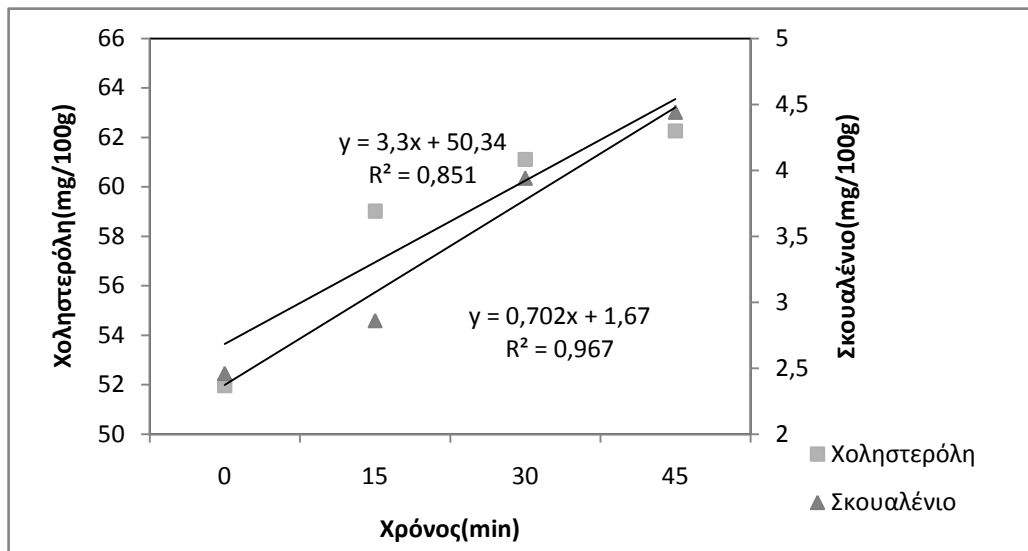
5.4.3. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*) μετά από 30 ημέρες κατάψυξης στους τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους (15, 30, 45 min) ψησίματος.

Όπως παρατηρείται από τον πίνακα 25 ο χρόνος επεξεργασίας επηρέασε την περιεκτικότητα των δειγμάτων σαρδέλας, μετά από 30 ημέρες κατάψυξης, σε χοληστερόλη και σκουαλένιο. Η συγκέντρωση της χοληστερόλης παρουσίασε ελάχιστη τιμή στο νωπό δείγμα με 51,97mg/100g σάρκας, πολύ κοντά στη τιμή του δείγματος αμέσως μετά τη κατάψυξη (πίνακας 16), και μέγιστη τιμή κατά την επεξεργασία του δείγματος στα 45min (62,27mg/100g σάρκας) επίσης πολύ κοντά στην αντίστοιχη τιμή του δείγματος αμέσως μετά τη κατάψυξη (πίνακας 16). Η περιεκτικότητα σε σκουαλένιο αυξήθηκε με την αύξηση του χρόνου ψησίματος παρουσιάζοντας μέγιστη τιμή στα 45min ψησίματος με 4,44mg/100g σάρκας (Πίνακας 25). Τόσο η περιεκτικότητα σε χοληστερόλη όσο και η περιεκτικότητα σε σκουαλένιο αυξήθηκαν γραμμικά σε σχέση με τον χρόνο ψησίματος με $R^2 = 0,8514$ για χοληστερόλη και $R^2 = 0,9678$ για σκουαλένιο αντίστοιχα (Σχήμα 26).

Πίνακας 25: Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο (mg/100g εδώδιμης σάρκας) κατά το ψήσιμο σαρδέλας σε 3 διαφορετικούς χρόνους μετά από κατάψυξη 30 ημερών

(mg/100g)	Νωπό	15(min)	30(min)	45(min)
Χοληστερόλη	51,97 ^a ±0,43	59,02 ^b ±0,64	61,12 ^c ±0,64	62,27 ^d ±0,57
Σκουαλένιο	2,46 ^a ±0,28	2,86 ^b ±0,47	3,94 ^c ±0,37	4,44 ^d ±0,34

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



Σχήμα 26: Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολών χοληστερόλης – σκουαλένιου δειγμάτων σαρδέλας μετά από 30 ημέρες κατάψυξης σε τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους ψησίματος

5.4.4. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*) μετά από 60 ημέρες κατάψυξης στους τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους (15, 30, 45 min) ψησίματος.

Μετά τη παραμονή των δειγμάτων σαρδέλας για 60 ημέρες στη κατάψυξη και μετά την επεξεργασία (ψήσιμο) τους σε 3 διαφορετικούς χρόνους παρατηρήθηκε αύξηση της περιεκτικότητάς τους σε χοληστερόλη με τη μέγιστη τιμή να παρουσιάζεται στα 45min επεξεργασίας με τιμή 61,72mg/100g σάρκας καθώς και αύξηση της περιεκτικότητας σε σκουαλένιο με μέγιστη τιμή στα 45min επεξεργασίας τα 4,54mg/100g σάρκας (Πίνακας 26). Η αύξηση της συγκέντρωσης της χοληστερόλης ήταν γραμμική ($R^2 = 0,9206$), μεταβολή που δεν παρατηρήθηκε για το σκουαλένιο όπου παρουσιάζεται μία μικρή, αλλά όχι σημαντική, πτώση κατά το ψήσιμο στα 15min.

Πίνακας 26: Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο (mg/100g εδώδιμης σάρκας) κατά το ψήσιμο σαρδέλας σε 3 διαφορετικούς χρόνους μετά από κατάψυξη 60 ημερών

(mg/100g)	Νωπό	15(min)	30(min)	45(min)
Χοληστερόλη	52,49 ^a ±0,65	57,45 ^b ±0,62	60,82 ^c ±0,46	61,72 ^d ±0,37
Σκουαλένιο	3,33 ^a ±0,27	3,04 ^b ±0,54	4,14 ^c ±0,25	4,54 ^d ±0,34

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

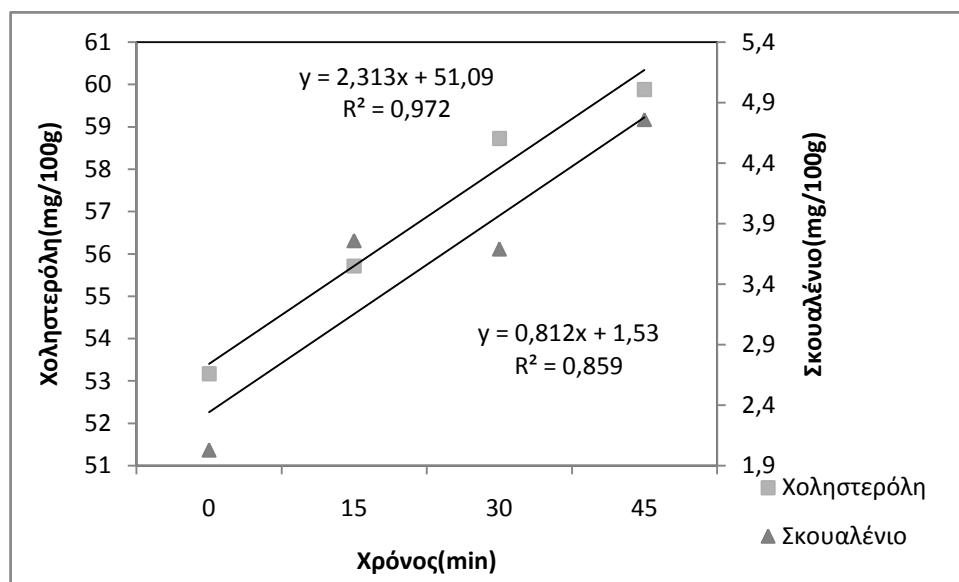
5.4.5. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*) μετά από 90 ημέρες κατάψυξης στους τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους (15, 30, 45 min) ψησίματος.

Όπως παρατηρείται από τον πίνακα 27 ο χρόνος ψησίματος επηρέασε την περιεκτικότητα των δειγμάτων σαρδέλας, μετά από κατάψυξη 90 ημερών, σε χοληστερόλη αφού η συγκέντρωση της αυξάνει με την αύξηση του χρόνου επεξεργασίας, με τη μέγιστη τιμή (59,88mg/100g σάρκας) κατά την επεξεργασία των 45min. Το ίδιο παρατηρήθηκε και με την περιεκτικότητα σε σκουαλένιο όπου η μέγιστη τιμή ήταν 4,76mg/100g σάρκας (Πίνακας 27). Η αύξηση της συγκέντρωσης τόσο της χοληστερόλης όσο και του σκουαλένιου ήταν γραμμική με $R^2 = 0,9729$ και $R^2 = 0,859$ αντίστοιχα (Σχήμα 27).

Πίνακας 27: Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο (mg/100g εδώδιμης σάρκας) κατά το ψήσιμο σαρδέλας σε 3 διαφορετικούς χρόνους μετά από κατάψυξη 90 ημερών

(mg/100g)	Νωπό	15(min)	30(min)	45(min)
Χοληστερόλη	53,17 ^a ±0,67	55,72 ^b ±0,75	58,72 ^c ±0,61	59,88 ^d ±0,62
Σκουαλένιο	2,03 ^a ±0,23	3,76 ^b ±0,50	3,69 ^c ±0,46	4,76 ^d ±0,40

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



Σχήμα 27: Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολών χοληστερόλης – σκουαλένιου δειγμάτων σαρδέλας μετά από 90 ημέρες κατάψυξης σε τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους ψησίματος

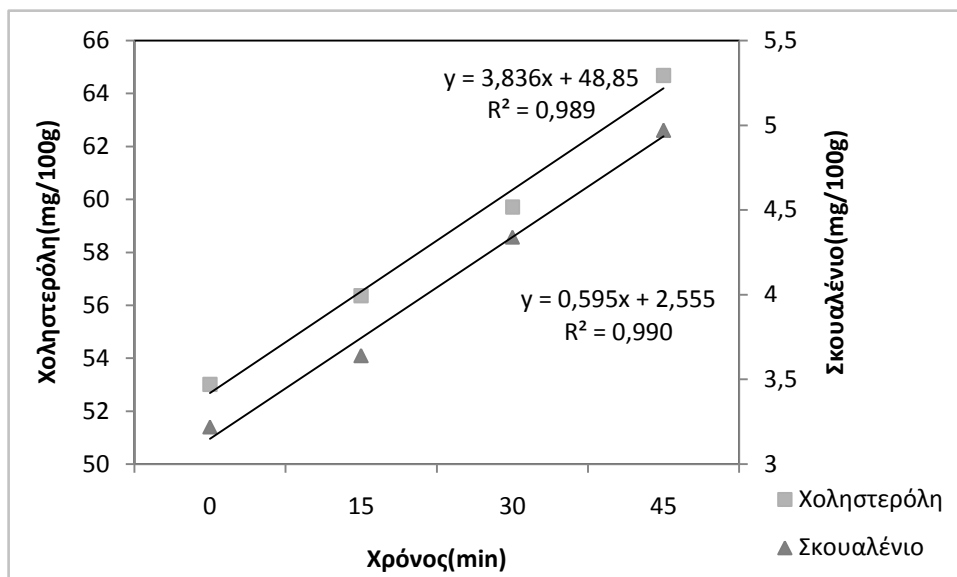
5.4.6. Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο δειγμάτων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*) μετά από 120 ημέρες κατάψυξης στους τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους (15, 30, 45 min) ψήσιματος.

Μετά τη παραμονή των δειγμάτων σαρδέλας για 120 ημέρες στη κατάψυξη και μετά την επεξεργασία (ψήσιμο) τους σε 3 διαφορετικούς χρόνους παρατηρήθηκε αύξηση της περιεκτικότητάς τους σε χοληστερόλη με τη μέγιστη τιμή να παρουσιάζεται στα 45min επεξεργασίας με τιμή 64,68mg/100g σάρκας καθώς και αύξηση της περιεκτικότητας σε σκουαλένιο με μέγιστη τιμή στα 45min επεξεργασίας τα 4,97mg/100g σάρκας (Πίνακας 28). Η αύξηση της συγκέντρωσης της χοληστερόλης ήταν έντονα γραμμική ($R^2 = 0,989$) όπως και στην περίπτωση του σκουαλένιου ($R^2 = 0,990$) (Σχήμα 28).

Πίνακας 28: Μεταβολές στην περιεκτικότητα σε χοληστερόλη και σκουαλένιο (mg/100g εδώδιμης σάρκας) κατά το ψήσιμο σαρδέλας σε 3 διαφορετικούς χρόνους μετά από κατάψυξη 120 ημερών

(mg/100g)	Νωπό	15(min)	30(min)	45(min)
Χοληστερόλη	53,01 ^a ±0,61	56,36 ^b ±0,37	59,71 ^c ±0,62	64,68 ^d ±1,00
Σκουαλένιο	3,22 ^a ±0,25	3,64 ^b ±0,42	4,34 ^c ±0,23	4,97 ^d ±0,33

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



Σχήμα 28 : Απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταβολών χοληστερόλης – σκουαλένιου δειγμάτων σαρδέλας μετά από 120 ημέρες κατάψυξης σε τρεις (3) διαφορετικούς χρόνους ψησίματος

5.5. Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) στο σύνολο των λιπαρών οξέων νωπής και κατεψυγμένης σαρδέλας (*Sardina pilchardus*)

Το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) στο λίπος, τόσο της νωπής όσο και της κατεψυγμένης σαρδέλας, παρουσίασε ήπιες μεταβολές κατά τη διάρκεια της κατάψυξης, με κυριότερο λιπαρό οξύ το παλματικό (C16:0) (Πίνακας 29). Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) παρουσίασε αύξηση από τις 30 μέχρι τις 120 ημέρες κατάψυξης από 18,97% σε 19,15%, 21,56% και 22,55% αντίστοιχα, με κυριότερο το ελαϊκό οξύ (C18:1ω-9) με ποσοστό που κυμάνθηκε από 11,04 % στα νωπά δείγματα σαρδέλας που δεν καταψύχτηκαν έως 15,82% στα νωπά δείγματα σαρδέλας που καταψυχτήκαν για 120 ημέρες. Το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) αντίθετα παρουσίασε μείωση και κυμάνθηκε από 44,16% στα νωπά δείγματα σε 36,53% κατά τις 120 ημέρες κατάψυξης. Η παρατηρούμενη μείωση των PUFA δείχνει πιθανή οξειδωση των ακόρεστων λιπαρών οξέων κατά τη διάρκεια της κατάψυξης (Πίνακας 23). Στη σειρά των PUFA το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το DHA με ποσοστό που κυμάνθηκε από 19,34 % στα δείγματα νωπής σαρδέλας έως 15,22% στα δείγματα σαρδέλας που καταψυχτήκαν για 120 ημέρες.

Η ανωτέρω διαπίστωση, πιθανής οξείδωσης των λιπαρών οξέων, επιβεβαιώθηκε μέσω του δείκτη C22:6ω-3/C16:0. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τον πίνακα 24 όσο αυξάνει ο χρόνος κατάψυξης τόσο αυξάνει μειώνεται ο λόγος C22:6ω-3/C16:0.

Ο λόγος ω-3/ω-6 κυμάνθηκε από 10,78 % στα νωπά δείγματα σαρδέλας σε 10,27 % στα δείγματα σαρδέλας που καταψύχτηκαν για 60 ημέρες, στη συνέχεια παρουσίασε μείωση προσεγγίζοντας το ποσοστό 7,85% για τα δείγματα σαρδέλας που παρέμειναν για 120 ημέρες σε συνθήκες κατάψυξης (Πίνακας 30).

Πίνακας 29: Κατανομή των λιπαρών οξέων (%) στο σύνολο των λιπαρών οξέων στο λίπος σαρδέλας σε νωπά και κατεψυγμένα δείγματα σαρδέλας

Λιπαρά οξέα %	Νωπή σαρδέλα	ΜΚ.Σ.Ν	Νωπή σαρδέλα Δεκέμβριος	Νωπή σαρδέλα Ιανουάριος	Νωπή σαρδέλα Φεβρουάριος	Νωπή σαρδέλα Μάρτιος
C14:0	7,38	7,92	7,73	7,5	7,71	7,75
C15:0	1,01	1,13	1,29	1,07	1,43	1,06
C16:0	23,08	23,11	24,05	25,48	26,88	27,6
C16:1ω-7	6,82	6,69	7,19	6,92	6,46	6,2
C16:1ω-5	0,23	0,22	0,26	0,24	0,26	0,23
C16:2ω-7	0,56	0,49	0,63	0,58	0,64	0,6
C16:2ω-5	0,28	0,25	0,29	0,26	0,48	0,3
C16:3ω-3	0,75	0,83	0,9	0,75	0,95	0,75
C16:4ω-3	0,91	0,97	1,03	0,96	1,1	0,71
C17:0	0,33	0,64	0,7	0,71	0,24	0,41
C18:0	4,78	5,86	4,07	4,55	4,34	3,92
C18:1ω-9	11,04	8,74	11,09	11,71	14,42	15,82
C18:1ω-7	-	2,38	-	-	-	-
C18:1ω-5	-	0,14	-	-	-	-
C18:2ω-6	2,12	2,23	2,16	2,12	2,31	2,59
CLA C18 9cis 11trans	1,46	-	1,56	2,14	0,05	0,04
CLA C18 9cis 11cis	2,29	1,52	-	0,04	1,79	1,65
CLA C18 9trans 11trans	0,05	-	-	-	0,11	0,04
CLA C18 10trans 12cis	0,86	1,01	1,04	1	-	-
C18:3ω-3	0,15	1,35	1,36	1,51	1	1,63
C18:4ω-3	1,16	0,31	0,31	0,29	0,23	0,27
C20:0	0,25	-	-	-	-	-
C20:1ω-11	-	-	-	-	-	-
C20:1ω-9	-	-	-	-	-	-
C20:4ω-6	1,16	1,49	1,57	1,3	1,17	1,24
C20:4ω-3	0,82	0,71	0,81	0,83	0,64	0,69
C20:5ω-3 (EPA)	10,37	10,35	10,25	9,91	9,17	9,13
C22:0	0,28	0,25	0,34	0,26	0,17	0,18
C22:1ω-11	0,64	0,19	0,22	0,16	0,1	0,3
C22:1ω-9	-	-	0,21	0,12	0,32	-
C22:4ω-3	0,58	0,72	0,72	0,63	0,47	0,58
C22:5ω-3	1,3	1,29	1,43	1,34	0,97	1,09
C22:6ω-3 (DHA)	19,34	19,21	18,79	17,62	16,59	15,22
Σ SFA	37,11	38,85	38,18	39,57	40,77	40,92
Σ MUFA	18,73	18,36	18,97	19,15	21,56	22,55
Σ PUFA	44,16	42,73	42,85	41,28	37,67	36,53
Σ ω3	35,38	35,74	35,6	35,14	31,12	30,07
Σ ω6	3,28	3,69	3,73	3,42	3,48	3,83
ω3/ω6	10,78	9,68	9,54	10,27	8,94	7,85
EPA + DHA	29,71	29,56	29	27,53	25,76	24,35

ΜΚ Σ. Ν. : Μετά κατάψυξη σαρδέλα νωπή

Πίνακας 30. Επίδραση της κατάψυξης στην οξείδωση των λιπαρών οξέων των λιπαρών υλών της σαρδέλας

Χρόνος κατάψυξης	C22:6ω-3/C16:0	% μείωση
Νωπό	0,84	-
ΜΚ (3 ημέρες)	0,83	1
ΜΚ (30 ημέρες)	0,78	7
ΜΚ (60 ημέρες)	0,69	18
ΜΚ (90 ημέρες)	0,63	25
ΜΚ (120 ημέρες)	0,55	35

ΜΚ: Μετά κατάψυξη

5.6. Μελέτη της κατανομής των λιπαρών οξέων των ψημένων δειγμάτων σαρδέλας

5.6.1 Κατανομή των λιπαρών οξέων (%) της ψητής σαρδέλας στους διαφορετικούς χρόνους ψησίματος

Το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) στο λίπος της νωπής σαρδέλας ήταν 37,11% και προσέγγισε το 41,04% στα ψημένα για 45 min δείγματα (Πίνακας 31). Στην ομάδα των κορεσμένων λιπαρών οξέων το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C16:0 με ποσοστό που κυμάνθηκε από 23,08 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 26,16 % στα δείγματα που ψήθηκαν για 45 min. Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) κυμάνθηκε από 18,73% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 15,87% στα δείγματα που ψήθηκαν για 45 min. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C18:1ω-9 με ποσοστό που κυμάνθηκε από 11,04 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 7,14 % στα δείγματα που ψήθηκαν για 30 min. Το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) κυμάνθηκε από 45,17% στα δείγματα που επεξεργάστηκαν για 30min έως 43,09% στα δείγματα που επεξεργάστηκαν 45 min. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το DHA. Το ποσοστό που κυμάνθηκε από 19,34 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 20,82 % στα δείγματα που ψήθηκαν για 30 min. Τα επίπεδα των DHA και EPA δεν παρουσίασαν σημαντικές μεταβολές με την αύξηση του χρόνου ψησίματος (Πίνακας 31). Ο λόγος ω-3/ω-6 δεν φαίνεται να επηρεάζεται από το ψήσιμο των δειγμάτων.

Πίνακας 31. Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων στο λίπος νωπής σαρδέλας (*Sardina pilchardus*) κατά τη διάρκεια του ψησίματος

Λιπαρά οξέα %	Νωπή σαρδέλα	15min)	30(min)	45(min)
C14:0	7,38	7,51	7,73	7,53
C15:0	1,01	1,12	1,29	1,19
C16:0	23,08	24,52	25,16	26,16
C16:1ω-7	6,82	6,88	6,09	6,49
C16:1ω-5	0,23	0,24	0,3	0,31
C16:2ω-7	0,56	0,49	0,48	0,47
C16:2ω-5	0,28	0,27	0,85	0,75
C16:3ω-3	0,75	0,91	0,89	0,69
C16:4ω-3	0,91	0,97	0,73	0,63
C17:0	0,33	0,76	0,69	0,71
C18:0	4,78	4,82	4,49	4,29
C18:1ω-9	11,04	7,5	7,14	7,19
C18:1ω-7	-	1,73	1,82	1,42
C18:1ω-5	-	0,15	0,14	0,16
C18:2ω-6	2,12	2,1	2,11	1,81
CLA C18 9cis 11trans	1,46	-	0,28	0,26
CLA C18 9cis 11cis	2,29	1,7	0,39	0,29
CLA C18 9trans 11trans	0,05	-	0,17	-
CLA C18 10trans 12cis	0,86	-	1,58	1,38
C18:3ω-3	0,15	0,88	1,08	1,1
C18:4ω-3	1,16	1,14	0,88	0,58
C20:0	0,25	0,29	1,36	1,16
C20:1ω-11	-	-	0,27	0,17
C20:1ω-9	-	-	0,33	0,13
C20:4ω-6	1,16	1,62	1,56	1,56
C20:4ω-3	0,82	0,79	0,81	0,91
C20:5ω-3 (EPA)	10,37	10,98	10,81	10,41
C22:0	0,28	0,25	-	-
C22:1ω-11	0,64	-	-	-
C22:1ω-9	-	-	-	-
C22:4ω-3	0,58	0,77	0,54	0,54
C22:5ω-3	1,3	1,36	1,19	1,09
C22:6ω-3 (DHA)	19,34	20,25	20,82	20,62
Σ SFA	37,11	39,27	40,72	41,04
Σ MUFA	18,73	16,5	16,09	15,87
Σ PUFA	44,16	44,23	45,17	43,09
Σ ω3	35,38	38,05	37,75	36,57
Σ ω6	3,28	3,72	3,67	3,37
ω3/ω6	10,78	10,22	10,28	10,85
EPA + DHA	29,71	31,23	31,63	31,03

5.6.2 Επίδραση της επεξεργασίας ψησίματος στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) της ψητής σαρδέλας στους διαφορετικούς χρόνους μετά από 3 ημέρες κατάψυξη.

Το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) στο σύνολο των λιπαρών οξέων στα δείγματα της σαρδέλας μετά από 3 ημέρες κατάψυξης κινήθηκε περίπου στα επίπεδα του 39% (Πίνακας 32). Στην ομάδα των κορεσμένων λιπαρών οξέων το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C16:0 με ποσοστό της τάξης του 23,5% περίπου. Μπορεί να παρατηρηθεί ότι τα επίπεδα του παλμιτικού οξέος και κατ' επέκταση και του συνόλου των κορεσμένων λιπαρών οξέων στο λίπος της σαρδέλας δεν μεταβλήθηκαν σημαντικά.

Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) κυμάνθηκε από 18,36 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 17,93 % στα δείγματα που ψήθηκαν για 30 min. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C18:1ω-9 με ποσοστό που κυμάνθηκε από 8,74 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 11,42 % στα δείγματα που ψήθηκαν για 45 min. Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων παρουσίασε σταδιακή αύξηση με την αύξηση του χρόνου επεξεργασίας ψησίματος (Πίνακας 32).

Το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) κυμάνθηκε από 42,73% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 42,31% στα δείγματα που ψήθηκαν 45 min. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το DHA με ποσοστό που κυμάνθηκε από 19,03 % στα δείγματα που ψήθηκαν για 15 min έως 19,82% στα δείγματα που ψήθηκαν 45 min. Το δεύτερο λιπαρό οξύ ήταν το EPA με ποσοστό που κυμάνθηκε από 10,35% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 10,96% στα δείγματα που ψήθηκαν 45 min. Τα επίπεδα DHA και EPA δεν παρουσίασαν αύξηση με την αύξηση του χρόνου ψησίματος (Πίνακας 32).

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

Πίνακας 32: Μεταβολές στην κατανομή των λιπαρών οξέων στο λίπος σαρδέλας (*Sardina pilchardus*) μετά από 3 ημέρες κατάψυξης και κατά τη διάρκεια του ψησίματος

Λιπαρά οξέα %	ΜΚ.Σ.Ν	ΜΚ.Σ.15(min)	ΜΚ.Σ.30(min)	ΜΚ.Σ.45(min)
C14:0	7,92	7,4	7,47	7,27
C15:0	1,13	1,05	1,07	1,02
C16:0	23,11	23,06	23,35	23,75
C16:1ω-7	6,69	6,33	6,47	6,66
C16:1ω-5	0,22	-	-	-
C16:2ω-7	0,49	0,57	0,55	0,53
C16:2ω-5	0,25	-	-	-
C16:3ω-3	0,83	0,27	0,25	0,22
C16:4ω-3	0,97	-	-	-
C17:0	0,64	0,97	0,96	0,92
C18:0	5,86	5,82	5,68	5,56
C18:1ω-9	8,74	11,54	11,31	11,42
C18:1ω-7	2,38	-	-	-
C18:1ω-5	0,14	0,15	0,15	0,13
C18:2ω-6	2,23	2,58	2,28	2,18
CLA C18 9cis 11trans	-	1,24	1,27	1,17
CLA C18 9cis 11cis	1,52	1,66	1,76	1,66
CLA C18 9trans 11trans	-	0,96	0,92	0,82
CLA C18 10trans 12cis	1,01	-	-	-
C18:3ω-3	1,35	1,45	1,36	1,26
C18:4ω-3	0,31	0,3	0,29	0,19
C20:0	-	0,36	0,34	0,14
C20:1ω-11	-	-	-	-
C20:1ω-9	-	-	-	-
C20:4ω-6	1,49	1,41	1,43	1,32
C20:4ω-3	0,71	0,79	0,82	0,91
C20:5ω-3 (EPA)	10,35	10,64	10,87	10,96
C22:0	0,25	0,2	-	-
C22:1ω-11	0,19	0,1	-	-
C22:1ω-9	-	-	-	-
C22:4ω-3	0,72	0,69	0,68	0,71
C22:5ω-3	1,29	1,43	1,31	1,38
C22:6ω-3 (DHA)	19,21	19,03	19,41	19,82
Σ SFA	38,85	38,86	38,87	38,66
Σ MUFA	18,36	18,12	17,93	18,21
Σ PUFA	42,73	43,02	43,2	42,31
Σ ω3	35,74	34,6	34,99	35,45
Σ ω6	3,69	3,99	3,71	3,5
ω3/ω6	9,68	8,67	9,43	10,13
EPA + DHA	29,56	29,67	30,28	30,78

ΜΚ: μετά κατάψυξη

5.6.3 Επίδραση 30 ημερών κατάψυξης στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) της ψητής σαρδέλας στους διαφορετικούς χρόνους ψησίματος

Το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) στο σύνολο των λιπαρών οξέων στα δείγματα της σαρδέλας που παρέμειναν στην κατάψυξη για 30 ημέρες κυμάνθηκε από 38,18% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 41,17% στα δείγματα που ψήθηκαν για 15 min (Πίνακας 33). Στην ομάδα των κορεσμένων λιπαρών οξέων το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C16:0 με ποσοστό που κυμάνθηκε από 24,05 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 25,29 % στα δείγματα που ψήθηκαν για 45 min. Μπορεί να παρατηρηθεί μικρή αύξηση του παλμιτικού οξέος και των SFA με αύξηση των χρόνου ψησίματος.

Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) κυμάνθηκε από 18,97 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 16,38 % στα δείγματα που ψήθηκαν για 30 min. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C18:1 ω -9 με ποσοστό που κυμάνθηκε από 11,09 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 11,73 % στα δείγματα που ψήθηκαν για 45 min. Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων παρουσίασε μικρή μείωση ως αποτέλεσμα της επεξεργασίας και όχι του χρόνου ψησίματος (Πίνακας 33).

Το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) κυμάνθηκε από 42,16 % στα δείγματα που ψήθηκαν 15 min έως 44,41% στα δείγματα που ψήθηκαν 30 min. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το DHA με ποσοστό που κυμάνθηκε από 18,79 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 19,03 % στα δείγματα σαρδέλας που ψήθηκαν για 30 min. Μικρή αύξηση στο σύνολο των PUFA παρατηρήθηκε κυρίως στα δείγματα που ψήθηκαν για 30 και 45min. Τα επίπεδα DHA και EPA δεν παρουσίασαν σημαντικές μεταβολές (Πίνακας 33).

Ο λόγος ω -3/ ω -6 παρουσίασε αύξηση στα επεξεργασμένα δείγματα σαρδέλας.

Πίνακας 33: Επίδραση 30 ημερών κατάψυξης στην κατανομή των λιπαρών οξέων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*) κατά τη διάρκεια του ψησίματος

Λιπαρά οξέα %	Νωπή σαρδέλα Δεκέμβριος	15(min)	30(min)	45(min)
C14:0	7,73	8,26	7,52	7,85
C15:0	1,29	1,16	1,09	1,08
C16:0	24,05	24,88	25,06	25,29
C16:1ω-7	7,19	5,5	4,93	4,28
C16:1ω-5	0,26	0,12	0,23	0,24
C16:2ω-7	0,63	0,48	0,59	0,59
C16:2ω-5	0,29	0,33	0,25	0,28
C16:3ω-3	0,9	0,46	0,77	0,79
C16:4ω-3	1,03	0,87	1,01	0,96
C17:0	0,7	-	-	-
C18:0	4,07	6,13	5,5	5,75
C18:1ω-9	11,09	11,25	11,22	11,73
C18:1ω-7	-	-	-	-
C18:1ω-5	-	-	-	-
C18:2ω-6	2,16	2,14	2,09	2,07
CLA C18 9cis 11trans	1,56	1,2	1,26	1,76
CLA C18 9cis 11cis	-	0,97	1,7	0,04
CLA C18 9trans 11trans	-	0,78	0,04	0,95
CLA C18 10trans 12cis	1,04	-	0,87	1,25
C18:3ω-3	1,36	1,04	1,24	0,3
C18:4ω-3	0,31	0,22	0,26	-
C20:0	-	0,34	0,05	-
C20:1ω-11	-	-	-	-
C20:1ω-9	-	-	-	-
C20:4ω-6	1,57	0,96	1,46	1,39
C20:4ω-3	0,81	0,42	0,77	0,81
C20:5ω-3 (EPA)	10,25	11,13	10,78	10,94
C22:0	0,34	0,2	0,19	0,27
C22:1ω-11	0,22	-	-	0,23
C22:1ω-9	0,21	-	-	0,16
C22:4ω-3	0,72	0,68	0,73	0,69
C22:5ω-3	1,43	1,76	1,36	1,4
C22:6ω-3 (DHA)	18,79	18,72	19,03	18,9
Σ SFA	38,18	41,17	39,41	40,24
Σ MUFA	18,97	16,87	16,38	16,64
Σ PUFA	42,85	42,16	44,41	43,12
Σ ω3	35,6	35,3	35,95	34,79
Σ ω6	3,73	3,1	3,55	3,46
ω3/ω6	9,54	11,38	10,13	10,05
EPA + DHA	29	29,85	29,81	29,84

5.6.4 Επίδραση 60 ημερών κατάψυξης στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) της ψητής σαρδέλας στους διαφορετικούς χρόνους ψησίματος

Το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) στο λίπος της σαρδέλας που παρέμεινε στην κατάψυξη για 60 ημέρες δεν μεταβλήθηκαν σημαντικά (Πίνακας 34). Στην ομάδα των κορεσμένων λιπαρών οξέων το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C16:0 το οποίο ελάχιστα μειώθηκε στα επεξεργασμένα δείγματα.

Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) παρουσίασε μικρή αύξηση στα δείγματα που ψήθηκαν για 45 min. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C18:1 ω -9 με ποσοστό που κυμάνθηκε από 11,71 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 14,23% στα δείγματα που ψήθηκαν για 45 min. Αύξηση δηλαδή στα δείγματα που ψήθηκαν για 45 min.

Το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) δεν παρουσίασαν μεταβολές. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το DHA με ποσοστό που κυμάνθηκε από 17,62% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 18,3% στα δείγματα που ψήθηκαν για 30 min. Το δεύτερο κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το EPA με ποσοστό που κυμάνθηκε από 9,52% στα δείγματα που ψήθηκαν για 45 min έως 10,21% στα δείγματα που ψήθηκαν για 15 min. Τα επίπεδα DHA και EPA δεν παρουσίασαν μεταβολές μείωση με την αύξηση του χρόνου ψησίματος (Πίνακας 34).

Ο λόγος ω -3/ ω -6 παρουσίασε μικρή μείωση από 10,27% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 8,46% στα δείγματα που ψήθηκαν για 45 min.

Όπως διαπιστώθηκε από τους [Garcia-Arias et al. \(2003\)](#) η διαδικασία του ψησίματος δεν επηρεάζει σημαντικά την κατανομή των λιπαρών οξέων κάτι που επιβεβαιώνεται και από αυτή την εργασία.

Πίνακας 34: Επίδραση 60 ημερών κατάψυξης στην κατανομή των λιπαρών οξέων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*) κατά τη διάρκεια του ψησίματος

Λιπαρά οξέα %	Νωπή σαρδέλα Ιανουάριος	15(min)	30(min)	45(min)
C14:0	7,5	7,92	7,48	6,93
C15:0	1,07	1,05	1,2	1,07
C16:0	25,48	24,46	24,84	24,7
C16:1ω-7	6,92	6,1	6,27	6,18
C16:1ω-5	0,24	0,23	0,23	0,24
C16:2ω-7	0,58	0,59	0,59	0,54
C16:2ω-5	0,26	0,3	0,28	0,25
C16:3ω-3	0,75	-	0,78	0,72
C16:4ω-3	0,96	0,94	1,02	0,93
C17:0	0,71	-	-	-
C18:0	4,55	5,75	6,29	5,78
C18:1ω-9	11,71	13,19	12,21	14,23
C18:1ω-7	-	-	-	-
C18:1ω-5	-	-	-	-
C18:2ω-6	2,12	2,25	2,46	2,66
CLA C18 9cis 11trans	2,14	1,79	1,47	1,64
CLA C18 9cis 11cis	0,04	0,04	0,95	0,96
CLA C18 9trans 11trans	-	0,95	-	-
CLA C18 10trans 12cis	1	-	-	-
C18:3ω-3	1,51	0,89	1,08	0,98
C18:4ω-3	0,29	0,51	0,32	0,3
C20:0	-	0,27	-	-
C20:1ω-11	-	0,04	-	-
C20:1ω-9	-	-	-	-
C20:4ω-6	1,3	1,3	1,48	1,23
C20:4ω-3	0,83	0,81	0,66	0,68
C20:5ω-3 (EPA)	9,91	10,21	9,85	9,52
C22:0	0,26	0,21	0,34	0,3
C22:1ω-11	0,16	0,12	-	0,18
C22:1ω-9	0,12	0,1	-	0,21
C22:4ω-3	0,63	0,67	0,66	0,55
C22:5ω-3	1,34	1,39	1,24	1,11
C22:6ω-3 (DHA)	17,62	17,92	18,3	18,11
Σ SFA	39,57	39,66	40,15	38,78
Σ MUFA	19,15	19,78	18,71	21,04
Σ PUFA	41,28	40,56	41,14	40,18
Σ ω3	35,14	33,34	33,91	32,9
Σ ω6	3,42	3,55	3,94	3,89
ω3/ω6	10,27	9,39	8,61	8,46
EPA + DHA	27,53	28,13	28,15	27,63

5.6.5 Επίδραση 90 ημερών κατάψυξης στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) της ψητής σαρδέλας στους διαφορετικούς χρόνους ψησίματος

Το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) στο λίπος της σαρδέλας που παρέμεινε στην κατάψυξη για 90 ημέρες κυμάνθηκε από 40,77 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 38,61% στα ψημένα για 45 min (Πίνακας 35). Στην ομάδα των κορεσμένων λιπαρών οξέων το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C16:0 με ποσοστό της τάξης του 26%. Μπορεί να παρατηρηθεί ότι τα επίπεδα του παλμιτικού οξέος και κατ' επέκταση και του συνόλου των κορεσμένων λιπαρών οξέων στο λίπος της σαρδέλας δεν παρουσίασαν μεταβολές.

Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) κυμάνθηκε από 21,56% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 23,04 % στα δείγματα που ψήθηκαν για 45 min. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C18:1ω-9 με ποσοστό της τάξης του 14%. Δεν παρατηρήθηκε αξιόλογη μεταβολή και σε αυτή την ομάδα λιπαρών οξέων.

Το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) κυμάνθηκε από 37,67% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 38,35 % στα δείγματα που ψήθηκαν για 45 min. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το DHA με ποσοστό που κυμάνθηκε από 16,59% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 17,14% στα δείγματα που ψήθηκαν για 45 min. Το δεύτερο το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν EPA με ποσοστό που κυμάνθηκε από 9,17% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 9,78% στα δείγματα που ψήθηκαν για 45 min. Τα επίπεδα DHA και EPA παρουσίασαν αύξηση με την αύξηση του χρόνου ψησίματος (Πίνακας 35).

Ο λόγος ω-3/ω-6 παρουσίασε μικρή μείωση από 8,94% έως 7,79 %.

Πίνακας 35: Επίδραση 90 ημερών κατάψυξης στην κατανομή των λιπαρών οξέων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*) κατά τη διάρκεια του ψησίματος

Λιπαρά οξέα %	Νωπή σαρδέλα Φεβρουάριος	15(min)	30(min)	45(min)
C14:0	7,71	6,85	7,17	7,07
C15:0	1,43	1,26	1,25	1,14
C16:0	26,88	26,94	26	26,16
C16:1ω-7	6,46	7,64	7,85	7,65
C16:1ω-5	0,26	0,25	0,24	0,22
C16:2ω-7	0,64	0,63	0,63	0,62
C16:2ω-5	0,48	0,36	0,34	0,32
C16:3ω-3	0,95	1,02	1,12	1,15
C16:4ω-3	1,1	-	-	-
C17:0	0,24	-	-	-
C18:0	4,34	4,04	4,01	4,04
C18:1ω-9	14,42	14,34	14,47	14,77
C18:1ω-7	-	-	-	-
C18:1ω-5	-	-	0,14	0,14
C18:2ω-6	2,31	2,69	2,75	2,65
CLA C18 9cis 11trans	0,05	0,29	0,29	0,29
CLA C18 9cis 11cis	1,79	1,8	1,58	1,38
CLA C18 9trans 11trans	0,11	0,04	0,05	0,05
CLA C18 10trans 12cis	-	0,14	0,08	0,08
C18:3ω-3	1	1,15	1,16	1,14
C18:4ω-3	0,23	0,22	0,22	0,22
C20:0	-	0,04	0,04	0,04
C20:1ω-11	-	-	-	-
C20:1ω-9	-	-	-	-
C20:4ω-6	1,17	1,25	1,28	1,26
C20:4ω-3	0,64	0,76	0,66	0,65
C20:5ω-3 (EPA)	9,17	9,75	9,72	9,78
C22:0	0,17	0,16	0,16	0,16
C22:1ω-11	0,1		0,26	0,26
C22:1ω-9	0,32	-	-	-
C22:4ω-3	0,47	0,55	0,55	0,55
C22:5ω-3	0,97	1,09	1,07	1,07
C22:6ω-3 (DHA)	16,59	16,74	16,91	17,14
Σ SFA	40,77	38,66	38,63	38,61
Σ MUFA	21,56	22,23	22,96	23,04
Σ PUFA	37,67	38,48	38,41	38,35
Σ ω3	31,12	31,28	31,41	31,7
Σ ω6	3,48	3,94	4,03	3,91
ω3/ω6	8,94	7,94	7,79	8,11
EPA + DHA	25,76	26,49	26,63	26,92

5.6.6 Επίδραση 120 ημερών κατάψυξης στην κατανομή των λιπαρών οξέων (%) της ψητής σαρδέλας στους διαφορετικούς χρόνους ψησίματος

Το σύνολο των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) στο λίπος της σαρδέλας που παρέμεινε στην κατάψυξη για 120 ημέρες κυμάνθηκε από 40,92 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 34,53% στα ψημένα για 30 min (Πίνακας 36). Στην ομάδα των κορεσμένων λιπαρών οξέων το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C16:0 με ποσοστό που κυμάνθηκε από 27,6% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 23,53 % στα ψημένα δείγματα για 45 min. Μπορεί να παρατηρηθεί σημαντική μείωση των SFA με την επεξεργασία και το χρόνο ψησίματος.

Το σύνολο των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) κυμάνθηκε από 22,55% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 19,03% στα δείγματα που ψήθηκαν για 45 min. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το C18:1ω-9 με ποσοστό που κυμάνθηκε από 15,82 % στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 11,3% στα δείγματα που ψήθηκαν για 45 min. Μπορεί να παρατηρηθεί σημαντική μείωση των MUFA με την επεξεργασία και το χρόνο ψησίματος.

Το σύνολο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) κυμάνθηκε από 29,86 % στα δείγματα που ψήθηκαν για 15 min έως 43,19 % στα δείγματα που ψήθηκαν για 30 min. Σε αυτήν την ομάδα το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το DHA με ποσοστό που κυμάνθηκε από 15,22% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 17,81% στα δείγματα που ψήθηκαν για 30 min. Το δεύτερο το κυριότερο λιπαρό οξύ ήταν το EPA με ποσοστό που κυμάνθηκε από 9,13% στα μη επεξεργασμένα δείγματα έως 11% στα δείγματα που ψήθηκαν για 15 min. Σημαντική ήταν η αύξηση που παρατηρήθηκε στα PUFA κυρίως στα δείγματα που ψήθηκαν για 30 και 45min. Τα επίπεδα DHA και EPA παρουσίασαν επίσης αύξηση κατά την επεξεργασία του ψησίματος (Πίνακας 36).

Ο λόγος ω-3/ω-6 ανιχνεύθηκε επίσης αυξημένος στα επεξεργασμένα δείγματα σαρδέλας.

Πίνακας 36: Επίδραση 120 ημερών κατάψυξης στην κατανομή των λιπαρών οξέων σαρδέλας (*Sardina pilchardus*) κατά τη διάρκεια του ψησίματος

Λιπαρά οξέα %	Νωπή σαρδέλα Μάρτιος	15(min)	30(min)	45(min)
C14:0	7,75	8,45	8,24	8,16
C15:0	1,06	1,21	1,11	1,14
C16:0	27,6	25,9	24,9	23,53
C16:1ω-7	6,2	7,62	7,42	7,38
C16:1ω-5	0,23	0,26	0,26	0,24
C16:2ω-7	0,6	0,65	0,62	0,56
C16:2ω-5	0,3	0,42	0,38	0,3
C16:3ω-3	0,75	-	-	-
C16:4ω-3	0,71	1,07	1,02	0,99
C17:0	0,41	-	-	-
C18:0	3,92	-	-	5,31
C18:1ω-9	15,82	12,81	12,11	11,3
C18:1ω-7	-	-	-	0,11
C18:1ω-5	-	-	-	-
C18:2ω-6	2,59	2,21	2,21	2,19
CLA C18 9cis 11trans	0,04	1,25	1,35	1,52
CLA C18 9cis 11cis	1,65	1,89	1,98	2,07
CLA C18 9trans 11trans	0,04	0,05	0,05	0,05
CLA C18 10trans 12cis	-	0,92	0,94	0,97
C18:3ω-3	1,63	1,33	1,39	1,45
C18:4ω-3	0,27	0,27	0,25	0,23
C20:0	-	0,05	0,05	-
C20:1ω-11	-	-	-	-
C20:1ω-9	-	-	-	-
C20:4ω-6	1,24	1,4	1,42	1,45
C20:4ω-3	0,69	0,82	0,89	0,97
C20:5ω-3 (EPA)	9,13	11	10,92	10,86
C22:0	0,18	0,23	0,23	0,19
C22:1ω-11	0,3	0,39	0,39	-
C22:1ω-9	-	-	-	-
C22:4ω-3	0,58	0,66	0,62	0,58
C22:5ω-3	1,09	1,33	1,34	1,35
C22:6ω-3 (DHA)	15,22	17,81	17,81	17,1
Σ SFA	40,92	35,84	34,53	38,33
Σ MUFA	22,55	21,08	20,18	19,03
Σ PUFA	36,53	29,86	43,19	42,64
Σ ω3	30,07	34,29	34,24	35,21
Σ ω6	3,83	3,61	3,63	3,64
ω3/ω6	7,85	9,49	9,43	9,67
EPA + DHA	24,35	28,81	28,73	27,96

6. Συμπεράσματα

- Σημαντική ήταν η απώλεια βάρους από την παραλαβή του δείγματος μέχρι το τέλος της επεξεργασίας.
- Η κατάψυξη δεν επηρέασε τη μέση σύσταση των δειγμάτων σαρδέλας, ωστόσο επηρέασε την κατανομή των λιπαρών οξέων και οδήγησε σε οξειδωση των λιπαρών υλών.
- Σημαντική ήταν η επίδραση του χρόνου επεξεργασίας στη μέση σύσταση των δειγμάτων σαρδέλας, οι μεταβολές μάλιστα επί υγρού παρουσίασαν γραμμική μεταβολή. Η αύξηση του χρόνου κατάψυξης συνδυαστικά με το χρόνο επεξεργασίας οδήγησαν σε προϊόντα με χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, πιθανώς υποβαθμισμένα οργανοληπτικά.
- Η κατανομή των λιπαρών οξέων δεν επηρεάστηκε σημαντικά από τους διαφορετικούς χρόνους επεξεργασίας, δίνοντας υψηλής ποιότητας προϊόντα με υψηλό λόγο $\omega 3/\omega 6$ λιπαρών οξέων.
- Γραμμική ήταν η αύξηση της περιεκτικότητας σε χοληστερόλη και σκουαλένιου με την αύξηση του χρόνου επεξεργασίας, ωστόσο η αύξηση αυτή πιθανώς οφείλεται στην ανάλογη μείωση της υγρασίας.

7. Βιβλιογραφία

- Aberoumand A. (2009). Studies on Quality of Fatty Acids and Properties of Skin and Digestive Fat Content Oils from Some Iranian Fishes. *Advance Journal of Food Science and Technology*(2010) ,2(1) 28-30
- Aitken A.& Conell J.J (1979) *Fish in: Effects of heating on foodstuffs* pp. 219-254 Applied Science Publishers, London
- Barham P. *Fish. (2001). The science of cooking*, Berlin, Springer, 2001, 91-106.
- Belitz H.D., Grosch W., Schieberie P., (2006). *Χημεία Τροφίμων* 1016 - 1018.
- 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. *Grasas Aceites*, 49, 250-260
- Castrillon A.M., Alvarez-Pontes E., Garcia-Arias M.T. & Navarro P. (1996). Influence of frozen storage and defrosting on the chemical and nutritional quality of sardine (*Clupea pilchardus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **70**, 29–34.
- Castrillon A, Navarro P. & Alvarez-Pontes E, (1997). Changes in chemical composition and nutritional quality of fried sardine (*Clupea pilchardus*) produced by frozen storage and microwave reheating. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **75**, 125–132.
- De Leonardis A. & Macciola V. (2004). A study on the lipid fraction of Adriatic sardine filets (*Sardina pilchardus*). 209 - 212
- Dimitriadou D., Zotos A., Petridis D. & Taylor A.K.D. (2008). Improvement in the production of smoked trout fillets (*Salmo Gairdnerii*) steamed with liquid smoke. *Food Science and Techology*, 102, 521 – 528

- Etherton K., Penny M., William S. Harris and Lawrence J. Appel (2002). Fish Consumption, Fish Oil, Omega-3 Fatty Acids, and Cardiovascular Disease. *Journal of the American Health Association*, 2013, 106, 2747 – 2757
- Ersoy B. Effects of cooking methods on the proximate, mineral and fatty acid composition of European eel (*Anguilla anguilla*). *International Journal of Food Science and Technology*. 2011;46: 522–527.
- Ewaida E.H. (1993). Cholesterol, fat and food energy content of selected raw and cooked commercial fish species from the Arabian Gulf. *Ecological Food Nutrition*, 30, 283-292.
- FAO (2011). Food and agriculture Organization Fishbase Clupeidae. Rome pp 122
- FAO (1977). Freezing in Fisheries. Fisheries Technical Paper, No 167
- Gall A., Otwell W. & Koburger J.A. (1983) Effects of four cooking methods on the proximate ,mineral and fatty acid composition of fish fillets. *Journal of Food Science*, **48**, 1068-1073
- Hanson S.W.F. & Olley J. (1963). Application of the Bligh and Dyer method of lipid extraction to tissue homogenates. *Biochemical Journal*, 89, 101-108
- Herausgegeben von J. J, C. (1981). *Advances in Fish Science and Technology*. England: Fishing News Books Ltd, Farnham.
- Karayannakidis P.D., Zotos A., Petridis D. & Taylor K.D.A. (2008). Physicochemical changes of sardines (*Sardina Pilchardus*) at -18 C and functional properties of kamaboko gels enhanced with Ca²⁺ ions and Mt Gase. *Journal of Food Process Engineering*, 31, 372–397
- Mai J.S. (1978) Lipid of fish fillets changes following cooking by different methods. *Journal of Food Science* 43, 1669-1673
- Mc Savage J. & Trevisan S. (2001). The use and abuse of frying oil. *Food Service Technology*, 1, 85 – 92.
- Maulvault AL., Anacleto P., Machado R., Amaral A., Carvalho ML., Lourenco HM., Nunes ML. & Marques A.(2012) Effect of sex, maturation stage and cooking methods on the nutritional quality and safety of black scabbard fish (*Aphanopus carbo* Lowe, 1839). *J Sci Food Agric* , 92, 1545–1553.

- Nestlé. NutriPro Food 6/06 – NESTLÉ Professional Nutrition Magazine. 2006.
- Nunes M.L., Bandarra N.M. & Batista I. (2011). Health benefit associated with seafood consumption. In: Handbook of seafood quality, safety and health applications (Eds Alasalvar C., Shahidi F., Miyashita K. & Wanasundara U.), pp 369-379, Wiley-Blackwell, London
- Nunes M. L., Bandarra N. M., Oliveira, L., Batista I. & Calhau, M.A. (2006). Composition and nutritional value of fisher products consumed in Portugal. In: Seafood Research from Fish to Dish. Quality, Safety and Processing of Wild and Farmed Fish. (Eds Wageningen Luten J.B., Jacobsen C., Bekaert K., Sæbø, A. & Oehlenschläger J.), 477–487 Academic Publishers Wageningen.
- Owen R.W., Haubner R., Wurtele G., Hull W. E., Spiegelhalder B., & Bartsch H. (2000). Olives and olive oil in cancer prevention. *European Journal of Cancer Prevention* 2004, 13, 319–326
- Pie J.E., Spahis K., & Seillan C. (1991). Cholesterol Oxidation in Meat Products during Cooking and Frozen Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **39**, 250-254
- 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.
- Sedat I.M.R.E. Serap SA GLIK. (1998). Fatty Acid Composition and Cholesterol Content of Some Turkish Fish Species. *Turkish Journal of Chemistry*, **22**, 321 - 324.
- Smith T.J. (2000). Squalene: Potential chemopreventive agent. *Expert Investigation Drugs*, 9, 1841 – 1848
- Wen-Hsin W. & Lillard D.A. (1998). Cholesterol and proximate composition of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fillets – changes following cooking by microwave heating, deep fat frying, and oven baking. *Journal of Food Quality*, 21, 41 – 51.
- Yoshida H., Tomiyama Y., Hirakawa Y., Mizushima Y. (2006). Microwave roasting effects on the oxidative stability of oils and molecular species of triacylglycerols in the kernels of pumpkin (*Cucurbita spp.*) seeds. *Journal of Food Composition and Analysis*, **19**, 330–339

- Zlatanov S. & Laskaridis K. (2006). Seasonal variation in the fatty acid composition of three Mediterranean fish – sardine (*Sardina pilchardus*), anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and picarel (*Spicara smaris*), 103, 725 - 728
- Zotos A., Hole M., Smith G. (1995). The effect of frozen storage of Mackerel (*Scomber scombrus*) on its quality when hot smoked. *Journal of the Food and Agriculture*, 67, 43-48.
- Βαρελτζής Κ. (1999) Ποιοτικός Έλεγχος & Τεχνολογία Αλιευμάτων Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία. Θεσσαλονίκη
- Ζώτος Α. (2007). Τεχνολογία και έλεγχος ποιότητας αλιευμάτων. Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, ΑΤΕΙ, Θεσσαλονίκης.
- Στεργίου, Κ. (1993). Αλιευτικά Νέα, 209, 78-88
- Τανανάκη Χ. (2006) Εργαστηριακές σημειώσεις ανάλυσης τροφίμων Ι. *Σημειώσεις για το Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων*, ΑΤΕΙ, Θεσσαλονίκης.